

## تأثیر قارچ‌های اندوفایت در بهبود ویژگی‌های فنتیپی فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea*) با بیشتر گراس‌های سردسیری رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر قارچ‌های اندوفایت در بهبود ویژگی‌های فنتیپی فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) و فسکیوی مرتعی (*Festuca pratensis* Huds.) بومی ایران

رضا محمدی و آفافخر میرلوحی<sup>۱</sup>

### چکیده

قارچ‌های اندوفایت وابسته به جنس نئوتیفودیوم (*Neotyphodium*), با بیشتر گراس‌های سردسیری رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. این قارچ‌ها ویژگی‌های رویشی، مورفوولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان میزبان را تغییر داده، باعث افزایش قدرت پایداری آنها می‌شوند. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر قارچ‌های اندوفایت در بهبود ویژگی‌های فنتیپی فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) و فسکیوی مرتعی (*Festuca pratensis* Huds.) بومی ایران انجام گرفت. آزمایش در چارچوب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در سه تکرار اجرا شد، که دو فاکتور در دو سطح داشت. فاکتور اول دو توده‌گیاهی و فاکتور دوم آلووده و غیر آلووده بودن گیاه به قارچ بود. نتایج آزمایش نشان داد که در بیشتر ویژگی‌های فنتیپی مورد مطالعه، بین گیاهان آلووده و عاری از قارچ، اختلاف آماری معنی‌دار وجود دارد. اثر قارچ‌های اندوفایت بر شمار پنجه در بوته، عملکرد علوفه در بوته، عمق طوفه، وزن طوفه خشک و وزن ریشه خشک، مشبت و معنی‌دار شد. بین توده‌ها برای عملکرد علوفه در بوته، عمق طوفه، وزن طوفه خشک، وزن ریشه خشک و درصد ماده خشک، اختلاف آماری معنی‌دار بود. اثر متقابل توده و قارچ برای عمق طوفه و وزن ریشه خشک معنی‌دار گردید. از این روش می‌توان از قارچ‌های اندوفایت در بهبود ویژگی‌های فنتیپی این گیاهان استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** قارچ‌های اندوفایت، نئوتیفودیوم، همزیستی، ویژگی‌های فنتیپی، فسکیوی بلند، فسکیوی مرتعی

**مقدمه**  
همزیستی دیگری بین برخی از گراس‌ها با قارچ‌های اندوفایت متعلق به جنس نئوتیفودیوم (*Neotyphodium*) شناسایی شده است. این قارچ‌ها از رده آسکومیست‌ها (*Ascomycetes*) بوده و مربوط به خانواده کلاویسیپیتاسه (*Clavicipitaceae*) و قبیله

رابطه همزیستی ریزوپیوم‌ها (*Rhizobium spp.*) با اعضای خانواده نخودیان (*Fabaceae Fam.*) شناخته شده‌ترین رابطه همزیستی گیاهان با میکروارگانیسم‌هاست. ولی اخیراً رابطه

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

لوله‌ای شدن برگ‌ها، رویش سریع و عمق مؤثر ریشه‌ها از فاکتورهای مهم مقاومت در برابر خشکی در گیاهان آلوده به قارچ می‌باشدند (۱۰).

سیمای زیان‌آور این رابطه هم‌زیستی، که به نظر می‌رسد سودمندی این قارچ‌ها را محدود کند، تولید آلکالوئیدهایی در گیاه است که در دام‌ها مسمومیت ایجاد می‌کنند (۵). ولی در حال حاضر، دانشمندان نژادهایی از قارچ‌های اندوفاایت را پیدا کرده‌اند که آلکالوئیدهای ایجاد کننده مسمومیت در دام‌ها را تولید نمی‌کنند و در سایر ویژگی‌های خود پایدارند (۱۰). بنابراین، محدودیتی در استفاده از این نژادها برای اصلاح گراس‌های چمنی میزبان وجود ندارد.

