

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

بیژن حاتمی^۱، آفافخر میرلوحی^۲، محمد رضا سبزعلیان^۳

چکیده

قارچ‌های اندوفیت *Neotyphodium* spp. به طور هم‌زیست، گیاهان علوفه‌ای فسکیوی بلند *Festuca arundinacea* Shreb. و فسکیوی *F. pratensis* Huds. را آلوده می‌سازند. شپشک مومنی *Phenococcus solani* Ferris به برخی گیاهان علوفه‌ای حمله می‌کند. برای بررسی نقش این قارچ‌های هم‌زیست در کنترل آفت فوق، از چهار ژنتیپ گیاهی فسکیوی بلند و دو ژنتیپ 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 قارچ کش شامل پروپیکونازول به مقدار دو گرم ماده مؤثر و فولیکور به میزان یک میلی لیتر در لیتر آب، عاری از قارچ شد. آزمایش در ۱۲ تیمار، شامل شش ژنتیپ 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 کپه 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 معنی داری 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 معنی داری دارد که نشان‌دهنده خسارت شپشک مومنی *P. solani* از طریق تغذیه از ریشه در گیاهان بدون اندوفیت بود.

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

مقدمه

فسکیوی مرتعی (*F. pratensis* Huds.) گیاهان علوفه‌ای-

مرتعی و با قابلیت کاربرد به عنوان گیاهان چمنی نیز هستند. هر

گیاهان فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea* Shreb.) و

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

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 فرزوه 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 B, ۷۵ A و ۷۵ C نام‌گذاری شدند. ژنوتیپ توده ۸۳ با نام ۸۳ و دو ژنوتیپ توده ۶۰ نیز با نام‌های A و B مورد استفاده قرار گرفت. براساس مطالعات گذشته، این گیاهان حاوی قارچ اندوفیت *Neotyphodium* است (۱۲، ۲ و ۴).

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 قلایی حاوی ۲/۵ درصد هیدروکسید سدیم در محلول ۰/۵ درصد رنگ رزبنگال حل شده در الكل 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 رنگ آمیزی شده سپس روی لام له شده و با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر میکروسکوپ مشاهده شدند. پس از اطمینان از حضور

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 آلkalوئیدی تولید شده توسط اندوفیت در گیاه است (۱۷ و ۱۸). چهار گروه اصلی از ترکیبات آلkalوئیدی که توسط قارچ اندوفیت تولید می‌شود نیز شناخته شده است. پیرامین مهم‌ترین ترکیب آلkalوئیدی است که برای نخستین بار، همبستگی تولید آن با دفع تغذیه سرخرطومی ساقه‌خوار آرژانتین (Kuschel) (*Listronotus bonariensis*) در گیاه رای گراس چند ساله (L. *prenne*) مشخص شد (۱۹). لوکولیتم B و ارگوالین دو دسته دیگر ترکیبات آلkalوئیدی 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). لوکولین‌ها دسته دیگری از ترکیبات آلkalوئیدی 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 میزان بررسی شده است.

قسمت با استفاده از مخلوط محلول دو قارچ کش، شامل پروپیکونازول با غلظت دو گرم ماده مؤثر و فولیکور با غلظت یک میلی لیتر در لیتر محلول پاشی شدند (۱۱ و ۳). 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 محلول پاشی سم، گیاهان مورد تیمار برای تعیین حضور اندوفیت مورد بررسی مجده 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 ژنتیپ در کرت‌های مجزایی به ابعاد 15×5 متر در اوخر 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 ژنتیپ به گلدانهای متوسط به ابعاد 15×20 سانتی‌متر، حاوی خاک لومی-رسی منتقل شدند و در یک گلخانه (با میانگین دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد) نگهداری شدند.

