

Morphological changes affected by endophytes on induction of cold tolerance in two species of Festuca

مهردیه پارسائیان^۱، آقا فخر میرلوحی^۲، عبدالمحیج رضائی^۳ و مهدی برادران^۴

تغییرات مورفولوژیکی ناشی از همیستی اندوфایت‌ها با دو گونه فستوکا در بروز مقاومت به سرما.

مجله علوم زراعی ایران. جلد هشتم، شماره ۲۰، صفحه ۱۳۹ تا ۱۵۲. ۱۳۹

()

تاریخ دریافت: ۱۳۸۳/۵/۱۲

۱-دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی اصفهان (مکاتبه کننده)

۲-دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان

۴-دانشجوی دکتری دانشگاه تبریز

۳-استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

بلند حاوی اندوفایت در مقایسه با گیاه فاقد اندوفایت، کربوهیدرات‌های بیشتری را در برگ و غلاف برگ ذخیره می‌کند، که این ترکیبات در تعديل فشار اسمزی در شرایط خشکی (و احتمالاً تنش سرما) نقش مهمی ایفا می‌کنند. بررسی‌های آراچوالتا و همکاران (Arachevaleta et al., 1989) مشخص کرد، که گیاهان آلوده به اندوفایت پهنه‌ای برگ کمتر و ضخامت برگ بیشتری نسبت به گیاهان عاری از اندوفایت دارند. آن‌ها حفظ آب گیاه در آب کشیدگی‌های ناشی از تنش‌های رطوبتی (که از اثرات ثانویه یخ زدگی نیز هست) را از مزایای مهم این تغییر مورفولوژیک دانستند.

کاهش رشد ریشه در اثر کاهش دما، خود باعث کم شدن ظرفیت جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه و به دنبال آن ظهور اثرات ثانویه ناشی از کمبود مواد غذایی و اختلال در رشد گیاه می‌شود. حضور اندوفایت‌های قارچی در القاء ریشه‌دهی عمیق‌تر و متراکم‌تر و در نتیجه جذب آب بیشتر مؤثر است (White, 1987). خصوصیت مذکور می‌تواند در جبران بخشی از خسارات ناشی از آب کشیدگی سلول‌ها در تنش سرما مورد توجه قرار گیرد. ضمن آنکه ریشه‌دهی عمیق‌تر، ریشه‌ها را از خطر فوکانی خاک در چرخه‌های ذوب و یخ‌زدگی متناوب زمستانه مصون نگاه می‌دارد.

تحمل به سرما با وزن خشک طوفه همبستگی مثبت دارد (Adak and Eser, 1993). در همین مورد هیل و همکاران (Hill et al., 1990) گزارش کردند که وزن طوفه در گیاهان آلوده به قارچ بیشتر از گیاهان عاری از قارچ است. گیاهان حاوی اندوفایت همچنین از رشد مجدد بسیار سریع‌تری نسبت به گیاهان فاقد اندوفایت برخوردارند. این رشد سریع پس از یک دوره تنش خشکی در شرایط مزرعه، قدرت رقابتی بیشتری را به گیاهان حاوی اندوفایت در مقایسه با گیاهان عاری از اندوفایت و شاید گونه‌های دیگر مرتعی اعطای می‌کند (Arachevaleta et al., 1989).

تشهای محیطی از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد در سطح جهان هستند. سرما، به عنوان یکی از تنش‌های محیطی غیرزنده، از عوامل مهم اکولوژیک حاکم بر توزیع گونه‌ها و پتانسیل عملکرد گیاهان شناخته شده است (میرمحمدی میدی، ۱۳۷۹).

کشف رابطه همزیستی مطلوب بین گیاهان مرتعی (از جمله جنس فستوکا که دارای اهمیت علوفه‌ای و سازگاری وسیع هستند) با قارچ‌های اندوفایت، متخصصان اصلاح نباتات را به استفاده از این رابطه در ایجاد گیاهان دارای عملکرد بهینه و عادات رشدی کارآتر در شرایط تنش ترغیب کرده است.

اندوافایت‌های علفی، قارچ‌هایی از خانواده *Neotyphodium* و از جنس *Clavicipitaceae* گروهی از زیرخانواده *Poaceae* را به صورت سیستمیک آلوده می‌کنند (Malinowski and Belesky, 2000).

حضور اندوفایت‌ها در گیاهان میزان، مزایای فراوانی را برای آن‌ها به ارمغان می‌آورد که از آن جمله به مقاومت به تنش‌های زیستی، شامل حفاظت در برابر حشرات، بیماری‌های قارچی، باکتری‌ها، ویروس‌ها و نماتدها و مقاومت به تنش‌های غیرزنده همچون خشکی، مقابله با اثرات سمیت عناصر و تغییرات pH و اعطای خصوصیات مطلوب زراعی مانند افزایش عملکرد (دانه و علوفه) بهبود فتوسنتز و رشد، افزایش دوام گیاه و مبارزه آلولپاتیک با علف‌های هرز می‌توان اشاره کرد (Arachevaleta et al., 1989; Liu et al., 1996; Malinowski and Belesky, 2000; Marks and Clay, 1996; Siegel et al., 1981; White, 1987). خصوصیات با ارزش فنوتیپی و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی از جمله سرما در پی یکسری تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه آلوده به قارچ اندوفایت حاصل می‌گردد. مالینووسکی و بلسکی (Malinowski and Belesky, 2000) اظهار داشتند که در شرایط تنش آب کشیدگی، گیاه فسکیوی

هیف قارچ در بافت غلاف برگ و نیز نمود عالی گیاهی بود انتخاب گردید و در کلونسازی مورد استفاده قرار گرفت، به نحوی که پنجه‌های بوته مورد نظر به دو بخش تقسیم شدند و یک بخش از آن برای حذف قارچ استفاده شد.

