تأثیر قارچ‌های اندوفیت گیاهان فسکیوی بلند و مرتعی در کنترل بیولوژیک شپشک مومی ریشه *Phenococcus solani* Ferris (Hom.: Pseudococcidae)

بیژن حاتمی[۱]، آقافخر میرلوحی[۲]، محمدرضا سبزعلیان[۲]

چکیده

قارچ‌های اندوفیت *Neotyphodium* spp. به طور هم‌زیست، گیاهان علوفه‌ای فسکیوی بلند *Festuca arundinacea* Shcreb. و فسکیوی مرتعی *F. pratensis* Huds. را آلوده می‌سازند. شپشک مومی *Phenococcus solani* Ferris به برخی گیاهان علوفه‌ای حمله می‌کند. برای بررسی نقش این قارچ‌های هم‌زیست در کنترل آفت فوق، ازچهار ژنوتیپ گیاهی فسکیوی بلند و دو ژنوتیپ فسکیوی مرتعی که به طور طبیعی حاوی اندوفیت بودند، استفاده شد. ابتدا پنجه‌های گیاهی به دو قسمت تقسیم و یک قسمت با استفاده از مخلوط محلول دو قارچ‌کش شامل پروپیکونازول به مقدار دو گرم ماده مؤثر و فولیکور به میزان یک میلی‌لیتر در لیتر آب، عاری از قارچ شد. آزمایش در ۱۲ تیمار، شامل شش ژنوتیپ و هر کدام دارای دو حالت، حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت در سه تکرار در طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه کشت شد. شمارش شپشک‌ها با مشاهده اولین علائم آلودگی روی ریشه شروع شد. برای شمارش تعداد شپشک‌ها، یک کپهٔ گیاهی که به طور میانگین شامل ۲۰۰ پنجه بود از هر تکرار (کرت) به صورت تصادفی انتخاب گردید. تعداد پنجه، وزن ریشه و وزن ساقه یک کپه در هر پلات به صورت تر و خشک اندازه‌گیری شد. هم‌بستگی عملکرد علوفه خشک یعنی وزن بخش هوایی گیاهان از ارتفاع ۵ سانتی‌متری سطح خاک و دیگر صفات رویشی با تعداد شپشک شمارش شده روی ریشه به عنوان معیاری در تعیین خسارت احتمالی این آفت بررسی شد. نتایج نشان داد که گیاهان بدون اندوفیت فسکیوی بلند به طور معنی داری آلودگی بیشتر یعنی تعداد زیادتری شپشک، نسبت به گیاهان حاوی اندوفیت دارد. در گیاهان حاوی اندوفیت هیچ شپشکی دیده نشد. عملکرد علوفه خشک نیز به طور معنی‌داری در گیاهان حاوی اندوفیت بیش از گیاهان بدون اندوفیت بود. ضرایب هم‌بستگی نیز نشان داد که عملکرد علوفه خشک با تعداد شپشک، هم‌بستگی منفی و معنی‌داری دارد که نشان‌دهنده خسارت شپشک مومی *P. solani* از طریق تغذیه از ریشه در گیاهان بدون اندوفیت بود.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های اندوفیت، فسکیوی بلند و مرتعی، شپشک مومی ریشه

مقدمه

گیاهان فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea* Shcreb.) و فسکیوی مرتعی (*F. pratensis* Huds.) گیاهان علوفه‌ای-مرتعی و با قابلیت کاربرد به عنوان گیاهان چمنی نیز هستند. هر

۱. دانشیار حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

Archive of SID

www.SID.ir

دو گونه به وسیله گونه‌های قارچ‌های هم‌زیست بذرزاد اندوفیت از جنس *Neotyphodium* آلوده می‌شوند (۱۴). اهمیت حضور قارچ‌های اندوفیت بدین دلیل است که گیاهان حاوی قارچ هم‌زیست نسبت به حمله بسیاری از حشرات مقاوم‌اند (۱۶). هم‌چنین حضور قارچ هم‌زیست اندوفیت در گیاه، آن را نسبت به طیف وسیعی از تنش‌های غیر زیستی همچون خشکی (۶)، شوری (۳) و سرما (۱) مقاوم می‌سازد.

