

بررسی پیشرفت زمانی بلایت فوزاریومی سنبله گندم در گلخانه
با استفاده از مدل‌های اپیدمیولوژیکی*
Temporal Analysis of Wheat Fusarium Head Blight Progress
in Greenhouse Using Epidemiological Models

سهیلا میرزائی، عزیزالله علیزاده و ناصر صفائی

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۹/۲۲

چکیده

میرزائی، س.، علیزاده، ع.، و صفائی، ن. ۱۳۸۲. بررسی پیشرفت زمانی بلایت فوزاریومی سنبله گندم در گلخانه با استفاده از مدل‌های اپیدمیولوژیکی. نهال و بذر ۱۹: ۳۵۱-۳۳۳.

مطالعه روند توسعه بیماری بلایت فوزاریومی سنبله (Fusarium Head Blight: FHB) در ارقام گندم فلات، تجن، زاگرس، میلان، فرونتانا، سومای تری و لاین مقاوم SHA3//SERI//NANJING 833//Lira با استفاده از مدل‌های اپیدمیولوژیکی تک مولکولی، لوجستیک، گومپرتز، لوگ - لوجستیک و ویبول در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. در رقم فلات بین ضرایب تبیین (R^2) مدل‌های مختلف تفاوت قابل ملاحظه‌ای دیده نشد و تمامی مدل‌های مورد استفاده کارآیی بالایی ($R^2 > 0.95$) را در پیش‌بینی روند توسعه بیماری داشتند. در رقم تجن نیز میزان R^2 مدل‌های مختلف به هم نزدیک بود و با آزمون t تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت، لذا تمامی این مدل‌ها کارآیی مشابهی را در توصیف روند پیشرفت بیماری در این رقم نشان دادند. در رقم زاگرس مدل تک مولکولی با داشتن بالاترین R^2 و کمترین MSe ($R^2 = 0.9834$, $MSe = 0.00011$) بیشترین کارآیی را در توصیف بیماری داشت. در رقم میلان مدل تک مولکولی ($R^2 = 0.9741$, $MSe = 0.00035$) و ویبول ($C = 2$) ($R^2 = 0.9744$, $MSe = 0.00045$) بر سایرین برتری داشتند. در رقم فرونتانا مدل ویبول ($C = 2$) با داشتن R^2 بالاتر و MSe کمتر، از سایرین برتر بود ($R^2 = 0.9918$, $MSe = 0.000076$). در لاین مقاوم نیز مدل ویبول ($C = 2$) ($R^2 = 0.9901$, $MSe = 0.000089$) نکویی بر ارزش بیشتری نسبت به بقیه مدل‌ها داشت. در رقم سومای تری علیرغم فراهم بودن مایه اولیه و شرایط محیطی مساعد، پیشرفت بیماری ملاحظه نشد و علائم بیماری تنها به لکه‌های آسوخته اولیه محدود گردید؛ لذا نمی‌توان هیچ یک از مدل‌های مذکور را برای پیش‌بینی روند توسعه بیماری در این رقم به کار برد. در این تحقیق علاوه بر تعیین روند توسعه بیماری در طی زمان، تک چرخه‌ای و یا چندچرخه‌ای بودن بیماری نیز در رقم حساس فلات بررسی شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که اسپورهای تولید شده بر روی سنبله‌های آلوده قادر به آلوده‌سازی مجدد سنبله‌های سالم در همان گروه نیستند.

واژه‌های کلیدی: گندم، بلایت فوزاریومی سنبله، *Fusarium graminearum*، اپیدمیولوژی، تک چرخه‌ای و چندچرخه‌ای.

* قسمتی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول که به گروه بیماری‌شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس ارائه شده است.