به منظور حذف قارچ‌های اندوفایت از گیاهان میزان از روش شیمیایی با استفاده از تیمار قارچ‌کش‌های سیستمیک فولیکور و پروپیکونازول استفاده گردید (Saha *et al.*, 1988). قارچ‌کش فولیکور به مقدار یک میلی لیتر در لیتر باعث حذف قارچ ژنوتیپ شماره ۶۰ گردید و برای حذف قارچ دو ژنوتیپ دیگر مخلوطی از دو قارچ‌کش فولیکور و پروپیکونازول به ترتیب با مقادیر یک میلی لیتر در لیتر و ۲ گرم ماده مؤثره در لیتر مناسب بود. محلول پاشی هفته‌ای دو بار و به مدت دو هفته انجام شد. پس از اطمینان از حذف قارچ، پنجه‌های حاوی اندوفایت و عاری از اندوفایت هر ژنوتیپ در کرت‌های مجزا کشت گردیدند. بعد از گذشت ۳ ماه از استقرار گیاهچه‌ها و تولید پنجه‌های کافی، سه پنجه هم اندازه از کلون‌های هر توده، پس از کشت در گلدان‌های اصلی به گلخانه انتقال یافتند تا پنجه و ریشه جدید تولید کنند.

تیمارهای دمایی شامل ۶، ۲ و -۱۰ درجه سانتی گراد بودند که همراه با یک شاهد (۲۰ درجه) مورد مطالعه قرار گرفتند. مدت زمان اعمال هر سطح تیمار سرمایی ۲۰ روز با یک فنورپریود ۱۲ ساعته بود. به منظور جلوگیری از ایجاد شوک سرمایی، گلдан‌ها به تدریج در تیمارهای سرمایی قرار گرفتند. جهت اعمال تیمار سرمایی بالای صفر از یخچال و برای اعمال تیمارهای زیر صفر از یک دستگاه فریزر قابل تنظیم استفاده شد.

سه ژنوتیپ شماره ۶۰، ۷۵ و ۸۳ در دو وضعیت وجود و عدم اندوفایت در تیمارهای دمایی مذکور قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد و تجزیه

اندوفاایت افت پنجه بیشتری در شرایط تنش‌های محیطی دارند که آرچوالتا و همکاران (Arachevaleta *et al.*, 1989) این میزان را در تنش خشکی حدود ۷۵ درصد ذکر کردند.

با توجه به اثرات گزارش شده قارچ‌های اندوفایت در القاء ریشه‌دهی عمیق‌تر و متراکم‌تر و جذب آب بیشتر، لوله‌ای شدن برگ‌ها، پنجه‌زنی و تجمع ماده خشک بیشتر به ویژه در مناطق رشدی حساس گیاه (طوقه‌ها) و طوقه‌های عمیق‌تر، که همگی قدرت گیاه را در مقابله با تنش سرما افزایش می‌دهند، به نظر می‌رسد که این قارچ‌ها حضور معنی‌داری در القاء صفت مقاومت به سرما داشته باشند. اما، علی‌رغم مطالعات انجام شده برای درک اثر اندوفایت‌ها در بهبود واکنش گیاهان نسبت به شرایط نامساعد محیطی، تاکنون گزارشی مبنی بر تأثیر اندوفایت‌ها در مواجه شدن گیاه با تنش دمای پائین، منتشر نشده است. تحقیق حاضر گامی نخستین برای بررسی این جنبه از همزیستی اندوفایت است.

این پژوهش در سال ۱۳۸۱ در دو بخش گلخانه‌ای و آزمایشگاهی در دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان به اجرا درآمد. ماده آزمایشی مورد استفاده شامل سه کلون بود. دو کلون از گیاه فسکیوی بلند (ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ۸۳) که همگز پلوبید هستند و یک کلون از گیاه فسکیوی مرتعی (ژنوتیپ شماره ۶۰) که دیپلوبید است.

پس از کاشت بذرهای آلوده هر یک از ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵ و ۸۳ گیاهچه‌های حاصل از نظر تعیین حضور قارچ‌های اندوفایت بررسی شدند، به این منظور نمونه‌هایی از بافت غلاف برگ از هر بوته تهیه گردید و پس از رنگ آمیزی با رنگ رزبنگال (Shelby and Dalrymple, 1987) مورد مشاهده میکروسکوپی قرار گرفتند (Marks and Clay, 1996). پس از هر ژنوتیپ یک بوته که دارای حداکثر تراکم

واریانس داده‌ها در هر سطح سرمایی به طور جداگانه و سپس به صورت تجزیه مرکب انجام شد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ و اندوفاوایت در سطوح مختلف دمایی بود (جداول ۱، ۳، ۵ و ۷). در کلیه دماهای سطح دارای اندوفاوایت و ژنوتیپ شماره ۸۳ از لحاظ این صفت در گروه‌های برترآماری قرار گرفتند. میزان افزایش وزن خشک اندام هوایی در حضور اندوفاوایت در مقایسه با عدم حضور آن در دماهای شاهد، ۶، ۲-۱۰ درجه سانتی گراد به ترتیب برابر ۶۰، ۳۴ و ۲۳ درصد بود. همچنین با توجه به مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل در شرایط تنفس ژنوتیپ^۱ E^{۲۳} (حاوی اندوفاوایت) مقادیر بیشتری از وزن خشک اندام هوایی را دارا بود (جداول ۲، ۴، ۶ و ۸). مالینوسکی و همکاران (Malinowski *et al.*, 1997) نیز اظهار داشتند که گراس‌های آلووده به قارچ به علت دارا بودن زیست توده بیشتر، قدرت رقابت بیشتری نسبت به گیاهان عاری از قارچ دارند. به عقیده آن‌ها افزایش وزن خشک اندام هوایی در نتیجه افزایش وزن پنجه‌ها است. آراچوالتا و همکاران (Arachevaleta *et al.*, 1989) دلیل افزایش وزن خشک اندام هوایی را کارآتر عمل کردن گیاهان حاوی اندوفاوایت در جذب مواد غذایی به ویژه نیتروژن عنوان کردند.