مقاومت در برابر حشرات نیز در نتیجه حضور برخی از ترکیبات آلکالوئیدی تولید شده توسط اندوفیت در گیاه است (۱۷ و ۱۸). چهار گروه اصلی از ترکیبات آلکالوئیدی که توسط قارچ اندوفیت تولید می‌شود نیز شناخته شده است. پیرامین مهم‌ترین ترکیب آلکالوئیدی است که برای نخستین بار، هم‌بستگی تولید آن با دفع تغذیه سرخرطومی ساقه‌خوار آرژانتین (Kuschel) (*Listronotus bonariensis*) در گیاه رای گراس چند ساله (*Lolium prenne* L.) مشخص شد (۱۹). لولیترم B و ارگوالین دو دسته دیگر ترکیبات آلکالوئیدی است که به ترتیب در رای گراس چند ساله و فسکیوی بلند توسط قارچ اندوفیت تولید می‌شوند و در دام‌ها مسمومیت ایجاد می‌کنند (۹ و ۱۰). لولین‌ها دسته دیگری از ترکیبات آلکالوئیدی تولید شده توسط قارچ‌های اندوفیت است که همانند پیرامین به عنوان عوامل مهم شیمیایی دفع حشرات محسوب می‌شود (۸).

شپشک مومی *Phenococcus solani* Ferris حشره‌ای است که به گیاهان علفی مختلف حمله‌ور می‌شود (۵). این گونه از بسیاری از گیاهان علفی از جمله فسکیوی بلند و مرتعی تغذیه می‌کند و حضور اندوفیت که تراکم زیادی در بخش غلاف برگ گیاه دارد به دفع شدید این حشره منجر می‌شود (۲۰). نگارندگان، حضور فعال این شپشک را روی ریشه گیاه نیز مشاهده نموده‌اند. به نظر می‌رسد خسارت این شپشک روی ریشه شدیدتر از خسارت و تغذیه آن در بخش هوایی باشد. در این پژوهش نقش قارچ‌های هم‌زیست اندوفیت در دفع تغذیه شپشک نام برده، تأثیر تغذیه این حشره بر رشد گیاه و حضور فصلی آفت روی گیاه میزبان بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

به منظور بررسی نقش قارچ‌های اندوفیت هم‌زیست با گیاه فسکیوی بلند در القای مقاومت گیاه در برابر شپشک مومی *P. solani*، در مجموع از شش ژنوتیپ گیاهی شامل سه ژنوتیپ از توده ۷۵، یک ژنوتیپ از توده ۸۳ و دو ژنوتیپ از توده ۶۰ (هر توده مجموعه‌ای از چند ژنوتیپ است) استفاده شد. این سه توده به ترتیب از رویشگاه طبیعی این گیاهان در کامیاران کردستان، فریمان خراسان و بروجن استان چهار محال بختیاری جمع‌آوری شدند و هم‌اکنون در بانک ژن ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان (واقع در کیلومتر ۱۰ جاده اصفهان- نجف‌آباد) نگه‌داری می‌شود. دو توده ۷۵ و ۸۳ از گونه گیاهی *F. arundinacea* و توده ۶۰ از گونه گیاهی *F. pratensis* است. سه ژنوتیپ توده ۷۵ با نام‌های A ۷۵، B ۷۵ و C ۷۵ نام‌گذاری شدند. ژنوتیپ توده ۸۳ با نام ۸۳ و دو ژنوتیپ توده ۶۰ نیز با نام‌های ۶۰A و ۶۰B مورد استفاده قرار گرفت. براساس مطالعات گذشته، این گیاهان حاوی قارچ اندوفیت *Neotyphodium* است (۲، ۴ و ۱۲).