آزمایش مزرعه‌ای

در زمستان، گیاهان حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت از هر ژنتیپ گیاهی موجود در گلدانها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه و در کرت‌هایی با ابعاد 15×5 متر کشت شدند. در هر کرت شش بوته (هر بوته حاوی پنج پنجه) کشت گردید. تیمارها شامل شش ژنتیپ گیاهی و در دو حالت حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت بود و جمعاً ۱۲ تیمار ترکیب ژنتیپ-اندوфیت 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،

اندوфیت در توده‌های مورد نظر، بذرهای هر توده به صورت مجزا و در سه تکرار در گلدانهایی از جنس پی وی سی به ابعاد 20×15 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 لام 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 ژنتیپ از توده ۷۵، یک ژنتیپ از توده ۸۳ و دو ژنتیپ از توده ۶۰ انتخاب شدند. مبنای انتخاب این ژنتیپ‌ها سازگاری مشاهده شده بین گیاه و قارچ اندوفیت بود که به میزان تراکم زیاد هیف در گیاه میزان در غلاف برگ، کمترین میزان حرکت عرضی قارچ هم‌زیست و نیز عدم بریدگی هیف (۷) ارتباط داشت. ژنتیپ‌های A و B ۷۵ و ۷۵ C بودند ولی در ژنتیپ C، هیفا تا حدی بریده بودند و کم تراکم دیده شدند. در توده ۸۳، ژنتیپ انتخاب شده بالاترین سازگاری را در میان ژنتیپ‌های گیاهی نشان داد. در توده ۶۰، ژنتیپ B ۶۰ سازگاری خوب و ژنتیپ A ۶۰ سازگاری متوسطی بین گیاه و قارچ اندوفیت نشان دادند. ژنتیپ‌های 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 ژنتیپ در هر گلدان به ابعاد 15×20 سانتی‌متر به دو قسمت تقسیم شد و یک

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 آلوودگی 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 ($P < 0.001$) آلوودگی بیشتر یعنی تعداد زیادتری شپشک نسبت به گیاهان حاوی اندوفیت داشت (جدول ۱). هم‌چنین عملکرد علوفه خشک به طور معنی‌داری ($P < 0.001$) 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 دهنده خسارت شپشک مومی (*P. solani*) از طریق تغذیه از ریشه‌های گیاهان بدون اندوفیت است (جدول ۲).

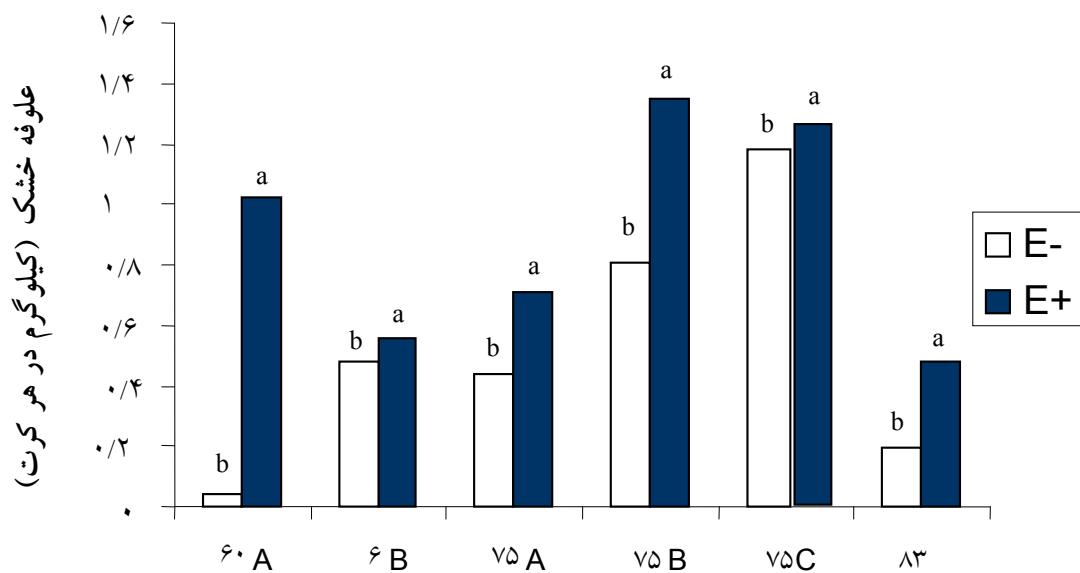
این مطالعه نشان داد که آلوودگی گیاهان فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی به قارچ اندوفیت *Neotyphodium* آنها را نسبت به حمله شپشک مومی حفاظت می‌کند. در این بررسی در گیاهان حاوی اندوفیت هیچ شپشکی روی ریشه‌ها ملاحظه نگردید ولی همه ژنوتیپ‌های گیاهان بدون اندوفیت به شپشک آلوود بودند. به نظر می‌رسد نوعی مقاومت توسط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