نتایج تجزیه مرکب بین سطوح دمایی مختلف نیز نشان داد که اثر ژنوتیپ، اندوفاوایت و ترکیب آن‌ها با یکدیگر و نیز ترکیب هر یک از آن‌ها با دما در سطح احتمال ۱ درصد بسیار معنی‌دار بود (جدول ۹). ژنوتیپ شماره ۸۳ حاوی اندوفاوایت در گروه برتر قرار گرفت و ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ۶۰ از نظرآماری به ترتیب در گروه‌های بعدی قرار گرفتند. بین دماهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت. وزن خشک اندام هوایی در تیمار شاهد، بیشترین مقدار و در ۶ درجه کمترین مقدار را داشت (جدول ۱۰). در تیمار ۶ درجه گیاهان پس از ایجاد خوگرفتگی، خود را با این

پس از اعمال تیمارهای دمایی، وزن خشک بخش هوایی، ریشه و طوفه در هر گلدان اندازه‌گیری شد. تعداد پنجه در هر گلدان ۱۰ روز بعد از شروع تنفس شمارش گردید. به منظور ارزیابی رشد دوباره، در پایان تیماردهی، گیاهان به مدت یک ماه در شرایط تیمار شاهد قرار داده شدند. سپس تعداد پنجه موجود در هر گلدان شمارش گردید و به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد مجدد در نظر گرفته شد. تغییرات در رشد بر حسب درصد افزایش یا افت تعداد پنجه موجود در مقایسه با تعداد پنجه‌های قبلی گزارش گردید.

پس از اعمال هر تیمار دمایی، مقطع‌هایی از برگ‌های دوم از بالا که برگ‌هایی جوان و در عین حال رشد یافته بودند، تهیه شد و رنگ آمیزی مضاعف با رنگ‌های سبز متیل و کارمن زاجی انجام شد که مراحل آن به شرح زیر است:

الف) قرار دادن نمونه‌ها در محلول تثیت کننده، به مدت یک ماه.

ب) تهیه مقطع از قسمت‌های مختلف گیاه به روش دستی با استفاده از تیغ و یونولیت.

ج) قرار دادن برش‌های تهیه شده در آب ژاول به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه و سپس شستشو با آب مقطر.

د) قرار دادن نمونه‌ها در اسید استیک ۱ درصد به مدت ۱ تا ۳ دقیقه و سپس شستشو با آب مقطر.

ه) قرار دادن نمونه‌ها در محلول رنگ سبز متیل به مدت ۳۰ تا ۶۰ ثانیه و سپس شستشو با آب مقطر.

و) قرار دادن نمونه‌ها در محلول رنگ کارمن زاجی به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه و سپس شستشو با آب مقطر.

نمونه‌های آماده شده توسط میکروسکوپ از لحاظ ضخامت کوتیکول برگ مشاهد گردیدند. با استفاده از گلیسیرین به جای آب مقطر در هنگام تهیه اسلامی، نمونه‌ها تا چند هفته قابل مشاهده و بررسی شدند.

دما تطابق داده و کربوهیدرات بیشتری را برای حفظ بقا به ناحیه ریشه و طوقه انتقال دادند.

طوقه جزو بخش‌های حساس گیاه است و سرمای زمستانه باعث ایجاد و توسعه سریع بلورهای یخ در داخل یاخته‌ها و تخریب بعدی ساختار پروتوبلاسمی آن گشته و غالباً با مرگ گیاه همراه است. در چنین شرایطی طوقه‌هایی که ذخیره کربوهیدرات بیشتر و به دنبال آن تجمع ماده خشک بیشتری دارند در تنفس سرما به نحو بهتری محافظت خواهند شد (Olien and Smith, 1981).

در پژوهش حاضر (جدوال ۱، ۳، ۵ و ۷) نیز بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت در کلیه سطوح دمایی تفاوت‌های بسیار معنی‌دار مشاهده گردید که می‌توان از آن در گزینش ژنوتیپ‌های برتر سود جست. ژنوتیپ شماره ۸۳ بیشترین وزن خشک طوقه را در شرایط تنفس و کمترین میزان آن را در شرایط عدم تنفس داشت، که بیانگر قابلیت بالای این ژنوتیپ در جهت سازگاری با تنفس است. پس از آن ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ۶۰ در مراتب بعدی قرار گرفتند (جدول ۱۰). همچنین اثر اندوفایت در وزن خشک طوقه بسیار معنی‌دار شد (جدوال ۱، ۳، ۵ و ۷) و گیاهان حاوی اندوفایت از نظر وزن خشک طوقه در گروه‌های برتر آماری قرار گرفتند (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و ۸). نتایج نشان داد که اندوفایت‌ها وزن خشک طوقه را به میزان ۳۷ درصد افزایش دادند (جدول ۱۰). اندوفایت‌ها با تولید هورمون گیاهی مواد غذایی بیشتری را به طوقه‌ها (که از مراکز عمدۀ تجمع این قارچ‌ها در گیاه است) اختصاص می‌دهند و علاوه بر این که خود از این ذخایر فتوستزی تغذیه می‌کنند، نقش مهمی در پایداری گیاهان میزبان در شرایط تنفس ایفا می‌کنند (White, 1987). ژنوتیپ‌ها در شرایط عادی کمترین میزان ماده خشک و در تنفس ملایم ۶ درجه بیشترین تجمع ماده خشک طوقه را داشتند. این موضوع ممکن است به دلیل خوگرفتنگی گیاهان به تنفس سرما در این دما و در نتیجه انتقال بیشتر کربوهیدرات‌ها به نقطه رشدی حساس گیاه باشد، که قابلیت گیاه را در تحمل دماهای پائین‌تر (انجماد) افزایش خواهد داد.

اثر ژنوتیپ و اندوفایت در دماهای مختلف بسیار معنی‌دار شد، اما ترکیب این دو فقط در تیمار شاهد معنی‌دار گردید (جدوال ۱، ۳، ۵ و ۷). وزن خشک ریشه در حضور اندوفایت افزایش یافت (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و ۸). لچ (Latch, 1998) گزارش کرد که گیاهان فسکیوی بلند آلوده به اندوفایت وزن خشک ریشه بیشتر و ریشه‌های عمیق‌تری دارند. مالینووسکی و همکاران (Malinowski *et al.*, 1997) میزان این افزایش را در گیاهان حاوی اندوفایت ۷۰ درصد بیشتر از گیاهان عاری از قارچ ذکر کردند.