بررسی حضور قارچ اندوفیت

برای تعیین حضور قارچ‌های اندوفیت در بذر توده‌های جمع‌آوری شده گیاهی نام برده از رنگ رز بنگال و روش پیشنهاد شده توسط ساها و همکاران (۲۱) استفاده شد. بذرهای هر توده به تعداد ۲۰ تا ۵۰ بذر و به صورت مجزا به مدت ۱۲ تا ۱۶ ساعت در محلول قلیایی حاوی ۲/۵ درصد هیدروکسید سدیم در محلول ۰/۵ درصد رنگ رزبنگال حل شده در الکل اتیلیک ۵ درصد قرار گرفت. وقتی بذرها به میزان کافی له‌شدگی پیدا کردند، با آب جاری شسته شده و به مدت سه تا شش ساعت در محلول ۰/۵ درصد رنگ رزبنگال (محلول استاندارد) قرار گرفت تا رنگ آمیزی کامل شود. بذرهای رنگ‌آمیزی شده سپس روی لام له شده و با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر میکروسکوپ مشاهده شدند. پس از اطمینان از حضور

Archive of SID

www.SID.ir

اندوفیت در توده‌های مورد نظر، بذرهای هر توده به صورت مجزا و در سه تکرار در گلدان‌هایی از جنس پی وی سی به ابعاد ۲۰ × ۱۵ سانتی‌متری، حاوی خاک سبک لومی- رسی کشت شد. سه ماه پس از رشد گیاهان و تولید پنجه کافی، از غلاف گیاهان رشد یافته از هر توده ۱۰ نمونه تهیه و به روش ساها و همکاران (۲۱) مورد بررسی قرار گرفت. برای رنگ آمیزی غلاف برگ تازه، اپیدرم داخلی برگ برداشته شد و روی لام میکروسکوپ قرار گرفت. یک تا دو قطره محلول رزبنگال، روی نمونه گذاشته شد و ۳۰ تا ۶۰ ثانیه بعد که رنگ، جذب بافت غلاف شد، نمونه‌ها با لامل پوشانیده شدند. رنگ اضافی حذف و نمونه‌ها با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر مشاهده شدند. هم‌چنین قارچ‌های اندوفیت به صورت موازی با آوندهای غلاف برگ دیده شدند. با بررسی گیاهان مختلف از هر توده، سه ژنوتیپ از توده ۷۵، یک ژنوتیپ از توده ۸۳ و دو ژنوتیپ از توده ۶۰ انتخاب شدند. مبنای انتخاب این ژنوتیپ‌ها سازگاری مشاهده شده بین گیاه و قارچ اندوفیت بود که به میزان تراکم زیاد هیف در گیاه میزبان به خصوص در غلاف برگ، کمترین میزان حرکت عرضی قارچ هم‌زیست و نیز عدم بریدگی هیف (۷) ارتباط داشت. ژنوتیپ‌های A ۷۵ و B ۷۵ دارای سازگاری مناسب و با تراکم هیف بالایی درون غلاف بودند ولی در ژنوتیپ C ۷۵، هیف‌ها تا حدی بریده بریده و کم تراکم دیده شدند. در توده ۸۳، ژنوتیپ انتخاب شده بالاترین سازگاری را در میان ژنوتیپ‌های گیاهی نشان داد. در توده ۶۰، ژنوتیپ B ۶۰ سازگاری خوب و ژنوتیپ A ۶۰ سازگاری متوسطی بین گیاه و قارچ اندوفیت نشان دادند. ژنوتیپ‌های انتخاب شده از طریق جداسازی پنجه‌ها در گلدان‌های مجزا و در سه تکرار تکثیر و تا بهار سال بعد نگه‌داری شد.

