آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۷۴، شماره ۲، اسفند ۱۳۸۵

کنترل بیولوژیکی سیاهک سخت جو توسط باکتری‌های آنتاگونیست

Biological control of barley covered smut by bacterial antagonists

حسن رضا اعتباریان*، مهرنوش محمدی‌فر، حسین علیزاده و اصغر زارعی سرابی
گروه گیاهپزشکی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۳، تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۸۵)

چکیده

در یک آزمایش صحرایی، کارایی شش استرین از باکتری *Bacillus* که از مزارع گندم استان‌های مرکزی، گلستان و مازندران و ۱۱ استرین از باکتری فلورسنت از جنس *Pseudomonas* که از مزارع کرج و استان مرکزی جداسازی شده بود برای کنترل بیولوژیک بیماری سیاهک سخت جو (*Ustilago hordei*) با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ تکرار در مزرعه در روی جو رقم کارون در کویر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استرین‌های *Bacillus lichniformis* (B2) و *B. cereus* (B3) بیماری را کاملاً کنترل کردند. درصد آلودگی جو به این بیماری در تیمارهای *Bacillus* sp. (B1)، *B. cereus* (B4)، *B. subtilis* (53) و *B. subtilis* 71 بین ۰/۱۱۹ تا ۰/٦۱۷ متغیر بود و به طور معنی‌داری کمتر از شاهد آلوده بود ($P < 0.01$).

در بین استرین‌های *Pseudomonas* استرین‌های *Pseudomonas fluorescens* bio V (C15)، *P. fluorescens* bio V (E2)، *P. fluorescens* (D11) و *P. fluorescens* bio I (32) با ۰/۱۳ تا ۰/۲۰۷ درصد آلودگی بیشترین اثر را در کنترل بیماری داشتند. سایر استرین‌های *Pseudomonas* مورد آزمایش نیز در کنترل بیماری مؤثر بوده و با شاهد آلوده اختلاف معنی‌دار داشتند.

واژه‌های کلیدی: سیاهک سخت جو، *Bacillus lichniformis*، *Bacillus cereus*، *Bacillus subtilis*، *Pseudomonas fluorescens*، کنترل بیولوژیک، *Ustilago hordei*.

*- Corresponding author: Etebar@chamran.ut.ac.ir

مقدمه

سیاهک سخت جو که عامل آن قارچ *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh می‌باشد در بیشتر مناطقی که جو کاشته می‌شود شایع است (Mathre, 1985). این بیماری در ابتدا در سال ۱۳۲٦ توسط اسفندیاری و سپس توسط پژوهشگران دیگر از سراسر ایران گزارش شد (Ershad, 1995). در بررسی انجام شده، ۳۱/۲۱ درصد از مزارع استان زنجان آلوده به بیماری سیاهک سخت جو بود که میانگین آلودگی ۳/۷۲ درصد برآورد گردید (Moeini, 1995). علامت مشخصه سیاهک سخت جو وجود غشاء نسبتاً پایداری است که تا زمان رسیدن گیاه جوش‌های سیاهک زده را در بر می‌گیرد. خوشه‌های سیاهک زده دیرتر از خوشه‌های سالم ظاهر می‌شوند و در بسیاری از موارد درون غلاف برگ پرچم گرفتار شده و کاملاً خارج نمی‌شوند. سیاهک سخت جو از طریق کاربرد قارچ‌کش‌های محافظتی یا سیستمیک یا کشت ارقام مقاوم کنترل می‌شود (Mathre, 1985). با توجه به اینکه کنترل شیمیایی برای محیط زیست مطلوب نیست از این رو کنترل بیولوژیکی با این بیماری با استفاده از باکتری‌های جنس *Bacillus* و *Pseudomonas* فلورسنت مورد توجه قرار گرفته است. در بررسی‌های Borgen & Davanlou (2000) استرین MA342 از باکتری *P. chloraphis* با غلظت 10^9 در میلی‌لیتر این بیماری را به میزان ۹٦/۲ درصد کنترل نمود. در این بررسی، سوسپانسیون اتوکلاو شده بیماری را به میزان، ۵۸/۱ درصد کنترل نمود. در آزمایش‌های Baker *et al*. (1998) کاربرد شیر بدون چربی، آلودگی به سیاهک پنهان گندم را به میزان ۹٦٪ کاهش داد. مطابق نظر آنها، شیر بدون چربی و آرد گندم باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست خاکزاد نظیر جنس‌های *Bacillus*، *Pseudomonas*، مخمرها و گونه‌های بسیاری از قارچ‌های جنس *Mucor* و *Rhizopus* شده که این مسئله سبب بازدارندگی مستقیم از جوانه‌زنی کلامیدوسپور *Tilletia tritici* گردید. Nielsen *et al*. (1998) با استفاده از پودر شیر به مقدار ۸۰ گرم برای هر کیلوگرم بذر گندم، سیاهک پنهان را تا ۷۵٪ کاهش دادند. در مورد کنترل بیولوژیکی سیاهک سخت جو اطلاعات بسیار کمی در دست است. این گزارش، کارایی چند جدایه *Bacillus* و *Pseudomonas* را در کنترل این بیماری در شرایط مزرعه ارائه می‌دهد.