کشور ایران تنوع وسیعی از گیاهان چمنی و قارچ‌های اندوفاایت هم‌زیست با آنها را داراست، ولی این گیاهان کمتر مورد توجه قرار گرفته و پژوهش‌های کمی روی آنها صورت گرفته است. در حالی که ارقام اصلاح شده گراس‌هایی مانند فسکیوی بلند و علف چاودار دایمی (*Lolium perenne* L.) در کشورهای ایالات متحده و نیوزیلند، سطح گستردگی از مراتع را به خود اختصاص داده‌اند، و در تأمین علوفه و حفاظت خاک این کشورها نقشی مؤثر ایفا می‌کنند. فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی در مناطق مختلف ایران همچون آذربایجان غربی، خراسان، فارس، اصفهان، کرج، درود، دامنه الوند و فیروزکوه به صورت طبیعی رویش دارند (۱).

در شرایط کنونی، که وضعیت مراتع کشور بسیار نامطلوب بوده و قادر به تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها و حفاظت خاک نمی‌باشدند، زمینه مناسبی برای استفاده از این گیاهان و رابطه هم‌زیستی آنها با قارچ‌های اندوفاایت در احیای مراتع کشور وجود دارد. فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی به علت تولید چمن انبوه، مقاوم بودن به خشکی و دارا بودن سیستم ریشه‌ای گسترده و عمیق، از مهم‌ترین گراس‌های مرتعی می‌باشند که برای تولید علوفه و حفاظت خاک استفاده می‌شوند. در این پژوهش تأثیر قارچ‌های اندوفاایت در بهبود ویژگی‌های فنتوپیسی فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی بومی ایران بررسی شده است.

بالانسیه (*Balansiae*) هستند (۱۷). این قارچ‌ها غیر بیماری‌زا بوده و فقط از طریق غیر جنسی تولید مثل می‌کنند (۳). قارچ‌های اندوفاایت از طریق بذر از گیاهان آلوده به تاج انتقال می‌یابند (۱۴). این قارچ‌ها در اندام‌های هوایی گیاه و در منافذ بین سلولی بافت‌های غلاف برگ و تاج گیاه رشد کرده، از طریق رویش در تخدمان وارد بذر می‌شوند، و در لایه آلوون بذر باقی مانده و از این طریق گسترش می‌یابند (۱۷).

اندوفاایت از نظر انرژی کاملاً به گیاه میزبان وابسته بوده (۵) و شایستگی‌های قابل توجهی را در گیاه میزبان ایجاد می‌نماید. آثار مفید شناخته شده این قارچ‌ها روی گیاه میزبان شامل ایجاد مقاومت در برابر آفات، بیماری‌های گیاهی و نماتدها (۳ و ۷)، بهبود تحمل گیاه در برابر تنفس خشکی (۲)، بهبود میزان فتوسترن (۱۳)، بهره‌گیری بهتر از نیتروژن، افزایش دوام گیاه و مقاومت به چرا می‌باشد (۳).

مکانیسم‌های مختلفی برای سازگاری گیاهان آلوده به قارچ‌های اندوفاایت به شرایط مختلف محیطی و افزایش قدرت رویشی آنها ارائه شده است. در این رابطه هم‌زیستی، ترکیبات شیمیایی مختلفی توسط قارچ در گیاه میزبان تولید می‌شود که این ترکیبات در بروز این ویژگی‌ها تأثیر بسزایی دارند. برای مثال آلکالوئیدهای گروه پیرولوزیدین (Pyrrolizidine) که در فسکیوی بلند آلوده به قارچ تولید می‌شوند، باعث ایجاد مقاومت در برابر تغذیه حشرات، آللوباتی روی گیاهان مجاور و نیز تنظیم فشار اسمزی در شرایط خشکی می‌شوند.

افزایش غلظت کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی مانند گلوكز و فروکتوز در گیاهان آلوده به قارچ، نقش مهمی در افزایش قدرت رویشی و تعديل فشار اسمزی بازی می‌کنند (۱۱). هورمون‌های گیاهی ایندول استیک اسید (Indole acetic acid) و آبسیزیک اسید به وسیله قارچ اندوفاایت نئوتیفوکوئوم (*N. coenophialum* Morgan-Jones and Gams.) در فسکیوی بلند ساخته شده و باعث افزایش قدرت پنجه‌دهی و رویشی گیاه میزبان می‌شوند (۱۰). بسته شدن سریع روزنگرهای در صورت مواجهه شدن گیاه با خشکی، تعديل فشار اسمزی،