تکثیر گیاهان حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت

برای تولید گیاهان حاوی اندوفیت (+E) و بدون اندوفیت (-E)، ابتدا پنجه‌های گیاهی موجود و مربوط به یک ژنوتیپ در هر گلدان به ابعاد ۱۵× ۲۰ سانتی‌متر به دو قسمت تقسیم شد و یک قسمت با استفاده از مخلوط محلول دو قارچ کش، شامل پروپیکونازول با غلظت دو گرم ماده مؤثر و فولیکور با غلظت یک میلی‌لیتر در لیتر محلول پاشی شدند (۳ و ۱۱). محلول پاشی پنجه‌های مورد تیمار، دو بار در هفته و به مدت دو هفته در حد خیس کردن برگ‌ها و غلاف برگ‌ها بود. دو هفته پس از آخرین محلول‌پاشی سم، گیاهان مورد تیمار برای تعیین حضور اندوفیت مورد بررسی مجدد قرار گرفته و مشخص شد که اندوفیت به طور کامل از گیاهان تیمار شده با محلول سم حذف شده است. گیاهان تیمار شده و تیمار نشده هر ژنوتیپ در کرت‌های مجزایی به ابعاد ۱/۵ × ۲ متر در اواخر شهریورماه کنار یکدیگر در مزرعه کاشته شد. خاک کرت‌ها رسی بود و هنگام کاشت به هر کرت، ۱۰ کیلوگرم کود دامی پوسیده و ۲۵ کیلوگرم ماسه اضافه شد. گیاهان هفت‌ماه در کرت‌ها و در شرایط صحرایی نگه‌داری شدند و رشد کافی نمودند. سپس پنجه‌های جدید از گیاهان حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت هر ژنوتیپ به گلدان‌هایی متوسط به ابعاد ۲۰×۱۵ سانتی‌متر، حاوی خاک لومی- رسی منتقل شدند و در یک گلخانه (با میانگین دمای ۲± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد) نگه‌داری شدند.

آزمایش مزرعه‌ای

در زمستان، گیاهان حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت از هر ژنوتیپ گیاهی موجود در گلدان‌ها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه و در کرت‌هایی با ابعاد ۱/۵ × ۱/۵ متر کشت شدند. در هر کرت شش بوته (هر بوته حاوی پنج پنجه) کشت گردید. تیمارها شامل شش ژنوتیپ گیاهی و در دو حالت حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت بود و جمعاً ۱۲ تیمار ترکیب ژنوتیپ- اندوفیت در هر تکرار قرار گرفت. خاک مزرعه از نوع لومی - رسی بود که قبل از کشت به هر یک از کرت‌ها به اندازه مساوی کود آلی و ماسه اضافه شد. کرت‌ها به طور معمول، هفته‌ای یک بار آبیاری شدند و پس از استقرار گیاه و رشد رویشی در بهار و تابستان سال بعد،

Archive of SID

www.SID.ir

شمارش شپشک *P. solani* با مشاهدهٔ اولین علائم آلودگی روی ریشه، از نیمه آذرماه شروع شد. برای شمارش تعداد شپشک‌ها، یک کپهٔ گیاهی که به طور میانگین شامل ۲۰۰ پنجه بود، از هر تکرار (کرت) به صورت تصادفی انتخاب شد. کپه گیاهی از خاک خارج شد و خاک اطراف ریشه به یک سطل، با قطر ۱۸/۵ سانتی‌متر انتقال داده شد. سپس به سطل، آب اضافه شد، به طوری که سطح خاک کاملاً از آب پوشانده شده بود. آن گاه خاک و آب داخل سطل به هم زده شد تا شپشک‌ها در سطح آب شناور شوند. در این حالت شپشک‌ها شمارش شدند. اضافه کردن آب به خاک سطل دو تا سه بار تکرار شد تا زمانی که هیچ شپشکی بر سطح آب دیده نشد. حجم خاک باقی‌مانده داخل سطل تعیین شد تا تعداد شپشک‌ها در حجم مشخصی از خاک (۱۰۰ سانتی‌متر مکعب) محاسبه شود و مقایسه تعداد شپشک‌ها در حجم ثابتی از خاک صورت گیرد. پس از شمارش شپشک‌ها، آب سطل مجدداً همراه با شپشک‌های شمارش شده در کرت مربوطه در کنار گیاه خالی شد تا جمعیت شپشک موجود در هر کرت تغییر داده نشود. در حقیقت در این مطالعه سعی شد تا نمونه برداری از شپشک‌های هر کرت به صورت تخریبی نباشد، یعنی با نمونه برداری‌های متوالی به مدت هشت‌ماه در جمعیت شپشک‌ها، کاهش زیادی به طور عمدی ایجاد نشود و در کرت‌های آزمایشی موجب ایجاد خطای آزمایشی نگردد، چرا که حذف دائم شپشک‌ها در نمونه‌برداری‌های مکرر نه تنها موجب کاهش تکثیر و تغییر جمعیت آنها در کرت‌ها می‌شد بلکه در ارزیابی اثر شپشک در عملکرد گیاهان آلوده به شپشک در مقایسه با گیاهان شاهد و بدون شپشک نیز در پایان آزمایش خطا ایجاد می‌شد. شمارش شپشک‌ها در هر ماه از پانزدهم آذرماه که مصادف با مشاهده شپشک‌ها در خاک بود انجام گردید و تا تیرماه سال بعد که با کم و سپس ناپدید شدن شپشک‌ها مصادف بود ادامه می‌یافت. در پایان زمستان، عملکرد علوفه خشک هر کرت از طریق اندازه‌گیری وزن بخش هوایی گیاهان هر کرت که از ارتفاع پنج سانتی‌متری سطح خاک چیده شده بود محاسبه شد. تعداد پنجه، وزن ریشه و هم‌چنین وزن ساقه یک کپه در هر پلات به صورت تر و خشک اندازه‌گیری شد. هم‌بستگی عملکرد علوفه خشک و سایر خصوصیات رشدی گیاهان با میزان آلودگی به شپشک (تا پایان اسفندماه) در کرت‌های گیاهی به عنوان معیاری در تعیین خسارت احتمالی شپشک مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های به دست آمده توسط نرم افزارهای SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

