Archive of SID

بیماریهای گیاهی، جلد ۴۲، ۱۳۸۵

مدلهای پاسخ برای بررسی نرخ جوانه‌زنی ماکروکنیدیهای *Fusarium graminearum* در دماهای مختلف*

Response models for macroconidium germination of *Fusarium graminearum* as influenced by temperature

ناصر صفایی، فاختک طلیعی و عزیزاله علیزاده**

گروه بیماری شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

دریافت ۱۳۸۳/۶/۲ پذیرش ۱۳۸۵/۳/۱۶

مقدمه

در این بررسی اثر دما بر نرخ و روند جوانه‌زنی ماکروکنیدیهای جدایه‌های مختلف قارچ *Fusarium graminearum* عامل بلایت فوزاریومی سنبله گندم در محیط آب-آگار بررسی و مدل مناسب برای توصیف این پدیده ارائه گردیده است. روند جوانه‌زنی با استفاده از ۱۲ مدل بررسی شد. ساده‌ترین مدل، مدل خطی با تبدیل لگاریتمی درصد جوانه‌زنی با معادله $Log(g)= Log(g_0) +r_gt$ بود که در آن g درصد اسپورهای جوانه زده، t زمان و g_0 سطح اولیه جوانه‌زنی (y-intercept) و r_g نرخ جوانه‌زنی اسپورها می‌باشد و این مدل جهت بررسی رابطه پاسخ جوانه‌زنی در مقابل زمان انتخاب شد. پارامترهای مدل مذکور با استفاده از روش

* بخشی از پروژه ملی بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم و راههای کنترل آن و قسمتی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم ارائه شده به دانشگاه تربیت مدرس

** مسئول مکاتبه

www.SID.ir

Archive of SID

رگرسیون خطی برآورد گردید. بدین‌ترتیب برای هر سطح دما، نرخ جوانه‌زنی (r_g) برآورد شد. نرخ جوانه‌زنی (r_g) در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد به ترتیب ۰/۰۸۲، ۰/۰۹٤، ۰/۰۹۵، ۰/۰۵۹، ۰/۰۳۵ و ۰/۰۳۵ برآورد گردید. مقدار(R^2) برای این مدل‌ها به‌ترتیب برابر ٤٤/۳۱، ۵۲/٤۲، ۵٦/۲۹، ٤۵/۱۷، ٤٤/۸۲ و ٤۰/۲۲ برآورد شد. برای محاسبه رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و دما، متغیر نرخ جوانه‌زنی (r_g) به عنوان متغیر وابسته و دما (T) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. بررسی مدل‌های مختلف با استفاده از آنالیز رگرسیون نشان داد که رابطه درجه دو بین دو متغیر مذکور وجود دارد. از مدلهای $r_g=b_0+b_1T+b_2T^2$ و $r_g= b_0+b_1T+b_2T^2+b_3(T-15)+b_4(T-15)^2$ در بررسی رابطه این دو متغیر استفاده شد و پارامترهای آنها با استفاده از روش پلی نومیال و رگرسیون غیر خطی برآورد گردید. براین اساس در مدل پلی نومیال پارامترهای b0 ، b1 و b2 به ترتیب ۰۸۵ /۰، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱- محاسبه شدند. در مورد مدل غیرخطی پارامترهای b0، b1، b2، b3 و b4 به‌ترتیب ۷/۳۰۸- ، ۰/۵۳۰-، ۰/۰٦۸، ۱/۵۱۸- و ۰/۰٦۸- برآورد شد. ضریب تبیین برای مدل پلی‌نومیال ۸۲/٦۱ و برای مدل غیرخطی ۸۲/٦۰ درصد محاسبه گردید. بررسی نکویی برازش مدل‌ها نشان داد که با توجه به ضریب تبیین و همچنین آماره Durbin-Watson که در هر دو مورد نزدیک به ۲ بود، این مدلها روند جوانه‌زنی را به خوبی توجیه می‌نمایند و مقایسه نمودار مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده نیز موید همین حقیقت است. این اولین مطالعه در مورد مدل‌سازی برای پیش بینی نرخ جوانه‌زنی نسبت به دما در مورد این گونه می‌باشد.