حاصل از تمامی تیمارها با استفاده از روش رنگ‌آمیزی رزبنگال (Rose bengal) برای حضور قارچ آزمایش شدند. در این روش قطعات غلاف برگ از گیاهچه‌ها گرفته شده، روی لام قرار گرفتند، به طوری که قسمت داخلی غلاف برگ به طرف بالا بود. در این مرحله، ۲-۱ قطره از محلول رنگی استاندارد رزبنگال روی نمونه قرار داده شد و ۶۰-۳۰ ثانیه ماند تا رنگ، جذب بافت گیاهی شود. سپس لام روی نمونه گذاشته شد و رنگ اضافی با استفاده از کاغذ رطوبت‌گیر گرفته شد. به این ترتیب، نمونه آماده مشاهده میکروскопی شد. میسیلیوم‌های قارچ به رنگ قرمز یا صورتی به صورت متمایز از سلول‌های غلاف برگ قابل مشاهده بودند (۱۶).

پس از جدا کردن گیاهچه‌های آلوده و بدون قارچ، ۱۵ گیاهچه آلوده و ۱۵ گیاهچه بدون قارچ از هر دو توده به طور تصادفی انتخاب و هر گیاهچه در یک گلدان به قطر ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. ترکیب خاک گلدان‌ها شامل خاک مزرعه، ماسه و کود حیوانی به نسبت ۴:۱:۱ بود، که به صورت کاملاً یکنواخت و مساوی در هر گلدان ریخته شد. گلدان‌های آماده شده، که حاوی ۳۰ گیاهچه آلوده به قارچ و ۳۰ گیاهچه بدون قارچ از دو توده ۶۵ و ۷۵ بودند، در چارچوب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در سه تکرار، روی یک سکوی گلخانه قرار داده شدند. آزمایش شامل دو فاکتور و هر فاکتور دارای دو سطح بود، که فاکتور اول شامل دو توده گیاهی و فاکتور دوم آلوده و غیر آلوده بودن گیاه به قارچ اندوفایت بود. هر تکرار از هر تیمار (واحد آزمایشی) حاوی پنج گلدان بود. گلدان‌ها در طی دوره رویش به طور مرتب آبیاری و کوددهی شدند.

صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش، که در سه یا پنج گلدان از هر تکرار اندازه‌گیری شده و در واحد بوته به دست آمد، شامل موارد زیر بود:

شمار پنجه در بوته، که پنج ماه پس از کاشت تعیین شد. عملکرد علوفه خشک در بوته، که در سه چین در تاریخ‌های ۱۰ اردیبهشت، ۱۰ خرداد و ۱۰ تیرماه ۱۳۸۰ برداشت شد، و پس از

ویژگی‌های به وجود آمده از این رابطه هم‌زیستی بسیار مهم بوده، در افزایش قدرت رقابت و پایداری گیاهان آلوده، به ویژه در شرایط نامساعد محیطی تأثیر بسزایی دارند. از این رو، بررسی این تغییرات در گونه‌های گیاهی و قارچی ایران، و بهره‌گیری از آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۸۰-۱۳۷۹ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به اجرا در آمد. مواد گیاهی شامل دو توده فسکیو (توده ۶۵ و توده ۷۵) مربوط به بانک بذر ایستگاه پژوهشی شهید فزوء جهاد کشاورزی استان اصفهان بود. توده ۶۵ دیپلوبید ( $2n=14$ ) و مربوط به گونه فسکیو مرتعی (*Festuca Pratensis* Huds.)، و توده ۷۵ هگزاپلوبید ( $2n=42$ ) و مربوط به گونه فسکیو بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) بوده و میزان آلوده‌گی بذرها

هر دو توده به قارچ‌های اندوفایت ۱۰۰ درصد بود (۱ و ۶).

چون برای انجام آزمایش نیاز به تهیه گیاهان آلوده و بدون قارچ بود، بنابراین ۱۰۰ بذر از هر توده به طور تصادفی انتخاب و به دو قسمت تقسیم شد. پنجاه بذر از هر توده برای از بین بردن قارچ، تحت تیمار آب گرم و قارچ‌کش تریادایمنول (Triadimenol) (بایتان) قرار گرفتند. برای این کار نخست بذرها به مدت شش ساعت در آب سرد پنج درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس بلافاراصله به آب گرم ۵۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند. مدت تیمار در آب گرم ۱۰ دقیقه بود. پس از تیمار آب گرم، بذرها به مدت دو ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. با این روش حدود ۷۵ درصد از بذرها تیمار شده بدون قارچ می‌شوند، ولی قدرت جوانهزنی بذر حفظ می‌شود. برای تکمیل قارچ‌زدایی، بذرها با قارچ‌کش تریادایمنول نیز ضد عفونی شدند (۱۹).