شمارش شپشک *P. solani* با مشاهده اولین علائم آلوودگی روی ریشه، از نیمه آذرماه شروع شد. برای شمارش تعداد شپشک‌ها، یک کپه 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. آن‌گاه 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 هرماه با شپشک‌های شمارش شده در کرت مربوطه در کار 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 تحریبی نباشد، یعنی با نمونه برداری‌های متوالی به مدت هشت‌ماه در جمعیت شپشک‌ها، کاهش زیادی به طور عمده ایجاد نشود و در کرت‌های آزمایشی موجب ایجاد خطای آزمایشی نگردد، چرا که حذف دائم شپشک‌ها در نمونه برداری‌های مکرر نه تنها موجب کاهش تکثیر و تغییر جمعیت آنها در کرت‌ها می‌شود بلکه در ارزیابی اثر شپشک در عملکرد گیاهان آلوود به شپشک در مقایسه با گیاهان شاهد و بدون شپشک نیز در پایان آزمایش خطایجاد می‌شود. شمارش شپشک‌ها در هر ماہ 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،

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

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

**: 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 در سطح ۵ درصد وجود داشت. بنابراین از آوردن حروف الفبایی خودداری شده است.



ژنتیپ

شکل ۱. عملکرد علوفه خشک در هر ژنتیپ 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 موئی ریشه و خصوصیات رشدی - رویشی گیاهان فسکیوی بلند و مرتعی مورد آزمایش

صفات	ضریب همبستگی
عملکرد علوفه خشک و تعداد شپشک	-0/48**
وزن تربخش هوایی و تعداد شپشک	-0/39*
وزن خشک تربخش هوایی و تعداد شپشک	-0/56**
وزن تربخش هوایی و تعداد شپشک	-0/4**
وزن خشک ریشه و تعداد شپشک	-0/32*
تعداد پنجه و تعداد شپشک	-0/5 **

*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

**: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

کاهش جمعیت شپشک تأثیر بیشتری داشته باشد. با این وجود آثار متقابل، ترتیب گیاهان حاوی اندوفیت و بدون اندوفیت را در هر ژنتیپ از نظر مقاومت تغییر نداد. به هر حال نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش جمعیت شپشک روی ریشه

اندوфیت در کاهش جمعیت شپشک بیشتر از سایر ژنتیپ‌ها بوده است. از آنجا که این دو ژنتیپ حاوی قارچ اندوفیت *Neotyphodium* است، ممکن است اثر متقابل این قارچ با گیاه فسکیوی مرتعی نسبت به اثر متقابل با گیاه فسکیوی بلند در

وجود دارد. با توجه به این که این آکالولئید 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 زیستی، اهمیت وجود آکالولییدهایی نظیر لولین ناشی از حضور قارچ‌های اندوفیت در گیاهان؛ اندازه‌گیری غلط و میزان این آکالولییدها در ریشه گیاهانی نظیر فسکیوی بلند و فسکیوی مرتعی ضروری است. به خصوص تعیین نوسانات فصلی این نوع آکالولییدها در گیاهان احتمالاً می‌تواند هم‌بستگی میزان تولید آنها را در گیاهان با فراوانی آفاتی مانند شپشک‌های ریشه نشان دهد که باید در نظریه پردازی این فرضیه، پژوهش‌هایی را در این زمینه در کشور انجام داد.

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 معنی دار 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 آکالولئید لولین که توسط اندوفیت در بخش هوایی گیاهان حاوی اندوفیت تولید می‌شود در ریشه گیاهان حاوی اندوفیت نیز

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 مرغولوژیک و مارکرهای مولکولی. پایان نامه 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 اندوفیت 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. نامه انجمن حشره‌شناسی ایران، ۲۴ (۱): ۱۳۵-۱۳۷.
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, Georgia. 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.

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 staggers-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 hyphomycetes. 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 loliæ*. *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.