کلید واژه: بلایت فوزاریومی، نرخ جوانه‌زنی، مدل پاسخ، *Fusarium graminearum*

مقدمه

بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم (FHB) که بوسیله قارچ *Fusarium graminearum* ایجاد می‌گردد، یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم است که اثرات مخربی بر محصول گندم در اکثر مناطق کشت آن در سراسر جهان وارد می‌آورد (Parry *et al.* 1995). در سال‌های اخیر اپیدمی‌های شدید این بیماری منجر به افت شدید محصول ناشی از کاهش مستقیم عملکرد و آلودگی بذور به مایکوتوکسینها شده است (Mc Mullen *et al.* 1997). اقدامات مدیریتی جهت

www.SID.ir

Archive of SID

کنترل این بیماری، شامل استفاده از ارقام مقاوم، تناوب محصول، شخم به‌منظور تخریب بقایای گیاهی و نیز کاربرد قارچ‌کش‌هاست. اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که هیچ‌یک از این روش‌ها اثر مطلوبی در کنترل بیماری نداشته‌اند (Parry *et al.* 1995, Bai & Shaner 1994). بنابراین مدیریت موفق بیماری نیازمند استفاده از استراتژی‌های متعددی است و توسعه یک سیستم پیش‌آگاهی کارآمد، توانایی تولیدکنندگان را در پیش‌بینی بیماری و تعیین زمان مناسب کاربرد عوامل کنترل شیمیایی و بیولوژیکی افزایش خواهد داد (De Wolf *et al.* 1999).

مدل‌های پیش‌آگاهی متعددی جهت پیش‌بینی بیماری با استفاده از اطلاعات هواشناسی، برای بیماری بلایت سنبله توسعه داده شده‌اند (Moschini & Fortugno 1996, Lipps *et al.* 2001, De Wolf *et al.* 2003). این مدل‌ها هم‌چنین بهترین زمان سم‌پاشی را برای کنترل موثر بیماری در مناطق مورد نظر، بر مبنای شرایط آب و هوایی تعیین می‌نمایند. بنابراین اطلاع از اثر عوامل میکروکلیمایی بر چرخه بیماری، یکی از عناصر کلیدی در توسعه مدل‌های پیش‌آگاهی بر مبنای آب و هواست. بررسی اثر عوامل میکروکلیمایی بر بخشهای مختلف چرخه پاتوژن از جمله تاثیر دما و رطوبت بر روی نرخ جوانه‌زنی اسپورها و ارائه مدلهایی برای پیش‌بینی آن در مورد برخی از بیمارگرهای قارچی گیاهان از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

مدل‌های مختلفی برای توصیف جوانه‌زنی اسپورهای قارچ‌های مختلف ارائه شده است. *واگونر و پرلانج* در سال ۱۹۷٤ مدلی برای جوانه‌زنی اسپورهای *Alternaria solani* ارائه نمودند که از probit جهت مدل‌سازی اثر زمان و دما بر جوانه‌زنی استفاده کرد (Waggoner & Perlange 1974). هم‌چنین دانشمندان مختلف از مدل ریچاردز برای مدل‌سازی جوانه‌زنی اسپورها استفاده نموده‌اند. *پاینده و* والاس (Payandeh & Wallace 1980) یک فرم غیر خطی چند شکلی از تابع رشدی ریچاردز را برای بررسی اثر دما و زمان بر جوانه‌زنی اسپورهای *Gymnosporangium juniperi-virginiae* ارائه نمودند. هم‌چنین با استفاده از سری معادلاتی بر مبنای این مدل جوانه‌زنی یوریدوسپورهای *Uromyces phaseoli* بخوبی قابل توصیف است (Imhoff *et al.* 1981). از ترکیب این مدل با مدل آنالیتیس برای توصیف اثر توأم