این بذرها هم‌زمان با بذرهایی که تیمار نشده بودند به طور مجزا در مردادماه ۱۳۷۹ در گلدان‌های پلاستیکی حاوی خاک مزرعه کشت شدند. پس از گذشت یک ماه، کلیه گیاهچه‌های

(۴) نیز با مطالعه نقش قارچ‌های اندوفایت در اکوسیستم‌ها اظهار داشت که اندوفایت‌ها ویژگی‌های رویشی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان میزبان را تغییر داده و از این طریق در افزایش قدرت رقابت و زندگانی آنها مؤثرند.

نتایج مقایسه میانگین صفات در تیمارهای مختلف (جدول ۲) نشان می‌دهد که شمار پنجه در بوته در توده ۶۵ آلوده به قارچ ( $65 E^+$ ) با  $50/2$  و در توده ۷۵ آلوده به قارچ ( $75 E^+$ ) با  $44/86$ ، دارای بیشترین مقدار هستند. عملکرد علوفه خشک در توده  $75 E^+$  با  $17/2$  گرم در بوته بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. هیل و همکاران (۵) نیز در بررسی ویژگی‌های رویشی و مورفولوژیک گیاهان آلوده و بدون قارچ اندوفایت اظهار داشتند که عملکرد علوفه و شمار پنجه در گیاهان آلوده به قارچ بیشتر است.

توده‌ای  $E^+$  و  $75 E^+$  با داشتن مقادیر  $3/37$  و  $3/3$  سانتی‌متر عمق طوقه، دارای مقادیر حداقل‌ترند. توده  $75 E^+$  با داشتن  $21/84$  گرم وزن طوقة خشک، مقدار حداقل را به خود اختصاص داده است. هیل و همکاران (۵) در همین گزارش بیان داشتند که در گیاهان فسکیوی بلند آلوده به قارچ، عمق طوقه تقریباً یک سانتی‌متر پایین‌تر از گیاهان بدون قارچ است. آنها هم‌چنین اظهار داشتند که طوقه‌های عمیق‌تر مکانیسمی را فراهم می‌کنند که گیاهان  $E^+$  تغییرات دمای محیط را بهتر تحمل کنند، و در نتیجه قدرت رویش و زندگانی بیشتری داشته باشند. در همین گزارش آمده است که وزن طوقه در گیاهان آلوده به قارچ بیشتر از گیاهان بدون قارچ است.

بین گیاهان آلوده و بدون قارچ برای طول ریشه، اختلاف آماری معنی‌داری ملاحظه نشد، ولی گیاهان توده ۷۵ دارای طول ریشه بیشتری نسبت به توده ۶۵ بودند. وزن ریشه خشک در توده  $65 E^+$  با  $9/135$  گرم در هر بوته بیشترین مقدار را داشت، که نشان می‌دهد وزن ریشه خشک در این توده در صورت آلودگی با قارچ افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. اشمت (۱۸) نیز با بررسی اثر قارچ‌های اندوفایت بر قدرت رویش گیاه فسکیوی مرتجلی گزارش کرد که آلودگی با اندوفایت در افزایش

خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت به دست آمد. پس از چین سوم، گیاهان به طور یکنواخت از سطح  $2/5$  سانتی‌متری سطح خاک چیده شده و از محل قطع برگ‌ها تا محل رویش ریشه‌ها اندازه‌گیری، و سپس  $2/5$  سانتی‌متر از مقدار اندازه‌گیری شده کسر شد تا عمق طوقه بر حسب سانتی‌متر به دست آید (۵). طول ریشه پس از خارج کردن بوته‌ها از گلدان و شستشوی کامل ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. وزن طوقة خشک در بوته پس از قطع برگ‌ها و ریشه‌ها و خشک کردن طوقه به دست آمد. وزن ریشه خشک در بوته پس از قطع ریشه‌ها از محل طوقه و خشک کردن در آون اندازه‌گیری شد. درصد ماده خشک از روی نسبت وزن علوفه خشک به علوفه تر تعیین شد.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های داده‌های حاصل در واحد بوته از طریق آزمون LSD با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SAS انجام گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هر دو فاکتور توده گیاهی و قارچ اندوفایت، صفات بررسی شده را تحت تأثیر قرار داده‌اند (جدول ۱). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اثر توده بر وزن طوقة خشک در بوته و درصد ماده خشک در سطح احتمال یک درصد، و برای عملکرد علوفه خشک در بوته، عمق طوقه، طول ریشه و وزن ریشه خشک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده، در حالی که برای شمار پنجه در بوته معنی‌دار نشده است. اثر قارچ بر شمار پنجه در بوته، عملکرد علوفه خشک در بوته، عمق طوقه و وزن ریشه خشک در سطح احتمال یک درصد، و برای وزن طوقة خشک در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده، ولی برای طول ریشه و درصد ماده خشک معنی‌دار نشده است.

اثر متقابل توده گیاهی و قارچ برای عمق طوقه و وزن ریشه خشک در سطح احتمال یک درصد از نظر آماری معنی‌دار شده، ولی در سایر صفات اثر متقابل معنی‌دار نمی‌شود. یکلی

جدول ۱. میانگین مربعات منابع تغییر در تجزیه واریانس و ضریب تغییرات صفات مختلف

ضریب تغییرات	میانگین مربعات			صفت
	توude × قارچ	قارچ اندوفاپیت	توude گیاهی	
۱۶/۶۴	۲۳/۵۲ <sup>ns</sup>	۹۶۴/۸۱ <sup>**</sup>	۱۹/۲۵ <sup>ns</sup>	شمار پنجه در بوته
۱۳/۵۵	۲/۶۱ <sup>ns</sup>	۸۲/۱۶ <sup>**</sup>	۱۸/۳۷۹ <sup>*</sup>	عملکرد علوفه خشک در بوته (گرم)
۱۱/۰۴	۰/۸۳ <sup>**</sup>	۳/۴۸ <sup>**</sup>	۰/۶۲ <sup>*</sup>	عمق طوقه (سانتی متر)
۲۸/۷	۰/۱۰۲ <sup>ns</sup>	۱۵۲/۲۹ <sup>*</sup>	۲۲۸/۷۲ <sup>**</sup>	وزن طوقة خشک در بوته (گرم)
۱۱/۰۱	۱۶/۳۳ <sup>ns</sup>	۵/۳۳ <sup>ns</sup>	۵۲/۰۸ <sup>*</sup>	طول ریشه (سانتی متر)
۱۹/۹۷	۱۳/۷۴ <sup>**</sup>	۳۸/۴۵ <sup>**</sup>	۸/۴۵ <sup>*</sup>	وزن ریشه خشک در بوته (گرم)
۴/۱۸	۱/۵۴ <sup>ns</sup>	۰/۱ <sup>ns</sup>	۱۶/۰۷ <sup>**</sup>	درصد ماده خشک

ns \* و \*\* : به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات در تیمارهای مختلف