به جز تیمار شاهد که در آن ژنوتیپ شماره ۶۰ بیشترین وزن خشک ریشه را داشت، در سایر دماها ژنوتیپ ۸۳ از لحاظ آماری در گروه برتر قرار گرفت (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و ۸). اختلاف مشاهده شده با تفاوت فیزیولوژیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف مرتبط و بیانگر این مطلب است که ژنوتیپ شماره ۸۳ در انتقال اسیمیلات‌ها به ریشه در شرایط تنفس موفق‌تر عمل کرده است. بروز تنفس در برخی ارقام اگرچه سبب باز دارندگی توسعه برگ می‌شود، اما ساخت اسیمیلات‌ها هنوز نزدیک به سطوح نرمال ادامه داشته و چون تنها مخزن در حال رشد در این شرایط، ریشه‌های موجود در عمق خاک هستند، اسیمیلات اضافی جهت رشد ریشه تغییر مکان می‌دهد.

در تجزیه واریانس مرکب (جدول ۱۰) و در مقایسه میانگین بین دماها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ملاحظه نگردید. در بین اثرات متقابل (ژنوتیپ × اندوفایت) در تجزیه واریانس مرکب، ژنوتیپ‌های E^+ و E^+ ۸۳ بیشترین وزن خشک ریشه را در کلیه سطوح دمایی داشتند. و ژنوتیپ‌های E^- ۶۰ و E^- ۷۵ کمترین مقادیر را داشتند.

باعث شد. در این تیمارها با عنایت به معنی دار شدن اثر ژنوتیپ × اندوفايت (جدول ۱، ۳ و ۷)، مقایسه میانگین این اثرات حاکی از برتری ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ در حضور اندوفايت بود. به طوری که در تیمار ۶ درجه نه تنها افت در تعداد پنجه‌های قبلی وجود نداشت، بلکه ۲۰ درصد افزایش در تعداد پنجه در ژنوتیپ‌های E^+ و E^{+} مشاهده گردید (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و شکل ۱ و ۲). در شدیدترین سطح تنش (۱۰ درجه)، اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در این تیمار تقریباً همه پنجه‌ها از بین رفته‌اند.

در تجزیه واریانس مرکب کلیه منابع تغییر اعم از اثر دما، ژنوتیپ اندوفايت و ترکیب آن‌ها معنی دار شدند (جدول ۹). بیشترین خسارت در تیمارهای ۱۰ و ۲ درجه حادث گردید، که به ترتیب در این تیمارها، ۹۹ و ۹۷ درصد پنجه‌ها از بین رفته‌اند. در حالی که در تیمار شاهد ۳۰ درصد افزایش در تعداد پنجه مشاهده گردید (جدول ۱۰).

ریچاردسون و همکاران (Richardson *et al.*, 1992) گزارش کردند که قارچ‌های اندوفايت قادر به تولید ترکیبات مهم و متنوعی از جمله کربوهیدرات‌های غیرساختمانی، گلوکز و فروکتوز در گیاهان میزبان هستند که از نظر اسمزی فعال بوده و در تعديل فشار اسمزی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این ترکیبات همچنین باعث افزایش قدرت رویش مجدد بعد از برداشت در گیاهان آلوده به قارچ می‌شوند. هیل و همکاران (Hill *et al.*, 1990) ضمن تأیید گزارش‌های قبلی اظهار داشتند که اندوفايت‌ها از طریق تنظیم هورمونی سبب تخصیص کربوهیدرات‌های ذخیره شده برای رشد مجدد گیاهان میزبان می‌گردند.

خصوصیت سطح خارجی گیاه و ویژگی‌های آب گریزی آن در جلوگیری از تشکیل یخ نخش تعیین‌کننده‌ای دارد. ضخامت لایه‌های کوتیکولی ممکن

بین ژنوتیپ‌ها و سطوح اندوفايت، از نظر تعداد پنجه تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود داشت (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و ۸). حضور اندوفايت‌ها افزایش معنی داری را از نظر تعداد پنجه در کلیه تیمارهای دمایی موجب شد، که در این میان تنها تیمار ۱۰ درجه مستثنی بود و هیچ اختلافی بین گیاهان حاوی اندوفايت و فاقد آن از نظر تعداد پنجه وجود نداشت (جدول ۸). این امر به این علت است که در دماهای بسیار سرد (انجماد) اندوفايت‌ها به جای ایفای نقش در جهت افزایش رشد و تولید پنجه‌های بیشتر، با تخصیص مواد غذایی به نقاط رشدی حساس، توان تحمل گیاه را در سپری کردن شرایط سخت و حفظ بقاء، افزایش می‌دهند. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ شماره ۸۳ در کلیه سطوح دمایی تعداد پنجه بیشتری تولید کرد، ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ۶۰ به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و ۸).

به عقیده هیل و همکاران (Hill *et al.*, 1990) عوامل محیطی مؤثر بر جریان انرژی از میزبان به طرف قارچ موجب تغییر در تنظیم کننده‌های رشدی قارچ و در نتیجه تحریک پنجه‌دهی در میزبان می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پدیده‌های تنظیم کننده‌گی نژاد قارچی موجود در ژنوتیپ شماره ۸۳ موفق‌تر عمل کرده و منجر به تولید تعداد پنجه بیشتر گردید.

در نتایج حاصل از رشد مجدد، مقادیر مثبت بیانگر درصد افزایش در رشد و مقادیر منفی نشان دهنده درصد رشد منفی (افت در تعداد پنجه در مقایسه با تعداد پنجه‌های قبل از اعمال تیمار) هستند. در تیمار شاهد، ژنوتیپ شماره ۸۳ تعداد پنجه جدید بیشتری تولید کرد. در این تیمار بین حضور و عدم حضور اندوفايت اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. در حالی که در تیمارهای ۶ و ۲ درجه حضور اندوفايت در مقایسه با عدم حضور آن درصد افت کمتری را در تعداد پنجه

طوری که ضخامت کوتیکول در ژنوتیپ‌های شماره ۸۳ و ۷۵ دو برابر ژنوتیپ شماره ۶۰ بود. نظر به این که ژنوتیپ‌های شماره ۸۳ و ۷۵ هگر اپلوبید بوده و ژنوتیپ ۶۰ دیپلوبید است، احتمال می‌رود تفاوت مشاهده شده مربوط به سطح پلوییدی ژنوتیپ‌ها باشد.