شمارش شپشک‌ها در تمام تاریخ‌های نمونه برداری نشان داد که گیاهان بدون اندوفیت از هر کرت به طور معنی‌داری ($P < ۰/۰۰۱$) آلودگی بیشتر یعنی تعداد زیادتری شپشک نسبت به گیاهان حاوی اندوفیت داشت (جدول ۱). هم‌چنین عملکرد علوفه خشک به طور معنی‌داری ($P < ۰/۰۰۱$) در گیاهان حاوی اندوفیت بیش از گیاهان بدون اندوفیت بود (شکل ۱). به علاوه ضرایب هم‌بستگی نشان داد که خصوصیات رشدی گیاه و به ویژه عملکرد علوفه خشک، وزن خشک بخش هوایی و تعداد پنجه با تعداد شپشک، هم‌بستگی منفی و معنی‌داری دارند که نشان دهندهٔ خسارت شپشک مومی *P. solani* از طریق تغذیه از ریشه‌های گیاهان بدون اندوفیت است (جدول ۲).

این مطالعه نشان داد که آلودگی گیاهان فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی به قارچ اندوفیت *Neotyphodium*، آنها را نسبت به حمله شپشک مومی حفاظت می‌کند. در این بررسی در گیاهان حاوی اندوفیت هیچ شپشکی روی ریشه‌ها ملاحظه نگردید ولی همه ژنوتیپ‌های گیاهان بدون اندوفیت به شپشک آلوده بودند. به نظر می‌رسد نوعی مقاومت توسط قارچ اندوفیت در گیاه در مقابل شپشک مومی ایجاد می‌شود. به علاوه تجزیه داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ گیاهی هم احتمالاً می‌تواند در میزان آلودگی به شپشک مؤثر باشد. این موضوع به اثر متقابل ژنوتیپ گیاهی با اندوفیت مربوط می‌شود. همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، در ژنوتیپ‌های ۶۰A و ۶۰B اثر قارچ