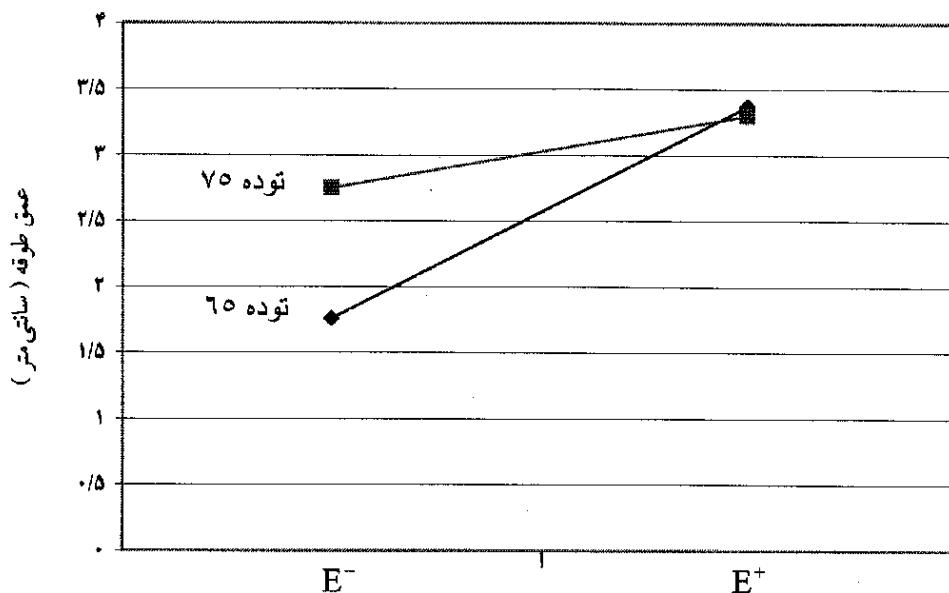
تیمار				صفت
۷۵ E <sup>-</sup>	۷۵ E <sup>+</sup>	۶۵ E <sup>-</sup>	۶۵ E <sup>+</sup>	
۲۹/۶۳ <sup>b</sup>	۴۴/۸۶ <sup>a</sup>	۲۹/۴۶ <sup>b</sup>	۵۰/۲ <sup>a</sup>	شمار پنجه در بوته
۱۲/۹ <sup>bc</sup>	۱۷/۲ <sup>a</sup>	۹/۴۹ <sup>c</sup>	۱۵/۶۶ <sup>ab</sup>	عملکرد علوفه خشک در بوته (گرم)
۲/۷۵ <sup>b</sup>	۳/۳ <sup>a</sup>	۱/۷۶ <sup>c</sup>	۳/۳۷ <sup>a</sup>	عمق طوقه (سانتی متر)
۱۴/۹ <sup>b</sup>	۲۱/۸۴ <sup>a</sup>	۵/۹۹ <sup>c</sup>	۱۳/۳ <sup>bc</sup>	وزن طوقة خشک در بوته (گرم)
۳۰/۸۳ <sup>a</sup>	۲۹/۸ <sup>ab</sup>	۲۴/۳۳ <sup>b</sup>	۲۸ <sup>ab</sup>	طول ریشه (سانتی متر)
۳/۸۷۶ <sup>b</sup>	۵/۳۱ <sup>b</sup>	۳/۴۱۵ <sup>b</sup>	۹/۱۳۵ <sup>a</sup>	وزن ریشه خشک در بوته (گرم)
۲۲/۱۸ <sup>b</sup>	۲۲/۷۲ <sup>b</sup>	۲۵/۲۲ <sup>a</sup>	۲۴/۳۱ <sup>a</sup>	درصد ماده خشک

E<sup>+</sup>: آلوده به قارچ E<sup>-</sup>: بدون آلودگی

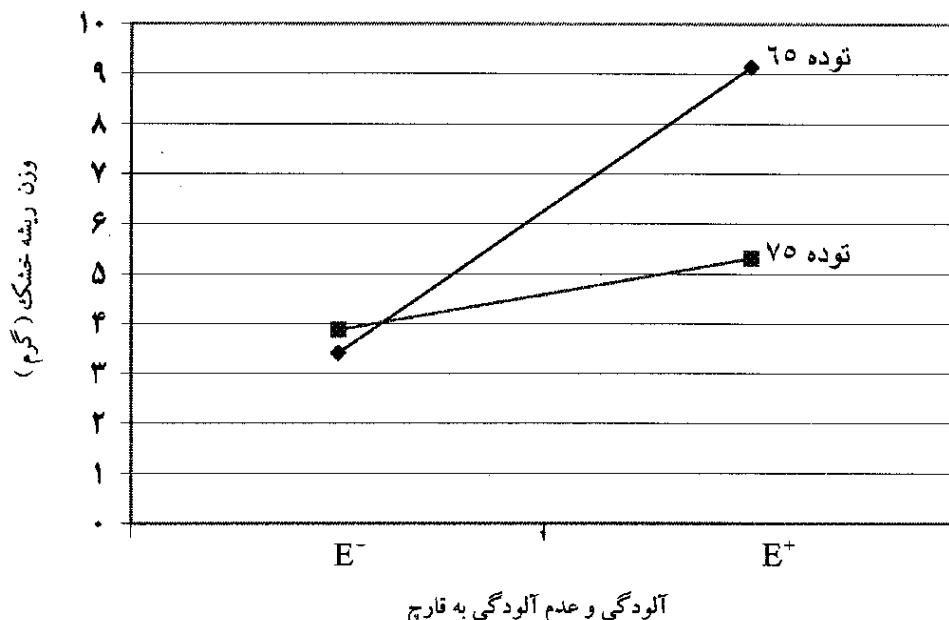
در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