است چنین نقش حفاظتی را در گیاه ایفا کند (میرمحمدی میدی، ۱۳۷۹).

در مشاهدات میکروسکوپی تفاوتی بین گیاهان حاوی اندوفایت و فاقد آن از نظر ضخامت کوتیکول برگ، در هیچ کدام از سطوح دمایی، دیده نشد. تنها تفاوت مشاهده شده، مربوط به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. به

جدول ۱ - تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم اندوفایت، در تیمار شاهد

Table 1. Analysis of variance for shoot dry weight (SOW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes, endophyte levels in control treatment

S.O.V. منبع تغییرات	Trait صفات	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طبقه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Genotype	ژنوتیپ	2	0.90 **	3.78 **	0.29 **	456.72 **	347.39 **
Endophyte	اندوفایت	1	0.43 *	8.66 **	0.27 **	144.50 **	9.39 ns
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	3.85 **	4.70 **	0.48 **	292.17 **	1.72 ns
Error	خطا	12	0.06	0.04	0.01	2.33	15.44 ns
CV %	درصد ضریب تغییرات		9.07	8.18	12.94	4.68	13.12

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

و ** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non- significant

ns: غیرمعنی دار

جدول ۲ - میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عوامل برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طبقه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار شاهد

Table 2. Means of different genotypes, endophyte levels and combination of these factors for shoot dry weight (SOW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in control treatment

Treatments تیمارها	Trait صفات	وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طبقه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG (%)
60 ژنوتیپ		2.52 b	3.23 a	1.13 c	26 c	25 b
75 ژنوتیپ		2.46 b	1.89 b	3.88 a	29 b	27 b
83 ژنوتیپ		3.16 a	1.82 b	3.69 b	43 a	39 a
LSD (5%)		0.309	0.238	0.146	1.92	4.94
(E ⁺) حاوی اندوفایت		3.34 a	3.52 a	1.02 a	35 a	31 a
(E ⁻) بدون اندوفایت		2.08 b	2.11 b	0.78 b	30 b	29 a
LSD (5%)		0.253	0.194	0.119	1.569	4.04
60 E ⁺		2.82 c	4.58 a	1.22 ab	32 c	26 b
60 E ⁻		2.23 d	1.88 e	1.03 bc	20 d	23 b
75 E ⁺		3.34 b	3.85 b	1.30 a	37 b	27 b
75 E ⁻		1.58 e	2.94 c	0.47 d	22 d	26 b
83 E ⁺		3.86 a	2.13 d	0.54 d	48 a	39 a
83 E ⁻		2.45 cd	1.51 e	0.83 e	37 b	38 a

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

جدول ۳ - تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵ و ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت، در تیمار ۶ درجه سانتی گراد

Table 3. Analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels in 6 °C treatment

S.O.V.	Trait	صفات منع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوفه CDW	تعداد NT	رشد RG
Genotype	ژنوتیپ		2	0.81 **	7.25 **	2.52 **	732.67 **	8181.06 **
Endophyte	اندوفایت		1	0.61 *	2.19 **	1.05 **	174.22 *	7174.22 **
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت		2	0.22 ns	0.12 ns	0.02 ns	22.22 ns	1276.72 **
Error	خطا		12	0.11	0.19	0.04	19.17	43
CV %	درصد ضریب تغییرات			25.90	17.96	14.62	15.27	17.71

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: non-significant

و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: غیرمعنی دار

جدول ۴ - میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عوامل برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار ۶ درجه سانتی گراد

Table 4. Means of different genotypes, endophyte levels and combination of these factors for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in 6 °C treatment

تیمارها	Trait	صفات	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک طوفه (گرم)	تعداد NT	رشد مجدد (درصد)
Treatments			SDW (g)	RDW (g)	CDW (g)	NT	RG
ژنوتیپ 60		0.95 b	2.31 b	0.77 c	21 a	-78 c	
ژنوتیپ 75		1.17 b	1.39 c	1.17 b	24 b	-5 a	
ژنوتیپ 83		1.67 a	3.58 a	2.40 a	41 a	-28 b	
LSD (5%)		0.412	0.548	0.244	5.50	8.25	
(E ⁺) حاوی اندوفایت		1.45 a	2.77 a	1.57 a	32 a	-6 a	
(E ⁻) بدون اندوفایت		1.08 b	2.08 b	1.09 b	26 b	-68 b	
LSD (5%)		0.336	0.448	0.199	4.497	6.74	
60 E ⁺		1.32 ab	2.78 b	1.05 cd	26 b	-57 c	
60 E ⁻		0.58 c	1.84 c	0.50 e	16 c	-98 e	
75 E ⁺		1.37 ab	1.77 cd	1.35 c	26 b	20 a	
75 E ⁻		0.98 bc	1.01 d	0.99 d	22 bc	-30 b	
83 E ⁺		1.66 a	3.77 a	2.31 a	43 a	20 a	
83 E ⁻		1.69 a	3.38 ab	1.77 b	39 a	-75 d	

میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

جدول ۵- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت، در تیمار ۲- درجه سانتی گراد

Table 5. Analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels in -2 °C treatment

S.O.V.	Trait	صفات	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوقه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Genotype	ژنوتیپ	2	1.46 **	0.12 ns	0.22 **	135.39 **	3.72 ns	
Endophyte	اندوفایت	1	7.99 **	3.01 **	1.10 **	501.39 **	10.56 **	
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	1.18 **	0.01 ns	0.03 ns	26.72 **	16.72 *	
Error	خطا	12	0.05	0.07	0.02	2.39	3.33	
CV %	درصد ضربه تغییرات		8.81	12.17	11.36	4.89	1.89	

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively. * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non- significant

ns: غیرمعنی دار

جدول ۶- میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عوامل برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار ۲- درجه سانتی گراد