روش بررسی

الف: اثر باکتری‌های جنس *Bacillus* در کنترل سیاهک سخت جو: سنبله‌های آلوده به سیاهک سخت جو در بهار از مزارع جو ورامین و پاکدشت جمع‌آوری شده و تا اسفند ماه در پاکت‌های کاغذی در دمای اطاق نگهداری شدند. در این بررسی از باکتری‌های *Bacillus* sp. (B1) و *Bacillus lichniformis* (B2) از خاک مزارع استان گلستان، *B. cereus* (B3) و *B. cereus* (HR B4) که از خاک مزارع استان مرکزی (اراک) جدا شده بود و اثر آنتاگونیستی آن‌ها روی قارچ بیمارگر پاخوره غلات در شرایط آزمایشگاه و گلخانه مورد بررسی قرار گرفته بود (Namazifard, 2003) و همچنین از دو استرین *B. subtilis* strain (71) و *B. subtilis* که به ترتیب از سنبله‌های گندم استان مازندران و ریزوسفر گندم جداسازی و اثر آنتاگونیستی آنها روی قارچ *Fusarium graminearum* به اثبات رسیده است استفاده گردید (Norouzian, 2003).

در تیمارهای حاوی *Ustilago hordei* میزان ۰/٤٥ گرم اسپور سیاهک برای ۳ تکرار (٦ گرم در هزار گرم بذر) استفاده شد. اسپورهای قارچ عامل بیماری کاملاً به طور یکنواخت با کربوکسی متیل سلولز یک درصد با بذر مخلوط گردید. قبل از تیمار بذر، بذرها در هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۳ دقیقه کاملاً ضدعفونی و سپس ۳ نوبت در آب مقطر استریل شستشو شدند.

برای تهیه سوسپانسیون باکتری از کشت ٤٨ ساعته باکتری روی محیط کشت NA استفاده شد. بدین ترتیب که چند میلی‌لیتر آب مقطر استریل در تشتک پتری کشت باکتری اضافه و سوسپانسیون غلیظی از باکتری تهیه گردید سپس با اسپکتروفتومتر با طول موج ٦٢٠ نانومتر (OD = 1) از سوسپانسیون باکتری، غلظت 10^9 به دست آمد. برای چسبندگی سطح بذر جو، بذرها به کربوکسی متیل سلولز یک درصد آغشته و آنگاه در سوسپانسیون ٢٤ ساعته باکتری با غلظت 10^9 به میزان ۱۰ میلی‌لیتر در ۲۵ گرم بذر خیسانده شد (Janisiemicz & Marchi, 1992).