خشک در شکل‌های ۱ و ۲ بررسی شده است. به طوری که ملاحظه می‌شود، میزان افزایش عمق طوقه و وزن ریشه خشک در بوته در توude ۶۵ در اثر آلودگی با قارچ بیشتر بوده که گویا تأثیر بیشتر قارچ در بهبود این صفات در گیاهان توude ۶۵ است. تأثیر بیشتر قارچ در بهبود این صفات در گیاهان توude ۶۵ از مالینوسکی و همکاران (۱۲) با پژوهش در گیاهان فسکیوی مرتعی دریافتند که گیاهان آلوده به قارچ از نظر وزن ساقه خشک ۳۳ درصد، و از نظر وزن ریشه خشک ۷۰ درصد بیشتر از گیاهان عاری از قارچ وزن دارند. لاج (۱۰) نیز اظهار

وزن ریشه بسیار مؤثر است. ریدلی و سیمپسون (۱۵) نیز گزارش کردند که سیستم ریشه‌ای گسترشده در گراس‌های E<sup>+</sup> باعث افزایش پایداری و قدرت رقابت این گیاهان از طریق افزایش مقاومت در برابر خشکی می‌شود. درصد ماده خشک در گیاهان آلوده و بدون قارچ، اختلاف آماری معنی داری نشان نداد، ولی گیاهان توude ۶۵ دارای درصد ماده خشک بیشتری نسبت به توude ۷۵ بودند. اثر متقابل توude و قارچ در افزایش عمق طوقه و وزن ریشه



شکل ۱. اثر متقابل توده و قارچ برای عمق طوقه  
آسودگی و عدم آسودگی به قارچ



شکل ۲. اثر متقابل توده و قارچ برای وزن ریشه خشک در بوته

ترکیبات شیمیایی متنوعی در گیاهان میزان هستند، که این ترکیبات از نظر بیولوژیکی فعال بوده و در افزایش قدرت رشد و پایداری گیاه مؤثرند. مالینوسکی و بلسکی (۱۱) برخی از ترکیبات تولید شده در گیاهان آسوده به قارچ‌های اندوفایت را محلول قندها، متabolیت‌های قارچی مانیتول (Mannitol) و آرابیتول (Arabitol)، اسید آمینه پرولین (Proline) و آلکالوید

می‌دارد که ژنتیپ گیاهان میزان و قارچ‌های اندوفایت و اثر متقابل این ژنتیپ‌ها در میزان تأثیر قارچ‌های اندوفایت بر ویژگی‌های فنوتیپی گیاه میزان مؤثر است. دلایل چندی برای نحوه تأثیر قارچ‌های اندوفایت در ویژگی‌های فنوتیپی گیاهان میزان ارائه شده است. لاج (۹) گزارش کرده است که قارچ‌های اندوفایت قادر به تولید

نگه می‌دارند تا از مزایای این رابطه هم‌زیستی در اهداف اصلاحی خود بهره‌مند شوند (۸). از این‌رو، بهره‌گیری از قارچ‌های اندوفایت برای افزایش قدرت رویش و پایداری گراس‌های میزان و استفاده از این گراس‌ها برای احیای مرتع کشور مفید خواهد بود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین ایستگاه پژوهشی شهید فزوہ سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان، به ویژه آقایان دکتر خیام نکویی و مهندس کابلی، که در انجام این پژوهش همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

لولین (Loline) ذکر کرده‌اند. این ترکیبات در فعالیت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه شرکت کرده و باعث افزایش قدرت رویشی گیاه در شرایط مختلف محیطی می‌شوند. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که قارچ‌های اندوفایت در بهبود ویژگی‌های فنوتیپی گیاهان میزان نقش عمده‌ای دارند. تغییر ویژگی‌های فنوتیپی در گیاهان آلوده به قارچ باعث افزایش قدرت رقابت و پایداری این گیاهان در مقایسه با گیاهان بدون قارچ می‌شود. با توجه به این ویژگی‌های مهم قارچ‌های اندوفایت است که متخصصین اصلاح نباتات در گراس‌های چمنی، به رغم آگاهی از ایجاد مسمومیت گیاهان آلوده به قارچ در دام‌ها، باز هم ارقام زراعی گراس‌هایی نظری فسکیوی بلند و علف چاودار دائمی را با میزان زیادی از آلودگی با اندوفایت