Table 6. Means of different genotypes, endophyte levels and combination of these factors for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in -2 °C treatment

تیمارها	Trait	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک طوقه (گرم)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG
Treatments		SDW (g)	RDW (g)	CDW (g)	NT	RG
60 ژنوتیپ		2.07 b	2.27 a	0.88 b	27 c	-97 a
75 ژنوتیپ		2.29 ab	2.00 a	1.14 a	32 b	-97 a
83 ژنوتیپ		2.52 a	2.20 a	1.26 a	36 a	-96 a
LSD (5%)		0.291	0.331	0.156	1.944	2.30
(E ⁺) حاوی اندوفایت		2.63 a	2.57 a	1.34 a	37 a	-94 a
(E ⁻) بدون اندوفایت		1.96 b	1.75 b	0.85 b	26 b	-99 b
LSD (5%)		0.238	0.27	0.128	1.588	1.88
60 E ⁺		2.24 b	2.70 a	1.06 b	34 b	-96 bc
60 E ⁻		1.91 bc	1.85 b	0.70 c	20 d	-98 bcd
75 E ⁺		2.79 a	2.36 a	1.40 a	35 b	-95 b
75 E ⁻		1.78 c	1.64 b	0.88 bc	29 c	-99 cd
83 E ⁺		2.85 a	2.64 a	1.56 a	42 a	-91 a
83 E ⁻		2.20 b	1.76 b	0.95 b	31 c	-100 d

میانگین های دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

جدول ۷- تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت، در تیمار ۱۰- درجه سانتی گراد

Table 7. Analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels in -10 °C treatment

S.O.V.	Trait منع تغیرات	درجه آرادی	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوفه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
	Trait صفات	df					
Genotype	ژنوتیپ	2	2.57 **	3.74 **	0.12 **	532.06 **	0.06 ns
Endophyte	اندوفایت	1	0.55 *	3.32 **	0.08 *	12.50 ns	6.72 ns
G × E	ژنوتیپ × اندوفایت	2	0.02 ns	0.06 ns	0.02 ns	6.50 ns	0.06 ns
Error	خطا	12	0.07	0.18	0.01	5.11	1.61
CV %	درصد ضریب تغیرات		15.21	18.76	9.28	7.28	1.28

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: non-significant

و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: غیرمعنی دار

جدول ۸- میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت و ترکیب این عوامل برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در تیمار ۱۰- درجه سانتی گراد

Table 8. Means of different genotypes, endophyte levels and composition of this factors for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in -10 °C treatment

تیمارها	Trait صفات	وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طوفه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG
Treatments						
60 ژنوتیپ		1.03 c	1.71 b	0.94 b	21 c	-99 a
75 ژنوتیپ		1.67 b	1.84 b	0.97 b	33 b	-99 a
83 ژنوتیپ		2.33 a	3.14 a	1.20 a	40 a	-99 a
LSD (5%)		0.323	0.527	0.121	2.844	1.59
(E ⁺) حاوی اندوفایت		1.86 a	2.66 a	1.10 a	32 a	-99 a
(E ⁻) بدون اندوفایت		1.51 b	1.80 b	0.97 b	30 a	-100 a
LSD (5%)		0.264	0.430	0.099	2.322	1.30
60 E ⁺		1.21 c	2.05 bc	1.00 bc	23 c	-99 a
60 E ⁻		0.84 c	1.38 c	0.89 c	19 c	-100 a
75 E ⁺		1.92 b	2.38 b	0.98 bc	33 b	-99 a
75 E ⁻		1.78 b	1.31 c	0.96 bc	32 b	-100 a
83 E ⁺		2.45 a	3.56 a	1.33 a	40 a	-99 a
83 E ⁻		2.22 ab	2.72 b	1.07 b	40 a	-100 a

میانگین های دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.

جدول ۹ - تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه و رشد مجدد، در ژنوتیپ‌های ۶۰، ۷۵، ۸۳ و سطوح حضور و عدم حضور اندوفایت

Table 9. Combined analysis of variance for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG) in different genotypes and endophyte levels

منبع تغییرات S.O.V.	Trait صفات	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی SDW	وزن خشک ریشه RDW	وزن خشک طوفه CDW	تعداد پنجه NT	رشد مجدد RG
Temperature دما		3	0.78**	0.29*	0.58**	59.20 **	9659.07 **
Rep (Temp) تکرار (دما)		4	0.05 ns	0.30*	0.03 ns	25.63 **	44.60 *
Genotype ژنوتیپ		2	3.76**	5.07**	0.84**	1636.06 **	2457.10 **
Endophyte اندوفایت		1	3.22**	15.92**	2.06**	654.01 **	5408 **
G * E ژنوتیپ × اندوفایت		2	1.65**	1.49**	0.04 ns	122.89 **	378.88 **
T × G دما × ژنوتیپ		6	0.27**	3.27**	0.77**	73.59 **	2025.04 **
T × E دما × اندوفایت		3	0.12 ns	0.42*	0.15**	59.53 **	3963.30 **
T × G × E دما × ژنوتیپ × اندوفایت		6	0.87**	1.13**	0.17**	74.91 **	305.44 **
Error خطای		44	0.07	0.10	0.02	5.58	13.23
CV%	درصد ضریب تغییرات		13.65	13.92	12.42	7.62	7.17