در این بررسی بذر رقم کارون در کویر، از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شد. بررسی بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ١٤ تیمار در ۳ تکرار انجام شد که ابعاد هر کرت ۱×۱ متر بود و در هر یک ۲۵ گرم بذر کاشته شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر

درنظر گرفته شد. تیمارهای مورد آزمایش عبارت بودند از:

B. subtilis ،*B. cereus* (HR B4) ،*B. cerens* (B3) ،*B. lichniformis* (B2) ،*Bacillus* sp (B1) (71)، *B. subtilis* (53)، شاهد سالم و شاهد آلوده و ٦ تکرار تیمار دیگر این آزمایش، استرین‌های فوق + عامل بیماری بود که جمعاً در این آزمایش ١٤ تیمار مورد بررسی قرار گرفت (جدول ١). تاریخ کاشت ٢٧ اسفند ماه ٨١ بود و بذر در روز کاشت با آنتاگونیست و عامل بیماری مخلوط گردید. برای هر کرت میزان ٣ کیلوگرم کود دامی قبل از کاشت استفاده شد. در خرداد ماه سنبله‌های جو کلیه کرت‌ها به طور جداگانه برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. کلیه سنبله‌های هر کرت و همچنین سنبله‌های آلوده به بیماری در هر کرت شمارش و درصد آلودگی به بیماری تعیین گردید.

ب- اثر باکتری‌های جنس *Pseudomonas* در کنترل بیماری سیاهک سخت: در این بررسی از استرین‌های *P. fluorescens* (F25)، استرین‌های *P. fluorescens* bioIII (F8) که از خاک مزارع گندم اراک، *P. fluorescens* bioV (D23)، *P. fluorescens* sp. (D10)، *P. fluorescens* bioIII (D14)، *Pseudomonas* sp. (D11) و *P. fluorescens* bioIII (D22) که از خاک مزارع گندم کرج و همچنین *P. fluorescens* bioV (E2) که از خاک مزارع گندم اراک و *P. fluorescens* bioIII (C21) و *P. fluorescens* bioIII (C15) که از خاک مزارع گندم پاکدشت جداسازی و اثر آنتاگونیستی آن‌ها روی قارچ *Tilletia laevis* عامل سیاهک پنهان گندم، در شرایط آزمایشگاه و گلخانه به اثبات رسیده بود (Khodayegan, 2003)، استفاده شد. ضمناً از *P. fluorescens* bioI (32) که از سنبله‌های گندم مزارع استان مازندران جداسازی و اثر آنتاگونیستی آن روی *Fusarium graminearum* با روش کشت متقابل و سلوفان در آزمایشگاه و اثر آنها روی فوزاریوز سنبله گندم در گلخانه به اثبات رسیده بود استفاده شد (Norouzian, 2003). کلیه مراحل آزمایش شبیه آزمایش قبلی بود اما ٢٤ تیمار در این بررسی مورد آزمایش قرار گرفت که ١١ تیمار آن باکتری‌های جنس *Pseudomonas* بود که به تنهایی با بذر مخلوط گردید و ١١ تیمار دیگر باکتری‌های آنتاگونیست + اسپور قارچ عامل بیماری بود. ضمناً یک تیمار شاهد آلوده و یک تیمار شاهد سالم نیز در نظر گرفته شد (جدول ٤).

آنالیز آماری: برای اجرای آزمایش‌ها از طرح بلوک‌های تصادفی استفاده شد. با توجه به

اینکـه در بـسیاری از کـرت‌هـا آلـودگی صـفر بـود بـرای رعایـت اصـل یکنـواختی داده‌هـا، درصدهای بدست آمده با استفاده از فرمول $y = \sqrt{X + 0.5}$ تبدیل گردیدند که در این فرمول x، درصـد آلـودگی بـه بیمـاری مـی‌باشـد. میـانگین‌هـا بـا آزمـون دانکـن مقایـسه شـدند (Little & Hills, 1978).