مقدمه

(Fernando *et al.*, 1997) می‌توان اشاره

نمود، که در آن شیب انتشار بیماری در شرایط مزرعه در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ بررسی شده است. در این آزمایش برای تهیه منبع اینوکولوم از دو روش متفاوت استفاده شد. در روش اول در مرکز کرت‌های ۱۰×۱۰ متری، قطعه‌ای به ابعاد ۴×۴ متر انتخاب و ۱۰ لیتر دانه ذرت آلوده به *Gibberella zea* در آن قرار داده شد. در روش دوم در مرکز کرت‌های ۱۰×۱۰ متری، قطعه‌ای به ابعاد ۱×۱ متر انتخاب و در مرحله گلدهی، سنبله‌ها با سوسپانسیون *F. graminearum* ماکروکنیدی‌های فارچ اسپورپاشی شد. نتایج این آزمایش نشان داد که میزان بیماری در گیاهان زیر میست بیشتر از گیاهان خارج از سیستم میست بود. بیشترین درصد بیماری نیز در نزدیکی منبع اینوکولوم و اغلب در جهت باد مشاهده شد. به هر حال شیب بیماری در خلاف جهت باد اغلب تندتر از شیب بیماری در جهت باد بود.

از آن جا که در همه‌گیری یک بیماری منبع تولید و انتشار اینوکولوم و همچنین شرایط محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند، مطالعاتی نیز در این زمینه انجام گرفته است. جنبه‌های اکولوژیکی آزادسازی آسکوسپور در *G. zea* (Tschanz *et al.*, 1975)، اثر شرایط محیطی بر تولید مثل جنسی *G. zea* (Tschanz *et al.*, 1976)، تولید اینوکولوم و بقای قارچ *G. zea* در بقایای ذرت و گندم (Khonga and Sutton, 1988)،

بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم ناشی از آلودگی به گونه‌های مختلف *Fusarium* به ویژه گونه *F. graminearum*، از جمله بیماری‌های مهم گندم است که همه‌گیری‌های آن نامنظم (Sporadic) بوده و به شدت تحت تأثیر شرایط آب و هوایی می‌باشد. با توجه به شیوع همه‌گیری‌های آن در فصول رشدی مرطوب و دوره کوتاه گلدهی (Sutton, 1982؛ Parry *et al.*, 1995؛ Mesterhazy, 1997) این بیماری یک بیماری آرمانی برای مطالعات پیش آگاهی است.

از جمله تحقیقات انجام شده در این رابطه می‌توان به سیستم پیش آگاهی که در سال ۱۹۹۴ توسط موجینی در آرژانتین با استفاده از داده‌های اپیدمی‌های مشاهده شده در طی ۵۰ سال ارائه شد، اشاره نمود (de Galich, 1997). این سیستم بر پایه داده‌های هواشناسی در طول دوره حساسیت گیاه میزبان (از زمان خروج سنبله تا مراحل اولیه پر شدن دانه) شکل گرفته است. سیستم دیگری نیز توسط دی‌ولف و همکاران (De Wolf *et al.*, 2000c) مبتنی بر رابطه بین متغیرهای آب و هوایی و اپیدمی‌ها ارائه گردیده است.

برای ارائه یک سیستم پیش آگاهی نیاز به مطالعات اپیدمیولوژیک پیرامون آن بیماری است. از میان مطالعاتی که در زمینه اپیدمیولوژی این بیماری انجام شده است به مطالعات فرناندو و همکاران

بیماری در نواحی شمالی کشورمان به صورت یک بیماری خطرناک درآید (فروتن و همکاران، ۱۳۷۲؛ گلزار، ۱۳۶۸، ۱۳۷۲). این امر مطالعات وسیع و گسترده بر وجوه مختلف این بیماری را الزامی نموده است. در ایران مطالعات اپیدمیولوژیکی محدودی بر روی این بیماری انجام شده است (ملیحی پور و همکاران، ۱۳۷۹). از جمله سئوال‌هایی که در زمینه اپیدمیولوژی بیماری بلایت سنبله مطرح است این است که آیا این بیماری یک بیماری تک‌چرخه‌ای یا چندچرخه‌ای است؟ کدامیک از مدل‌های اپیدمیولوژیکی در شرایط گلخانه کارآیی بیشتری در توصیف این بیماری دارد؟ در تحقیق حاضر به منظور تعیین روند توسعه بیماری از مدل‌های تک‌مولکولی (Monomolecular)، لوجستیک (Logistic)، لوگ-لوجستیک (Log-logistic) و ویبول (Weibull) استفاده شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از مخلوط جدایه‌های ۱۷۶، ۱۷۱، ۱۶۵ و ۱۶۹ گونه *F. graminearum* موجود در آزمایشگاه پاتولوژی غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج استفاده شد و پس از تهیه اسپور (ملیحی پور، ۱۳۷۶) بیمارگر خالص گردید و سپس مورد استفاده قرار گرفت.