www.SID.ir

Archive of SID

دما و زمان بر جوانه‌زنی کنیدی‌های *Monilinia laxa* استفاده شده است (Tamm & Fluckiger 1993). مدل ویبول نیز برای توصیف جوانه‌زنی اسپورهای قارچ‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. ارتباط دما با درصد جوانه‌زنی اسپورهای قارچ *Mycosphaerella fragariae* بوسیله این مدل بررسی شده است (Cariss *et al.* 2000). بعلاوه میلر و همکاران، جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ عامل سفیدک پودری توت‌فرنگی *Sphaerotheca macularis* f. sp. fragariae را با استفاده از مدل ویبول توصیف نموده‌اند (Miller *et al.* 2003). هم‌چنین اشکال مختلف این مدل برای بررسی اثر ترکیبی دما و طول دوره وجود رطوبت آزاد بر پاسخ پاتوژن‌های برگی به‌کار گرفته شده است (Duthie 1997). تاثیر عوامل مختلف محیطی از جمله دما، رطوبت نسبی، اسیدیته و دسترسی به یک منبع هیدروکربن در *Fusarium graminearum* بر روی نرخ جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفته است (Beryer *et al.* 2004).

این پژوهش بمنظور بررسی اثر زمان و دما بر روند جوانه‌زنی اسپورها در شرایط آزمایشگاهی و توسعه مدلهایی برای پیش‌بینی نرخ جوانه‌زنی برای اولین بار در این گونه مهم بیمارگر طراحی و اجرا شده‌است. هم‌چنین مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی پاسخ جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ نسبت به دما ارزیابی شده‌اند.

روش بررسی

بمنظور بررسی سرعت جوانه‌زنی ماکروکنیدی‌های قارچ، ابتدا سوسپانسیون اسپور جدایه‌های تایید شده آن (Safaie *et al.* 2005) F-16، F-58، F-78، F-79 و F-80 به روش وگنر و بصورت زیر تهیه‌گردید (*ملیحی‌پور* و همکاران، ۱۳۷۹). در ارلن‌های ۲۵۰ میلی لیتری ۵ گرم کاه خرد شده ریخته و ۱۲۵ سی‌سی آب به آن اضافه گردید. مخلوط آب و کاه دوبار و با فاصله ٢٤ ساعت و هر بار ۳۰ دقیقه در اتوکلاو – دمای ۱۲۱°c و فشار ۱۵ psi ـ استریل شد. سپس قطعاتی از قارچ که بر روی محیط PDA رشد کرده بود به آب و کاه اضافه گردیده و ارلن‌ها بر روی شیکر دورانی با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه، در دمای ۲۵°c قرار گرفت. پس از

www.SID.ir

Archive of SID

گذشت ٦ – ٥ روز سوسپانسیونی از ماکروکنیدی‌های قارچ بر روی آب و کاه تولید شد، که پس از صاف کردن و تعیین غلظت (10^5 اسپور در میلی‌لیتر)مورد استفاده قرار گرفت. از هر سوسپانسیون ۱۰ میلی‌لیتر روی محیط آب-آگار ریخته و بصورت یکنواخت در سطح محیط پخش گردید. سپس پتری‌ها در انکوباتورهایی با دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

سپس درصد اسپورهای جوانه‌زده در فواصل زمانی دو ساعته زیر میکروسکوپ بررسی شد. بدین ترتیب که ابتدا سطح هر پتری به چهار قسمت تقسیم شده سپس در هر ربع، دو فیلد بتصادف انتخاب شده و درصد کنیدی‌های جوانه‌زده در آن یادداشت گردید. در این آزمایش هر اسپوری که حداقل یک جوانه با طولی برابر عرض ماکروکنیدی‌ها، در یکی از سلول‌های آن ظاهر شده بود، بعنوان اسپور جوانه زده در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها در ساعت هشتم خاتمه یافت. نتایج حاصل جهت تعیین رابطه بین نرخ جوانه‌زنی و دما با استفاده از نرم‌افزار Statgraphics 3 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتیجه

اثر دما بر میزان و نرخ جوانه‌زنی کنیدی‌های جدایه‌های مختلف قارچ *F. graminearum* در محیط آب–آگار مورد بررسی قرارگرفت. بررسی‌ها نشان داده است که جوانه‌زنی اسپورها در سطح لام نیز رخ می‌دهد، اما نرخ جوانه‌زنی روی لام به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از W.A است که علت آن نامساعد بودن شرایط اسمزی و یا فاکتورهای غذایی مورد نیاز است (Elliot 1988). لذا در این آزمایشات نیز از محیط W.A استفاده گردید. همچنین از آن‌جایی که در شرایط in vitro جوانه‌زنی به رطوبت نزدیک اشباع نیاز دارد، تنها اثر دما (بر جوانه‌زنی) طی زمان مورد بررسی قرار گرفت (Miller *et al.* 2003).

نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که جوانه‌زنی اسپور در کلیه جدایه‌ها در دو ساعت اول آزمایش، در تمامی دماهای مورد نظر به استثنا دمای ۱۰ درجه، آغاز شده و با سرعت‌های متفاوتی افزایش می‌یابد. شروع جوانه‌زنی در جدایه‌ها در دمای ۱۰ درجه و از ساعت ششم

www.SID.ir

Archive of SID

آغاز می‌شود. هم‌چنین میزان جوانه‌زنی در تمامی جدایه‌ها، در دمای ۲۵ و۳۰ درجه، پس از شش ساعت به حداکثر مقدار خود می‌رسد. این نتایج نشان می‌دهد که جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ از دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد آغاز شده و با افزایش دما شدیدا افزایش می‌یابد به طوری که در برخی جدایه‌ها در دمای ۲۵ºc بعد از شش ساعت به ماکزیمم مقدار خود (۱۰۰٪) می‌رسد. این افزایش تا دمای ۳۰ºc نیز ادامه می‌یابد (شکل a–۱). براساس این تحقیق دمای ۲۵–۲۰ درجه سانتیگراد را می‌توان بعنوان دمای اپتیمم برای جوانه‌زنی در نظر گرفت.

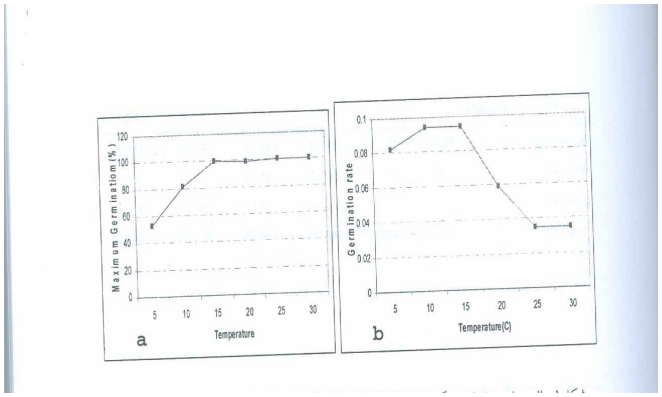
براساس فرضیات فوق مدل‌های مختلفی برای بررسی جوانه‌زنی کنیدی‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. جدول۱ انواع مدل‌های به‌کار رفته و R^2 محاسبه شده برای آنها را در دماهای مختلف نشان می‌دهد. براساس این جدول چهار مدل اول (Logarithmic-X،Reciprocal-X ، Squar root-X و Linear) در همه دماها با داده‌ها برازش دارند. لذا میانگین R^2 برای مجموع دماها، برای هر مدل محاسبه گردید. نتیجه نشان می‌دهد که میانگین R^2 این چهار مدل نیز تقریبا مشابه است. لذا از بین این مدل‌ها، مدل خطی بدلیل سهولت و سادگی بیشتر و نیز بدلیل این‌که نرخ جوانه‌زنی را در تمامی دماها بخوبی توجیه می‌کند، مورد استفاده قرار گرفت. معادله آن به شرح زیر است:

$$\log(g) = \log(g_0) + r_g t \qquad (۱)$$

که در آن g نسبت اسپورهای جوانه زده در زمان t ، g_0 سطح اولیه جوانه‌زنی (y-intercept) و r نرخ جوانه‌زنی اسپورهاست که جهت بررسی رابطه پاسخ جوانه‌زنی در مقابل زمان انتخاب می‌شود. این مدل برآوردی از نرخ جوانه‌زنی اسپورها در هر دما ارائه می‌دهد. مدل خطی فوق با استفاده از روش رگرسیون‌خطی با داده‌ها برازش. داده شد و برای هر سطح دما مدل جداگانه‌ای ارائه گردید. پارامترهای محاسبه شده مدل و نیز R^2 این مدل برای دماهای مورد بررسی در جدول۲ آمده است. شکل ۲ اثر دما بر نرخ جوانه‌زنی کنیدی‌ها در پنج دمای مورد بررسی نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- اثر دما بر مقدار میانگین ماکزیمم جوانه‌زنی(a) و میانگین نرخ رشد (b) در جدایه‌های مورد بررسی قارچ *Fusarium graminearum*.

Fig. 1. The effect of temperature on the mean of maximum germination (a) and mean of germination rate (b) of *Fusarium graminearum* isolates.

جدول ۱- مقدار R^2 محاسبه شده برای مدل‌های مختلف برازش شده مربوط به جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ *Fusarium graminearum* در دماهای مختلف

Table 1. Coefficient of determination estimates for several models relating conidial germination of *Fusarium graminearum* for different temperatures

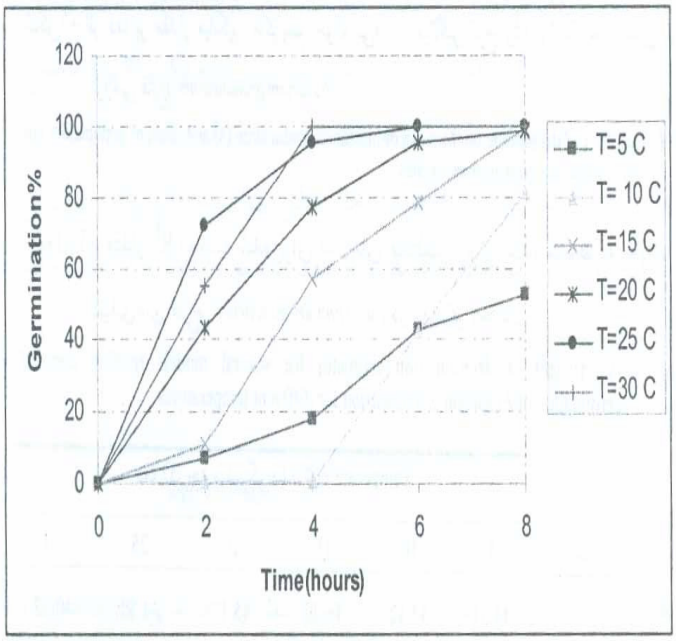
	Temperature(ºC) دما (درجه سانتیگراد)					
Model مدل	5	10	15	20	25	30
Linear	44.31	52.42	56.29	45.17	44.82	40.22
Square root-X	45.34	51.15	58.34	48.33	49.04	46.45
Logarithmic-X *a*	45.43	48.69	59.12	50.43 *b*	52.46	52.39
Reciprocal-X	42.72	40.82	56.40	50.35	56.01	61.34
Double reciprocal	43.96	43.18	51.83	37.14	49.60	47.38
Reciprocal-Y	41.61	50.09	47.30	30.17	39.17	31.06
Exponential	43.57	51.62	52.39	38.97	42.15	36.08
Multiplicative	45.66	49.08	56.26	44.47	49.50	47.00

www.SID.ir

Archive of SID

Table 1. (continued) جدول ۱- (ادامه)

Square root-Y	44.8	52.11	54.50	42.41	43.52	38.25
S-curve	43.92	42.23	54.84	45.44	53.01	55.03
Logistic	<no fit>	<no fit>	<no fit>	<no fit>	<no fit>	<no fit>
Log probit	<no fit>	<no fit>	<no fit>	<no fit>	<no fit>	<no fit>



شکل ۲- مقایسه اثر تیمارهای دمایی مختلف بر مقدار میانگین جوانه‌زنی کنیدی‌های جدایه‌های مورد بررسی قارچ *Fusarium graminearum*.