Archive of SID

www.SID.ir

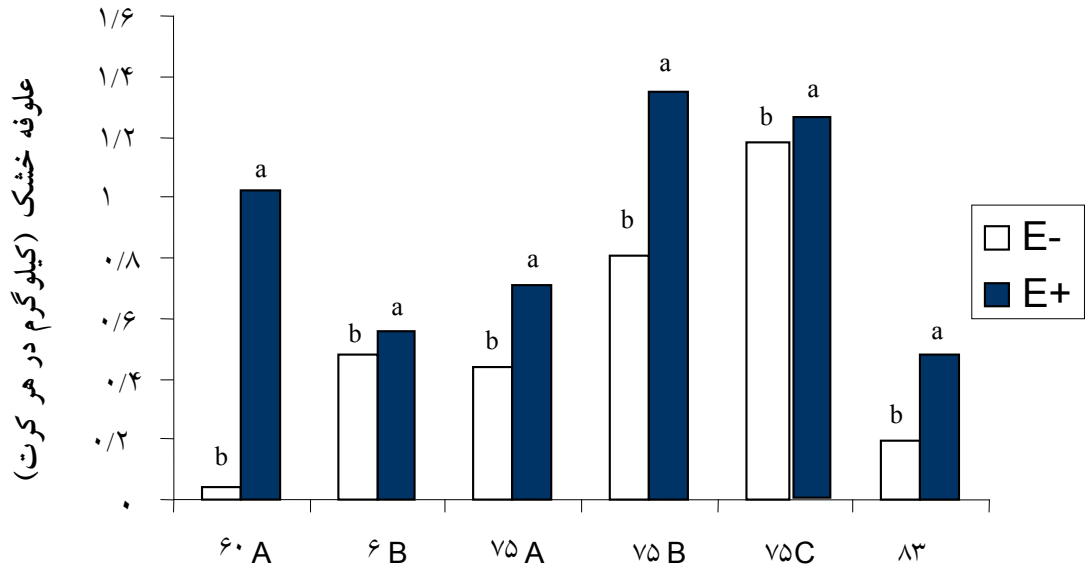
جدول ۱. شمارش شپشک گیاهان حاوی اندوفیت (+E) و بدون اندوفیت (-E) از هر ژنوتیپ (۶۰ A، ۶۰ B ، ۷۵ A، ۷۵ C و ۸۳) در تاریخ‌های مختلف **

ژنوتیپ	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
	سال دوم				سال اول			
E+ ۶۰A	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E-	۵/۹	۲۹۱/۲	۲۴۵/۸۵	۱۹۰/۵	۱۰۰/۵	۵۲/۵	۲۵/۲	۰
E+ ۶۰B	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E-	۱/۱۹	۲۳/۵۱	۳۰/۳	۴۷/۱۹	۲۸/۸۹	۱۴/۵۹	۸/۲۵	۱/۹۱
E+ ۷۵A	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E-	۷/۸۷	۱۸۳/۶۹	۱۷۰/۵	۱۶۷/۳	۶۰/۴	۱۳/۶۹	۷/۵	۱/۲۹
E+ ۷۵B	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E-	۳۳/۷	۴۹/۴	۴۴/۶	۴۵/۸۹	۲۷/۵	۹/۱۲	۴/۸	۲/۸۲
E+ ۷۵C	۰	۱/۷۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E-	۶/۸۷	۱۴/۹۹	۱۷/۴۲	۱۵/۸۴	۸/۵	۱/۱۸	۰	۰
E+ ۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E-	۳۰	۳۷/۵	۴۰/۵	۴۶/۵۲	۲۶	۷/۲	۴	۰

** : در هر ژنوتیپ و در هر ماه شمارش شپشک بین گیاهان حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت جز در مواردی که شمارش در هر دو حالت صفر بود اختلاف معنی‌دار درسطح ۵ درصد وجود داشت. بنابراین از آوردن حروف الفبایی خودداری شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. عملکرد علوفه خشک در هر ژنوتیپ بین گیاهان حاوی اندوفیت (+E) و بدون اندوفیت (-E). حروف متفاوت اختلاف معنی‌داری را بین گیاهان حاوی اندوفایت و بدون اندوفایت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد.