نتیجه و بحث

الف- اثر باکتری‌های جنس *Bacillus* در کنترل سیاهک سخت جو: همـان‌طـوری‌کـه از جدول ۱ استنباط می‌شود به احتمال ۹۹ درصد بین تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میانگین مربوط به تیمارها در جـدول شـماره ۲ مقایـسه شـده‌انـد و همـان‌طـوری که در این جدول نشان داده شده اسـت درصـد آلـودگی در تیمارهـای *B. lichniformis* (B2) و همچنین *B. cereus* (B3) به همراه اسپورهای سـیاهک سـخت صـفر بـود. در مـورد تیمارهـای *B. subtilis* (71) + *U. hordei* و *B. cereus* HRB4 + *U. hordei* درصد آلودگی به ترتیـب ۰/۱۹۳ و ۰/۲۵۷ بود و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت.

ب- اثر باکتری‌های جنس *Pseudomonas* در کنترل سیاهک سـخت: جـدول شـماره ۳ تجزیه واریانس اعداد مربوط به اثر باکتری‌های جنس *Pseudomonas* در کنترل بیماری را نـشان می‌دهد. همان‌طوری‌که در جدول ٤ ملاحظـه مـی‌شـود بـاکتری‌هـای *P. fluorescens* bioI (32)، *P. fluorescens* (D11)، *P. fluorescens* bioV (E2) و *P. fluorescens* bioV (C15) بیشترین اثر را در کنترل بیماری داشته‌اند و درصد آلودگی به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۱۳، ۰/۱۷۷ و ۰/۲۰۷ درصـد بـوده است. همه باکتری‌های جنس *Pseudomonas* در کنترل بیماری مؤثر بـوده و بـا شـاهد اخـتلاف معنی‌دار داشتند.

همان‌طـوری‌کـه در جـدول ۲ ملاحظـه مـی‌شـود همـه اسـترین‌هـای *Bacillus* در کنتـرل بیماری مؤثر بوده‌انـد و بخـصوص *B. lichniformis* (B3) و *B.cerens* (B3) توانـستند بیمـاری را کاملاً کنترل نمایند. استرین‌هـای فـوق از مـزارع گنـدم آلـوده بـه پـاخوره غـلات جداسـازی شده بودنـد. اسـترین *B. lichniformis* B2 توانـسته اسـت در کـشت متقابـل ۷۷/۷۱، در تـست سلوفان بین ۸۵ تا ۹۰ درصد و در روش تولید مواد فرار بین ۳۱ تـا ۷۹ درصـد از رشـد قـارچ

Gaeumanomyces graminis var. *tritici* جلوگیری کند و ضمناً در کاهش شدت آلودگی ریشه (۱/۱۳ از درجه بندی ۵-۰) مؤثر بوده است (Namazifard, 2003).

استرین *B. cereus* (B3) در کشت متقابل ۹۷ درصد، در کشت سلوفان ۹۸ درصد و مواد فرار بین ٤٨ تا ٥٤ درصد توانسته است از رشد قارچ عامل بیماری پاخوره غلات جلوگیری کند و همچنین در کاهش شدت آلودگی ریشه (۰/۷ تا ۰/۹ از درجه بندی ۵-۰) مؤثر بوده است (Namazifard, 2003). برخی از استرین‌های باکتری *B. cereus* توانسته است به میزان ٧٦/٥ درصد در کاهش جوانه زنی تلیوسپورهای *Tilletia laevis* مؤثر باشد (Khodayegan, 2003). تحقیقات انجام شده در این بررسی نشان داد که استرین‌های *B. subtilis* نیز می‌توانند در کنترل سیاهک سخت جو مؤثر باشد. استرین‌های ۷۱ و ۵۳ باکتری *B. subtilis* مورد آزمایش از مزارع گندم استان گلستان و مازندران جداسازی شد و اثر آنها در کاهش رشد قارچ *Fusarium graminearum* در آزمایشگاه و جلوگیری از آلودگی گندم به بیماری سفید شدن فوزاریومی سنبله در گلخانه به اثبات رسیده است (Norouzian, 2003).

جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به اثر باکتری‌های جنس *Bacillus* در کنترل سیاهک سخت جو

Table 1- Analysis of variance of the effect of *Bacillus* strains on the control of barley covered smut

منبع تغییرات Source of variance	درجات آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	F
بلوک Block	2	0.0016704	0.0008352	0.2784
تیمار Treatment	13	0.756	0.58	264.62 **
اشتباه آزمایشی Error	26	0.006	0.0003	-
جمع Total	71	0.762		

** = $P \leq 0.001$ Cv = 1.86

جدول ۲- اثر باکتری‌های جنس *Bacillus* در کنترل بیماری سیاهک سخت جو (*Ustilago hordei*)

Table 2- Effect of *Bacillu*s strains on the control of barley covered smut

Treatments تیمار	**% Infected spike** درصد آلودگی سنبله‌ها
Healthy control (شاهد سالم)	0 f
Bacillus sp. (B1)	0 f
B. lichniformis (B2)	0 f
B. cereus (B3)	0 f
B. cereus (HRB4)	0 f
B. subtilis (71)	0 f
B. subtilis (53)	0 f
Pathogen control (شاهد آلوده)	0.7 a
Bacillus sp. (B1) + *U. hordei*	0.357 c
B. lichniformis (B2) + *U. hordei*	0 f
B. cereus (B3) + *U. hordei*	0 f
B. cereus (HRB4) + *U. hordei*	0.257 d
B. subtilis (71) + *U. hordei*	0.193 e
B. subtilis (53) + *U. hordei*	0.617 b

اعداد جدول، میانگین ۳ تکرار هستند.

میانگین‌هایی که با حروف مختلف نشان داده شده‌اند با آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار داشته‌اند ($p < 0.01$). قبل از آنالیز آماری درصدها با استفاده از فرمول $\sqrt{x + 0.5}$ تبدیل شده‌اند.

Data are means of three replicates. Numbers within column followed by a common letter are not significantly different at $p < 0.01$ according to Duncan's Multiple Range Test. Data were subjected to square root transformation before analysis.

جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به اثر باکتری‌های جنس *Pseudomonas* در کنترل سیاهک سخت جو

Table 3- Analysis of variance of the effect of *Pseumdomonas* strains on the control of barley covered smut

منبع تغییرات **Source of variance**	درجات آزادی **df**	مجموع مربعات **SS**	میانگین مربعات **MS**	**F**
بلوک Block	2	0.003	0.001	0.5888
تیمار Treatment	23	1.169	0.051	22.2427 **
اشتباه آزمایشی Error	46	0.105	0.002	-
جمع Total	71	1.277	CV = 5.56	

** = $p < 0.001$ CV = 5.56

Kollmorgen (1976) دریافت که گونه‌های *Bacillus* باعث کاهش شیوع سیاهک پنهان در شرایط مزرعه می‌شوند و علاوه بر آن Kollmorgen & Jones (1975) به اثر *Bacillus* در کاهش قابل ملاحظه درصد جوانه‌زنی تلیوسپورهای سیاهک پنهان گندم اشاره نمودند. Lazzaretti *et al*. (1994) نیز در آزمایش‌های خود اثر چهار استرین *B. subtilis* را در جلوگیری از رشد میسلیومی *Septoria nodorum* و *F. graminearum* مورد مطالعه قرار دادند و عنوان نمودند که استرین‌هایی از این باکتری به میزان ۸۳ درصد از رشد میسلیوم این قارچ‌ها جلوگیری به عمل آوردند. بر اساس مطالعات صورت گرفته مشخص گردید که باکتری *B. cereus* نیز به دلیل تولید آنتی بیوتیک‌هایی نظیر اکسی باسیلین (Oxybacillin) و کانوزامین (Kanozamine) قادر به جلوگیری از فعالیت قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی است. بررسی Killian *et al*. (2000) مشخص نمودند که *B. subtilis* در محیط مایع آنتی بیوتیک باسیلیسین (Basilisin) تولید می‌کند. همچنین لیپو پلی ساکاریدی به نام اتیورین نیز توسط این باکتری تولید می‌گردد که در مقادیر کم علیه قارچ‌های بیماریزا مؤثر بوده و همانند قارچ‌کش‌ها عمل می‌نماید.