Fig. 2. The influence of different temperatures on mean conidiospore germination of tested isolates of *Fusarium graminearum.*

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج نشان می‌دهد که این مدل واکنش جوانه‌زنی را در دمای ۲۵-۱۵ درجه بخوبی توجیه می‌نماید. بررسی پلات باقی‌مانده‌ها نیز نشان می‌دهد که در مورد باقی‌مانده‌ها نیز الگوی خاصی مشاهده نمی‌شود.

به‌منظور آشکار شدن اثر دما بر نرخ جوانه‌زنی، پارامتر نرخ بعنوان تابعی از دما مورد آنالیز قرار گرفت. از مدل پلی‌نومیال جزئی برای بررسی اثر دما بر نرخ جوانه‌زنی استفاده شد. مدل به شرح زیر است:

(۲) $$r_g = b_0+b_1T+b_2T^2 \qquad (\text{for } T\leq 15)$$

(۳) $$r_g = b_0+b_1T+b_2T^2+b_3(T-15)+b_4(T-15)^2 \qquad (\text{for } T>15)$$

که در آن r_g نرخ جوانه‌زنی، b ها پارامترهای برآورد شده و T دماست. معادلات ۲ و۳ با استفاده از روش رگرسیون غیرخطی(Nonlinear regression) مورد بررسی قرار گرفتند. مقدار R^2 برای معادله۲ برابر ۸۲/۶۱ درصد و برای معادله ۳ برابر۸۲/۶۰ درصد است. همچنین مقدار آماره Durbin-Watson در هر دو مورد حدود ۲ است که نشان می‌دهد که باقیمانده‌ها از الگوی خاصی پیروی نمی‌کنند (جدول ۳). لذا این مدل‌ها بخوبی با داده‌ها برازش دارند. جدول۳ مقدار پارامترهای محاسبه شده را برای دو مدل نشان می‌دهد. نمودار مقادیر پیش‌بینی شده با استفاده از معادلات ۲ و ۳ در شکل ۱ نشان داده شده است.

در نهایت مقادیر پیش‌بینی شده برای جوانه‌زنی کنیدی‌ها بصورت تابعی از زمان و دما با استفاده از معادله ۱ و با استفاده از نرخ محاسبه شده از معادلات ۲ و ۳ محاسبه گردید. زمانی که جوانه‌زنی پیش‌بینی شده در مقابل جوانه‌زنی واقعی قرار گرفت، R^2 نسبتا بالا بود، همچنین هیچ الگویی در نمودار باقی‌مانده‌ها مشاهده نشد. بنابراین روی‌هم رفته کارآیی مدل جوانه‌زنی در مقایسه با داده‌های اصلی خوب است(شکل۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقدار پارامترهای محاسبه شده و آماره‌های مربوطه بر اساس مدل (۱) شده مربوط به جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ *Fusarium graminearum* در زمان، برای دماهای مورد بررسی

Table 2. Estimated parameters and associated statistics for equation 1 for relating conidial germination of *Fusarium graminearum* to time for each tested temperature

دما(ºC)	g_0	g_{max}	r_g	R^2	MSE
5	11.76	52.518	0.0820217	44.31	0.0363022
10	13.35	81.161	0.0940641	52.42	0.027597
15	18.80	99.375	0.094456	56.29	0.0295529
20	37.31	98.75	0.058964	45.17	0.0177014
25	57.09	100	0.0351172	44.82	0.00768737
30	27.56	100	0.0351172	40.22	0.0525039

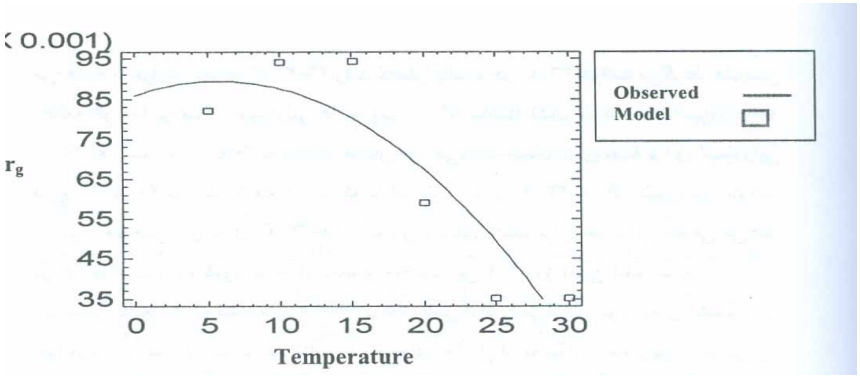
جدول ۳- مقدار پارامترهای محاسبه شده و آماره‌های مربوطه بر اساس مدل پلی‌نومیال (مدل‌های ۲ و۳) مربوط به جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ *Fusarium graminearum*، در زمان، برای دماهای مورد بررسی