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non- significant

ns: غیرمعنی دار

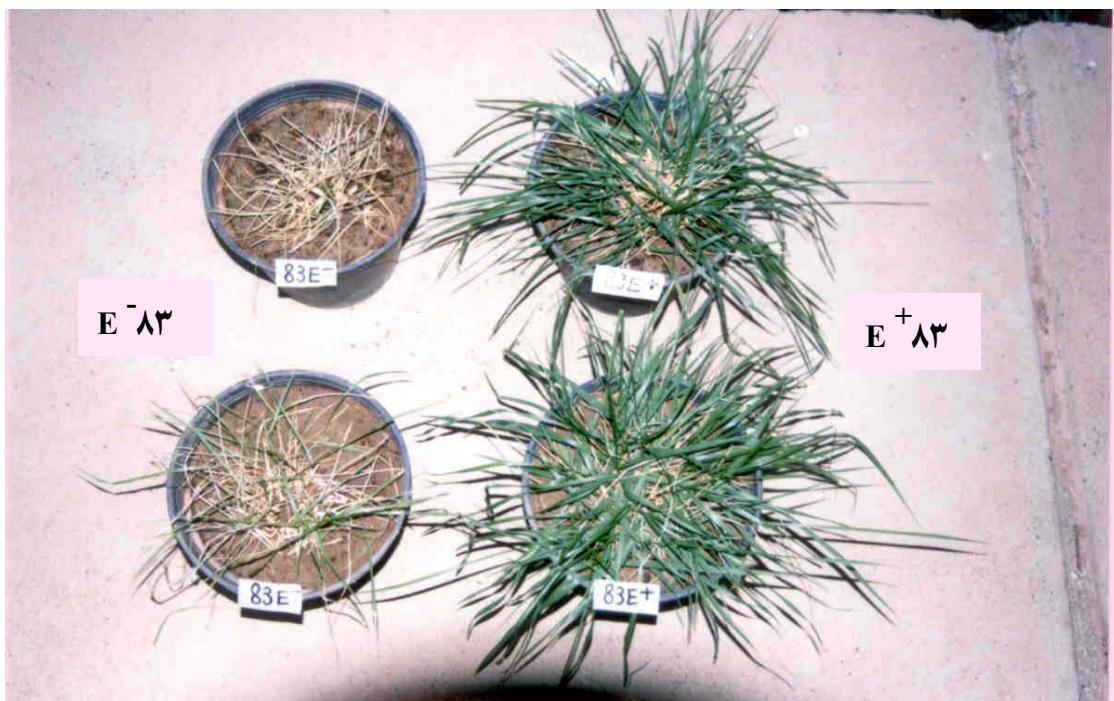
جدول ۱۰ - میانگین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح اندوفایت، سطوح دمایی و ترکیب ژنوتیپ × اندوفایت برای صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک طوفه، تعداد پنجه و رشد مجدد

Table 10. Means of different genotypes, endophyte levels, temperature levels and combination of genotype × endophyte for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), crown dry weight (CDW), number of tiller (NT) and regrowth (RG)

تیمارها Treatments	Trait صفات	وزن خشک اندام هوایی (گرم) SDW (g)	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)	وزن خشک طوفه (گرم) CDW (g)	تعداد پنجه NT	رشد مجدد (درصد) RG
60 ژنوتیپ		1.64 c	2.38 b	0.93 c	24 c	- 62 c
75 ژنوتیپ		1.90 b	1.78 c	1.04 b	29 b	- 44 a
83 ژنوتیپ		2.42 a	2.69 a	1.30 a	40 a	- 46 b
LSD (5%)		0.158	0.185	0.079	1.374	2.78
(E+) حاوی اندوفایت		2.31 a	2.88 a	1.26 a	34 a	- 42 a
(E-) بدون اندوفایت		1.66 b	1.93 b	0.92 b	28 b	- 59 b
LSD (5%)		0.129	0.151	0.064	1.122	2.27
شاهد		2.71 a	2.31 a	0.90 c	33 a	30 a
6 °C (T ₁)		1.26 c	2.43 a	1.33 a	29 a	- 37 b
-2 °C (T ₂)		2.29 a	2.16 a	1.09 b	32 a	- 97 c
-10 °C (T ₃)		1.69 b	2.23 a	1.04 bc	31 a	- 99 c
LSD (5%)		0.208	0.507	0.150	4.685	9.24
60 E ⁺		1.90 c	3.03 a	1.08 c	29 d	- 57 d
60 E ⁻		1.39 d	1.74 c	0.78 d	19 f	- 68 e
75 E ⁺		2.35 b	2.59 b	1.26 b	33 c	- 37 b
75 E ⁻		1.45 d	1.72 d	0.82 d	26 e	- 51 c
83 E ⁺		2.70 a	3.02 a	1.44 a	41 a	- 33 a
83 E ⁻		2.14 b	2.34 b	1.16 bc	39 b	- 59 d

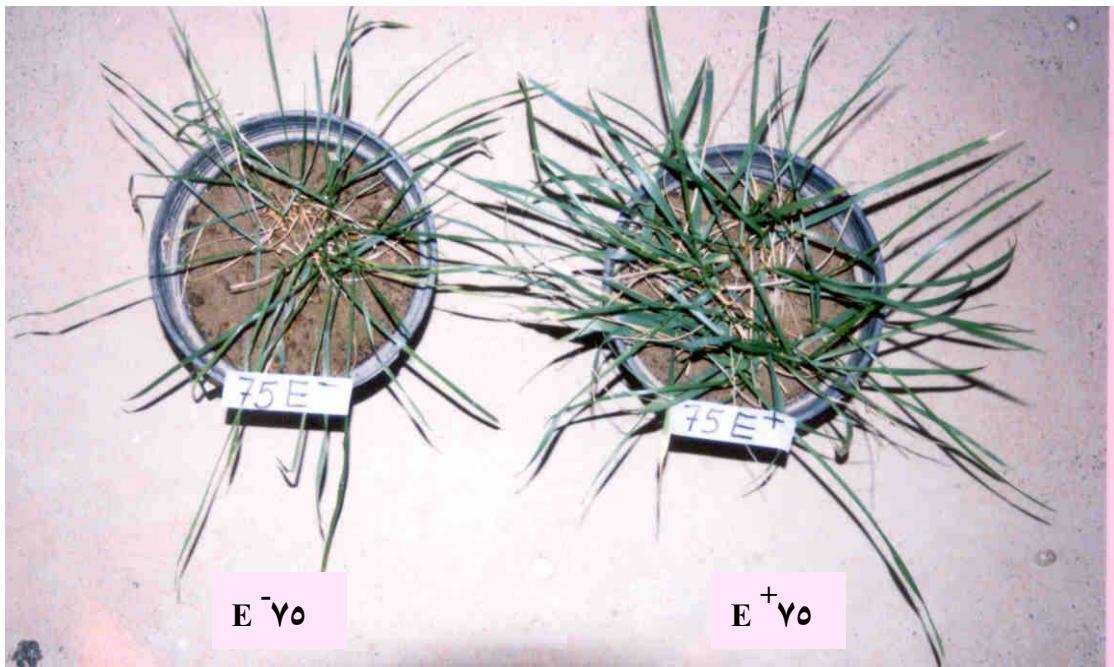
میانگین های دارای حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

Means, in the same column, with different letters differ significantly at 5% probability level- Using Duncan Multiple Range Test.