جدول ۲. جدول ضرایب هم‌بستگی تعداد شپشک مومی ریشه و خصوصیات رشدی – رویشی گیاهان فسکیوی بلند و مرتعی مورد آزمایش

ضریب هم‌بستگی	صفات
-۰/۴۸**	عملکرد علوفه خشک و تعداد شپشک
-۰/۳۹*	وزن تر بخش هوایی و تعداد شپشک
-۰/۵۶**	وزن خشک بخش هوایی و تعداد شپشک
-۰/۴**	وزن تر ریشه و تعداد شپشک
-۰/۳۲*	وزن خشک ریشه و تعداد شپشک
-۰/۵ **	تعداد پنجه و تعداد شپشک

* : معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

** : معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

اندوفیت در کاهش جمعیت شپشک بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بوده است. از آنجا که این دو ژنوتیپ حاوی قارچ اندوفیت *Neotyphodium* است، ممکن است اثر متقابل این قارچ با گیاه فسکیوی مرتعی نسبت به اثر متقابل با گیاه فسکیوی بلند در کاهش جمعیت شپشک تأثیر بیشتری داشته باشد. با این وجود آثار متقابل، ترتیب گیاهان حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت را در هر ژنوتیپ از نظر مقاومت تغییر نداد. به هر حال نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش جمعیت شپشک روی ریشه

Archive of SID
www.SID.ir

گیاهان حاوی اندوفیت با نتایج مطالعات دیگری که روی گیاهان رای گراس چند ساله (*Lolium perenne*) حاوی اندوفیت *Neotyphodium lolii* و بدون اندوفیت در برابر آلودگی به شپشک *Balanococcus poae* Maskell که در شرایط مزرعه انجام گرفت (۱۵) مطابقت داشت.

تخمین میزان عملکرد علوفه خشک گیاهان در این مطالعه نشان داد که گیاهان بدون اندوفیت عملکرد علوفه کمتری دارد. هم‌چنین هم‌بستگی بین خصوصیات رشدی گیاهان و تعداد شپشک معنی‌دار و منفی بود. با توجه به این که خسارت هیچ گونه حشره دیگری روی گیاهان مشاهده نشد، به نظر می‌رسد تغذیه شپشک *P. solani* از ریشه این گیاهان، عامل مهمی در کاهش میزان علوفه آنها باشد.

مالینوسکی و بلسکی (۱۳)، گزارش کرده‌اند که آلکالوئید لولین که توسط اندوفیت در بخش هوایی گیاهان حاوی اندوفیت تولید می‌شود در ریشه گیاهان حاوی اندوفیت نیز وجود دارد. با توجه به این که این آلکالوئید و مشتقات آن، ترکیبات قوی در دفع تغذیه حشرات است، این ترکیب احتمالاً ممکن است در دفع تغذیه شپشک‌ها به ویژه شپشک *P. solani* نیز نقش داشته باشد که به انجام بررسی‌های دقیق‌تری نیازمند است.

با توجه به توان بالقوه این آفت در ایجاد خسارت روی ریشه گیاهان مرتعی و زینتی، اهمیت وجود آلکالوییدهایی نظیر لولین ناشی از حضور قارچ‌های اندوفیت در گیاهان؛ اندازه‌گیری غلظت و میزان این آلکالوییدها در ریشه گیاهانی نظیر فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی ضروری است. به خصوص تعیین نوسانات فصلی این نوع آلکالوییدها در گیاهان احتمالاً می‌تواند هم‌بستگی میزان تولید آنها را در گیاهان با فراوانی آفاتی مانند شپشک‌های ریشه نشان دهد که باید در نظریه‌پردازی این فرضیه، پژوهش‌هایی را در این زمینه در کشور انجام داد.

منابع مورد استفاده

۱. پارساییان، م. ۱۳۸۲. تأثیر اندوفیت‌ها در بروز مقاومت به سرما در دو گونه فستوکا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. دهقان‌پور، س. ۱۳۸۳. شناسایی قارچ‌های اندوفیت موجود در گیاهان علفی بر اساس خصوصیات مرفولوژیک و مارکرهای مولکولی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. سبزعلیان، م. ر. ۱۳۸۱. بررسی مقاومت به شوری القایی توسط اندوفیت در گیاه فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی.پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. گنجعلی، ر.، ب. شریف‌نبی و آ. ف. میرلوحی. ۱۳۸۳. روش‌های کلاسیک و آغازگرهای اختصاصی در ردیابی قارچ‌های اندوفایت در برخی گرامینه‌های علفی. رستنی‌ها (۵): ۳۷- ۵۰.