Table 3. Estimated parameters and associated statistics for polynomial model (equation 2,3) for relating conidiospore germination of *Fusarium graminearum* for each tested temperatures

	پارامترها	برآورد شده	R^2	آماره-Durbin Watson	MSE
	b_0	0.0851144	82.61	2.05935	0.00022
معادله	b_1	0.00137571			
۵-۷	b_2	-0.000112262			
	b_0	-7.30895	82.60	2.05335	0.00066
معادله	b_1	-0.530965			
۵-۸	b_2	0.0682383			
	b_3	-1.51819			
	b_4	-0.0683467			

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار مقدار مشاهده شده و پیش‌بینی شده نرخ جوانه زنی با استفاده از مدل۳ بعنوان تابعی از دما.

Fig. 3. Observed and predicted values of conidial germination rate based on equation 2 as a function of temperature.

بحث

هدف اصلی مطالعات اپیدمیولوژیکی در بیماری‌شناسی گیاهی فهم مکانیسم‌های تنظیم‌کننده جمعیت پارازیت‌های گیاهی است. در محصولات حساس توسعه پاتوژن‌ها طی فصل رشد اغلب بوسیله فاکتورهای آب و هوایی خصوصا دوره خیسی، رطوبت نسبی و دمای هوا تنظیم می‌شود. به همین دلیل اثرات این فاکتورها بر مراحل مختلف زندگی پاتوژن و پاسخ‌های آن از جمله نرخ اسپوردهی یا جوانه‌زنی اسپورها، کارآیی آلوده‌سازی، دوره کمون، اندازه لکه و درصد یا شدت بیماری در منابع مختلف ارزیابی شده است (Duthie 1997).

در مورد *F. graminearum* عامل بلایت سنبله، اثر دما و نور بر میزان رشد، اسپورزایی و جوانه‌زنی اسپورهای قارچ مورد بررسی قرار گرفته است (*ملیحی‌پور*، ۱۳۷٦). مطالعات وی نشان می‌دهد که رشد جدایه‌های قارچ پس از ۷۲ ساعت در دمای ٦ ºC کمترین بوده و با افزایش دما میزان رشد نیز افزایش یافته و در حد فاصل ۲٦-۲۳ ºC بیشترین رشد را نشان

www.SID.ir

Archive of SID

می‌دهد و با افزایش دما از ºC ۳۱–۲۶ رشد کاهش یافته و در ºC ۳۶ متوقف می‌گردد. هم‌چنین مطالعه اثر دما بر میزان اسپورزایی قارچ پس از ۹۶ ساعت نشان می‌دهد که اسپورزایی از ºC ۱۵ آغاز شده و در ºC۳۰ به حداکثر مقدار خود می‌رسد. ایشان دمای بهینه برا ی اسپورزایی قارچ را ºC ۳۰ در نظر گرفته است، که با افزایش دما از ºC ۳۳ به بالا اسپورزایی متوقف می‌شود. هم‌چنین وی دمای ºC ۳۳–۱۸ را به‌عنوان دمای اپتیمم برای جوانه‌زنی معرفی می‌کند. در آن مطالعات دوره کمون قارچ در دماهای مختلف بین ٤–۲ روز تعیین شده است.