جدول ٤- اثر باکتری‌های جنس *Pseudomonas* در کنترل بیماری سیاهک سخت جو (*Ustilago hordei*)

Table 4- Effect of *Pseudomonas* strains on the control of barley covered smut

Treatments **تیمارها**	**% infected spike** **درصد آلودگی سنبله‌ها**
P. fluorescens bioV (C15)	0f
P. fluorescens bioIII (F8)	0f
P. fluorescens (F25)	0f
P. fluorescens (D10)	0f
P. fluorescens bioV (E2)	0f
P. fluorescens bioV (D23)	0f
P. fluorescens (D11)	0f
P. fluorescens bioIII (D22)	0f
P. fluorescens bioIII (D14)	0f
P. fluorescens bioIII (C21)	0f
P. fluorescens bioI (32)	0f
Pathogen control (شاهد آلوده)	0.817 a
P. fluorescens bioV(C15) +*U. hordei*	0.207
*P. fluorescens bioIII(*F8) + *U. hordei*	0.47 bc
P. fluorescens (F25) + *U. hordei*	0.367 bc
P. fluorescens (D10) + *U. hordei*	0.467 bc
P. fluorescens bioV (E2)	0.177 d
P. fluorescens bioV(D23) + *U. hordei*	0.357 bc
P. fluorescens (D11) + *U. hordei*	0.133 d
P. fluorescens bioIII(D22) + *U. hordei*	0.34 c
P. fluorescens bioIII (D14) + *U. hordei*	0.38 bc
P. fluorescens bioIII (C21) + *U. hordei*	0.51 b
P. fluorescens bioI(32) + *U. hordei*	0.18 d

اعداد جدول میانگین ۳ تکرار هستند.

میانگین‌هایی که با حروف مختلف نشان داده شده‌اند با آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار داشته‌انـد ($p < 0.01$). قبل از آنالیز آماری درصدها با استفاده از فرمول $\sqrt{x + 0.5}$ تبدیل شده‌اند.

Data are means of three replicates. Numbers within column followed by a common letter are not significantly different at $p < 0.01$ according to Duncan's Multiple Range Test. Data were subjected to square root transformation before analysis.

بررسی‌های انجام شده نشان داد که استرین‌های باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens* نیز در کنترل سیاهک سخت جو مؤثر بوده‌اند (جدول ٤). درصد آلودگی به سیاهک سخت در تیمارهایی که استرین‌های فوق به کار رفته بود بین ۰/۱۳ درصد تا ۰/۵۱ درصد متغیر بود و با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت کلیه استرین‌های مورد آزمایش در این بررسی به جز *P. fluorescence* BioV (32) که از سنبله‌های گندم جدا شده بود (Norouzian, 2003) از خاک مزارع گندم جدا شده بودند. باکتری‌های مورد آزمایش در این بررسی علیه سیاهک پنهان گندم (*Tilletia laevis*) مورد آزمایش قرار گرفته است و نتایج نشان داد که متابولیت‌های مترشحه برخی از استرین‌ها توانایی کاهش درصد جوانه‌زنی تلیوسپورها را داشته‌اند و همچنین برخی از آنها با تولید مواد فرار ممانعت کننده و تولید سیدروفور دارای خواص بازدارندگی از رشد قارچ عامل پنهان گندم را دارا بوده‌اند (Khodayegan, 2003). جنس *Pseudomonas* یکی از مناسب‌ترین میکروفلورهای هوازی ریزوسفر بسیاری از گیاهان می‌باشد. استرین‌های مختلف آن با تولید هورمون‌های مختلف، فراهم نمودن عناصر غذایی و کلونیزه کردن ریشه سبب افزایش معنی‌داری در رشد و محصول گیاه می‌گردند (Gill & Warren, 1988). همچنین طیف وسیع متابولیت‌های تولید شده توسط آنها که بعضی فعالیت آنتی‌بیوتیکی دارند (Bakker *et al*., 1991) و بقای خوب ریزوسفری و در نهایت فعالیت آنها در جهت تحریک مقاومت گیاه باعث شده است که از آنها به عنوان مهم‌ترین جنس‌های آنتاگونیست یاد شود (Rabindran & Vidhyasekaran, 1996; Parks *et al*., 1991).