۵. مقدم، م.، ب. حاتمی، ک. زیبایی و م. ر. سبزعلیان. ۱۳۸۳. گزارش شپشک آردآلود *Phenococcus solani* Ferris (Hem.:Coccoidea: Pseudococcidae). نامه انجمن حشره‌شناسی ایران، ۲۴ (۱): ۱۳۵.

6. 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.
7. Christensen, M. J. 1997. Endophyte compatibility in perennial ryegrass, meadow fescue, and tall fescue. A short review. *In*: C. W. Bacon, N. S. Hill (Eds.), Proc. of the 3rd International Symposium on *Acremonium*/grass interaction, Athens, Caeorgia. pp. 45-49.
8. Dahlman, D. L., H. Eichenseer and M. R. Siegel. 1991. Chemical perspectives on endophyte-grass interactions and their implications to insect herbivory. PP. 227- 252. *In*: P. Barbosa, V. A. Krischik and C. G. Jones (Eds.), Microbial Mediation of Plant-Herbivore Interactions. John Wiley and Sons Pub., USA.

Archive of SID

www.SID.ir

9. Fletcher, L. R. and H. S. Easton. 1997. The evaluation and use of endophytes for pasture improvement. PP: 209–227. *In*: C.W. Bacon and N.S. Hill (Ed.), *Neotyphodium*/Grass Interactions. Plenum Press, New York & London.
10. Gallagher, R. T., E. P. White and P. H. Mortimer. 1981. Ryegrass staggers: isolation of potent neurotoxins lolitrem A and lolitrem B from stagers-producing pastures. N .Z. Vet. J. 29: 89-190.
11. Hill, N. S. and E. Brown. 2000. Endophyte viability in seeding tall fescue treated with fungicides. Crop Sci. 40: 1400-1401.
12. Khayyam Nekouei, M. 2001. Germplasm collection and molecular detection of endophytic fungi in Iranian tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). Ph. D. Thesis, University of Putra, Malaysia.
13. Malinowski, D. P. and D. P. Belesky. 1999. Endophyte infection enhances the ability of tall fescue to utilize sparingly available phosphorus. J. Plant Nutr. 22: 835-853.
14. Morgan-Jones, G. and W. Gams. 1982. Notes of hyphyomycetes. XLI. An endophyte of *Festuca arundinacea* and the anamorph of *Epichloë typhina*, a new taxa in one of the two sections of *Acremonium*. Mycotaxon 15:311.
15. Pearson, W. D. 1988. The pasture mealybug, *Balanococcus poae* (Maskell), in Canterbury: a preliminary report. *In*: Proc. 5th Australasian Conf. on Grassl. Invert. Ecol. PP. 297-303. Victoria-Australia.
16. Popay, A. J. and D. D. Rowan. 1994. Endophytic fungi as mediators of plant-insect interactions. *In*: E. A. Bernays (Ed.), Insect-plant Interaction 5. CRC Press, Boca Raton. Florida.
17. Porter, J. K. 1994. Chemical constituents of grass endophytes. *In*: C.W. Bacon and J. F. White, Jr. (Ed.), Biotechnology of Endophytic Fungi of Grasses. CRC Press, Boca Raton, Florida.
18. Porter, J. K. 1995. Analysis of endophyte toxins: fescue and other grasses toxic to livestock. J. Anim. Sci. 73: 871-880.
19. Rowan, D. D. and D. L. Gaynor. 1986. Isolation of feeding deterrents against Argentine stem Weevil from ryegrass infected with the endophyte *Acremonium loliae*. J. Chem. Ecol. 12: 647-658.
20. Sabzalian, M. R., B. Hatami and A. F. Mirlohi. 2004. Mealybug, *Phenococcus solani,* and barley aphid, *Sipha maydis*, response to endophyte-infected tall and meadow fescues. Entomol. Exp. Appl. 113: 205-209.
21. 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. Phytopathol. 78: 237-239.

Archive of SID

www.SID.ir