شکل ۱ - رشد مجدد ژنوتیپ شماره ۸۳ حاوی اندوفاایت (سمت راست) و عاری از اندوفاایت (سمت چپ)،
یک ماه پس از رفع تنش سرمایی ۶ درجه سانتی گراد

Fig. 1. Regrowth of genotype $83E^+$ (right) and genotype $83E^-$ (left), one month after termination of cold stress (6°C).



شکل ۲ - رشد مجدد ژنوتیپ شماره ۷۵ حاوی اندوفاایت (سمت راست) و عاری از اندوفاایت
(سمت چپ)، یک ماه پس از رفع تنش سرمایی ۶ درجه سانتی گراد

Fig. 2. Regrowth of genotype $75E^+$ (right) and genotype $75E^-$ (left), one month after termination of cold stress (6°C).

Reference

- جنبه‌های فیزیولوژیکی و به نژادی سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی. انتشارات گلبن . . . اصفهان، ۲۲۳ صفحه.
- Adak, M. S. and D. Eser.** 1993. Effect of fall growth and development on winter hardiness in barley, RACHIS. 12: 11-14.
- Arachevaleda, M., C. W. Bacon, C. S. Hovland and D. E. Radcliffe.** 1989. Effect of the tall fescue endophyte on plant response to environmental stress. Agron. J. 81: 83-90.
- Bacon, C. W., M. O. Richardson and J. F. White.** 1997. Modification and uses of endophyte-enhanced turf grass: A role for molecular technology. Crop Sci. 37: 1415- 1425.
- De Battista, J. P., J. H. Bouton, C. W. Bacon and M. R. Siegel.** 1990. Rhizome and herbage production of endophyte removed tall fescue clones and populations. Agron. J. 82: 651-654.
- Hill, N. S., W. C. Stringer, G. E. Rothinghous, D. P. Belesky, W. A. Parrot and D. D. Pope.** 1990. Growth, morphological, and chemical component responses of tall fescue to *Acremonium Coenophialam*. Crop sci. 30: 156-161.
- Holder, T. L., C. P. West, K. E. Turner, M. E. Mc Connell and E. L. Piper.** 1994. Incidence and viability of *Acremonium* endophytes in tall fescue and meadow fescue plant introductions. Crop Sci. 34: 232-254.
- Latch, G. C. M.** 1998. Grass endophytes as a model. Endophytism in plant pathology. The International Congress of Plant Pathology. Edinburgh. Scotland.
- Liu, H. B., J. R. Heckman and J. A. Murphy.** 1996. Screening fine fescue for aluminum tolerance. J. Plant Nutr. 19: 677-688.
- 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.
- Malinowski, D. P. and D. P. Belesky.** 2000. Adaptations of endophyte infect-cool season grasses to environmental stresses: Mechanism of drought and mineral stress tolerance. Crop Sci. 40: 923-940.
- Marks, S. and K. Clay.** 1996. Physiological responses of *Festuca arundinaceae* to fungal endophyte infection. New Phytol. 133: 727-733.
- Olien, C. R. and M. N. Smith (Eds.),** 1981. Analysis and improvement of plant cold hardiness. CRC Press. Boca Raton. Fl. P. 215.
- Richardson, M. D., Jr. Chapman, C. S. Hovland and C. W. Bacon.** 1992. Sugar alkohols in endophyte-infected tall fescue. Crop Sci. 32: 1060-1061.
- Saha, D. C., M. A. Jackson and J. M. Johnson-Cicalese.** 1988. A rapid staining method for detection of endophytic fungi in turf and forage grasses. Phytophatol. 78:237-239.
- Shelby, R. A. and L. W. Dalrymple.** 1987. Incidence and distribution of the tall fescue endophyte in the United States. Plant Dis. 71:738-786.
- Siegel, M. R., D. R. Varney, M. C. Jhnson, W. C. Nesmith, R. C. Bukner, L. P. Bush, P. B. Burrus and J. R. Hordson.** 1981. A fungal endophyte of tall fescue: evaluation of control methods. Phytopathol. 74: 937-941.
- White, J. F.** 1987. Wide speed distribution of endophytes in Poaceae. Plant Dis. 71(4): 340- 342.

The morphological changes affected by endophytes on induction of cold tolerance in two species of festuca

M. Parsaeian¹, A. Mirlohi², A. Rezaie³ and M. Baradaran⁴

ABSTRACT

To analyze the morphological changes affected by endophytes on induction of cold tolerance in two species of festuca, an experiment was done at Isfahan University of Technology in 2002. Endophyte-infected and non-infected clones from two genotypes of tall fescue and one meadow fescue were prepared and numbered 75, 83 and 60 respectively. The clones were exposed to cold treatment at 20 C. After three weeks of cold treatments, shoot, root and crown dry weight, number of tillers, cuticle thickness and finally amount of regrowth were measured. The presence of endophytes had significant effect on increasing the dry weight of shoot, root, crown and number of tillers. Endophytic fungi had not significant effect in cuticle thickness. Evaluation of regrowth after termination of stress condition showed that endophytes increase the plant ability to survive and recover from exposure to cold stress environment. Among plant genotypes, 83 was better for most characteristics, specially in the presence of endophyte and showed higher cold tolerance.

Key words: Endophytic fungi, Cold tolerance, Festuca, Morphological trait.

Received: August, 2004

- 1- Ph. D. Student, Industrial University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding author)
2- Associate Professor, Industrial University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3- Professor, Industrial University of Isfahan, Isfahan, Iran.
4- Ph. D. Student, Tabriz University, Tabriz, Iran.