### منابع مورد استفاده

۱. آهک‌پز، ف. ۱۳۷۹. تجزیه و تحلیل کاریوتیپی جمعیت‌های بومی گیاه فستوکا آروندیناسه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
2. Arachevaleta, M., C. W. Bacon, C. S. Hoveland and D. E. Radcliffe. 1989. Effect of the tall fescue endophyte on plant response to environmental stress. Agron. J. 81: 83-90.
3. Bacon, C. W., M. O. Richardson and J. F. White. 1997. Modification and uses of endophyte-enhanced turfgrasses: a role for molecular technology. Crop Sci. 37: 1415-1425.
4. Clay, K. 1994. The potential role of endophytes in ecosystems. PP. 73-99. In: C. W. Bacon and J. F. White, Jr. (Eds.), Biotechnology of Endophyte Fungi of Grasses. CRC Press, Boca Raton, FL.
5. Hill, N. S., W. C. Stringer, G. E. Rottinghaus, D. P. Belesky, W. A. Parrot and D. D. Pope. 1990. Growth, morphological and chemical component responses of tall fescue to *Acremonium coenophialum*. Crop Sci. 30: 156-161.
6. Khayyam-Nekouei, M. 2001. Germplasm collection and molecular detection of endophytic fungi in Iranian tall fescue. Ph.D. thesis, Univ. of Putra, Malaysia.
7. Kimmons, C. A., K. D. Gwinn and E. C. Berrard. 1990. Nematode reproduction on endophyte-infected and endophyte-free tall fescue. Plant Dis. 74: 757-761.
8. Latch, G. C. M. 1994. Influence of *Acremonium* endophytes on perennial grass. N. Z. J. Agric. Res. 37: 311-318.
9. Latch, G. C. M. 1998. Grass endophytes as a model. Sydowia. 50(2): 213-228.
10. Latch, G. C. M. 1999. *Neotyphodium*-grass interactions and their economic importance. Proceeding of International Symposium of Mycotoxicology 99 Mycotoxin Contamination: Health Risk and Prevention Project. Chiba, Japan.
11. Malinowski, D. P. and D. P. Belesky. 2000. Adaptations of endophyte infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Sci. 40: 923-940.
12. Malinowski, D., A. Leuchtmann and D. Schmidt. 1997. Symbiosis with *Neotyphodium uncinatum* endophyte may increase the competitive ability of meadow fescue. Agron. J. 89: 833-839.

13. Marks, S. and K. Clay. 1996. Physiological responses of *Festuca arundinacea* to fungal endophyte infection. *New Phytol.* 133: 727-733.
14. Marshall, D., B. Tunali and L. R. Nelson. 1999. Occurrence of fungal endophyte in species of wild *Triticum*. *Crop Sci.* 39: 1507-1512.
15. Ridley, A. M. and R. J. Simpson. 1994. Seasonal development of roots under perennial and annual grass pastures. *Austral. J. Agric. Res.* 45: 1077-1087.
16. Saha, D. C., M. A. Jackson and J. M. Johnson-Cicalese. 1988. A rapid staining method for detection of endophyte fungi in turf and forage grasses. *Phytopathol.* 78: 237-239.
17. Schardl, C. L. and T. D. Phillips. 1997. Protective grass endophytes: where are they from and where are they going? *Plant Dis.* 81: 430-438.
18. Schmidt, D. 1993. Effects of *Acremonium uncinatum* and a Phialophora-like endophyte on vigour, insect and disease resistance of meadow fescue. PP. 185-187. In: D. E. Hume et al. (Eds.), *Symposium on Acremonium / Grass Interactions*. Palmerston North, New Zealand.
19. Williams, M. J., P. A. Backman, E. M. Clark and J. F. White. 1984. Seed treatments for control of the tall fescue endophyte *Acremonium coenophialum*. *Plant Dis.* 68: 49-52.