Austin *et al*. (1977) نشان دادند که *P. fluorescens* روی برگ‌های *Lolium* سبب کاهش جوانه‌زنی اسپور و ممانعت از رشد لوله جوانه و لیز شدن هیف *Drechslera dictyoides* می‌گردد. بطورکلی *P. fluorescens* صفت کنترل‌کنندگی خود را از طریق مکانیسم‌هایی نظیر تحریک رشد گیاهان از طریق افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی، تثبیت مواد معدنی، تثبیت نیتروژن، تولید تحریک کننده‌های رشد گیاهی، رقابت بسترهای غذایی، تولید سیدروفور، تولید آنتی‌بیوتیک‌های نظیر سیانید هیدروژن، Phenazin-T-Carboxamide، Pyrrolnitrin، Pyouluterin و آنزیم‌ها که نهایتاً منجر به کاهش جمعیت بیمارگرهای ریزوسفر می‌گردد و القاء مقاومت به گیاهان اعمال می‌دارد (Howell & Stipanovic, 1979; Gupta *et al*., 2001; Woeng *et al*., 2000). از

آنجایی‌که تلیوسپورهای قارچ *Ustilago hordei* روی سطح بذرها و داخل شیارهای آنها جمع می‌شوند و یا روی سطح خاک می‌افتند و همزمان با جوانه‌زنی بذر، آنها نیز جوانه می‌زنند آلودگی از راه کولئوپتیل رخ می‌دهد و میسلیوم در بافت میزبان پیشروی می‌کند (Mathre, 1985). بنابراین پنجره زمانی میزبان و عامل بیماری بسیار کوچک است و با ممانعت از جوانه‌زنی تلیوسپورهای قارچ و جلوگیری از نفوذ آنها به درون گیاه می‌توان به آسانی بیماری را کنترل نمود. بنابراین اگر بستر مناسب برای آنتاگونسیت‌های فوق فراهم شود و تکثیر و رشد باکتری‌ها تحریک گردد به راحتی می‌توان سیاهک سخت جو را با کاربرد آنها کنترل نمود. Baker *et al.* (1998) با کاربرد شیر بدون چربی و آرد گندم باعث افزایش میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست خاکزاد نظیر جنس‌های *Bacillus* و *Pseudomonas* و مخمرها شدند که افزایش این میکروارگانیسم‌ها سبب بازدارندگی مستقیم از جوانه‌زنی کلامیدوسپور *T. tritici* گردیدند. بنابراین با تحقیقات بیشتر و در صورت فرمولاسیون مناسب و کاربرد مخلوط آنتاگونیست‌های مورد بررسی می‌توان سیاهک سخت جو، سیاهک پنهان گندم و پاخوره غلات را کنترل نمود.

نشانی نگارندگان: حسن رضا اعتباریان، مهرنوش محمدی‌فر، حسین علیزاده و اصغر زارعی سرابی، گروه گیاهپزشکی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، صندوق پستی ۱۱۳٦٥/٤۱۱۷، تهران، پاکدشت، ایران.