براساس نتایج این تحقیق دمای ۲۵–۱۵ درجه سانتی‌گراد را می‌توان بعنوان دمای اپتیمم برای جوانه‌زنی در نظر گرفت که این نتایج با یافته‌های حاصل از تحقیقات ملیحی‌پور (*ملیحی‌پور*، ۱۳۷٦) موافق است. طبق بررسی‌های وی دردماهای بین ºC ۱۸–۳۳ جوانه‌زنی کنیدی‌ها در بالاترین حد خود بوده و با افزایش دما از ºC۳۳ جوانه‌زنی به شدت کاهش می‌یابد، به طوری‌که در دمای ºC۳٦ متوقف می‌گردد. مطالعات ایشان روی جدایه‌های ۱۷۱ و ۱٦٤ نشان می‌دهد که کنیدی‌های هر دو جدایه از ۱۲ درجه سانتیگراد شروع به جوانه‌زنی کرده و با افزایش دما، میزان جوانه‌زنی به شدت افزایش می‌یابد. به طوری که پس از ٤ ساعت در دمای ۱۸ درجه نزدیک به ٪۱۰۰ جوانه‌زنی دیده می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که مدل ارائه شده واکنش جوانه‌زنی را در دمای ۲۵–۱۵ درجه بخوبی توجیه می‌نماید. این مدل از بین تعدادی مدل دیگر بر اساس بالا بودن ضریب تبیین انتخاب شده و هم‌چنین الگوی خاصی در پلات باقی‌مانده‌ها مشاهده نمی‌شود. مقایسه نمودار مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل با مقادیر واقعی نیز کارآیی بالای آن را اثبات می‌نماید. بنابراین روی‌هم رفته کارایی مدل جوانه‌زنی در مقایسه با داده‌های اصلی خوب است (شکل ۳). این مدل مشابه مدل‌های به‌کار رفته در منابع دیگر است و از نظر ساختاری مشابه مدل لوجستیک به‌کار رفته توسط *الیوت* (Elliott 1988) می‌باشد. این مدل‌ها در توصیف پدیده جوانه‌زنی طی زمان ـ که بوسیله دما تحت تاثیر قرار می‌گیرد ـ کاربرد عمومی دارند.

مدل جوانه‌زنی لگاریتمی، همراه با مدل‌های پلی‌نومیال جزئی در توصیف دوره زمانی جوانه‌زنی اسپورها بعنوان تابعی از زمان کاربرد عمومی دارند. *پیرسون* و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

(Pearson *et al.* 1977) یک مدل رگرسیون چندگانه برای جوانه‌زنی اسپورهای *Gymnosporangium juniperi-virginiae* ارائه نموده‌اند که در آن، زمان بصورت یک تابع لگاریتمی بوده و اثر دما نیز بصورت یک تابع پلی‌نومیال شرح داده می‌شود.

چنین اطلاعاتی پایه و اساس یک مدل آلودگی را تشکیل می‌دهند. هدف اصلی در واقع ارائه یک مدل شبیه‌سازی شده برای بیماری است و در گام اول باید اثرات متغیرهای محیطی کلیدی بر هر کدام از مراحل توسعه پاتوژن مدل‌سازی شود. بنابراین اطلاعات دقیق درباره جوانه‌زنی اسپورها، برای توسعه یک سیستم پیش‌بینی دقیق برای بیماری‌های قارچی ضروری است. البته سایر وقایع سیکل آلودگی از نفوذ پاتوژن تا تولید زخم نیز باید بصورت مدل درآیند. زمانی که این فاز از تحقیق پایان یابد، پیش‌بینی دوره آلودگی قارچ روی گیاه ممکن خواهد بود. چرا که طراحی یک سیستم مدیریتی کارآمد جهت کنترل نسبی بیماری، نیازمند کسب اطلاعاتی در زمینه اپیدمیولوژی قارچ است و بعنوان اولین قدم، اطلاعات پایه‌ای درباره رفتار پاتوژن در شرایط *in vitro* مفید به‌نظر می‌رسد. از این اطلاعات می‌توان برای افزایش قدرت بازدارندگی قارچکش‌ها از شروع بیماری و در نهایت کنترل آن استفاده کرد.

منابع

جهت ملاحظه به صفحات (7-5) متن انگلیسی مراجعه شود.

نشانی نویسندگان: ناصر صفایی، فاختک طلیعی و عزیزاله علیزاده، گروه بیماری شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

www.SID.ir