پخش کنیدی‌های *F. culmorum* و *F. avenaceum* به صورت splash (Jenkinson and Parry, 1994)، رها شدن آسکوسپورها توسط *G. zeae* در کرت‌های گندم آلوده (Paulitz, 1996)، تأثیر حجم آبیاری به حالت میست روی شدت آلودگی لاین‌های گندم و جو (Evans and Dill – Macky, 2000)، رطوبت بقایای محصول و توسعه پریتمس‌های *G. zeae* (De Wolf et al., 2000b)، الگوهای زمانی رها شدن آسکوسپور *G. Zeae* از چوب بلال کلونیزه شده در شرایط طبیعی (Maldonado-Ramirez and Bergstorm, 2000)، نمونه‌برداری از اسپورها *F. graminearum* (Shaner and Bergstorm, 2000) و مکانیسم آزادسازی فعال آسکوسپورها در *G. zeae* (Xu et al., 2000) از جمله این مطالعات می‌باشد. دی ولف و همکاران (De Wolf et al., 2000c) نیز به بررسی عوامل مؤثر در توسعه بلایت فوزاریومی سنبله گندم پرداختند. نتایج این تحقیقات نشان داد که تفاوت دما و میزان رطوبت، احتمالاً سطوح اینوکولوم و دوره‌های آلودگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. آن‌ها همچنین اعلام نمودند که فراوانی اینوکولوم سبب ایجاد سطوح بالای بیماری می‌گردد. در سال‌های اخیر دلایلی از قبیل وجود اینوکولوم کافی، کشت ارقام حساس و شرایط مساعد جوی (گلزار، ۱۳۷۲) موجب شد که این

ایجاد آلودگی در گلخانه

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از شش رقم گندم فلات، تجن، زاگرس، سومای تری، فرونتانا، میلان و یک لاین مقاوم (SHA3/SERI// NANJING 833/ Lira) انجام شد. هر رقم در ۱۰ گلدان به عنوان تیمار و ۱۰ گلدان شاهد و در هر گلدان میانگین سه تا پنج سنبله بررسی شد. مایه زنی به شیوه نقطه‌ای (Point Inoculation) انجام شد و در زمان گلدهی و پس از بیرون آمدن پرچم از سنبله، پنج میکرولیتر از سوسپانسیون اسپورهای قارچ با غلظت ۱۰۰ اسپور در ۵ میکرولیتر، به وسیله میکرو پیت به داخل گلچه میانی تزریق گردید. در سنبله‌های شاهد از آب مقطر استریل استفاده شد.

سنبله‌های مایه زنی شده آب پاشی گردید و با کیسه‌های پلاستیکی مرطوب پوشانده شد. پس از ۷۲ ساعت کیسه‌های پلاستیکی از روی سنبله‌ها برداشته شد و به منظور تأمین رطوبت، گلدان‌ها به زیر پوشش پلاستیکی منتقل گردید. رطوبت نسبی در زیر این پوشش‌ها ۷۰-۸۰ درصد و دمای گلخانه در طول آزمایش‌ها در ۲۵ درجه سانتی گراد تنظیم شد.

ارزیابی میزان بیماری در گلخانه

ده روز پس از ظهور اولین علائم، وضعیت بیماری بر روی سنبله‌ها بر حسب شدت بیماری به فواصل هر سه روز یک بار یادداشت‌برداری

شد. میزان بیماری بر اساس شدت بیماری (Disease severity) و با محاسبه نسبت سنبله‌های آلوده به کل سنبله اندازه‌گیری شد. در نهایت میانگین شدت بیماری برای کل سنبله‌ها و در تمام ارقام در تاریخ‌های مختلف محاسبه گردید و با در نظر گرفتن این مقادیر به عنوان y ، تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Statgraphics انجام شد. علاوه بر محاسبه ضریب تبیین (R^2) و میانگین مربعات خطا (MSe)، معادله روند پیشرفت بیماری به دست آمد. با استفاده از نرخ پیشرفت بیماری (r) به دست آمده از این طریق مقادیر dy/dt برای مدل‌های مختلف اپیدمیولوژیکی (جدول ۱) و در ارقام مختلف محاسبه شد، سپس نمودارهای پیشرفت بیماری (y در مقابل t) و نرخ مطلق (dy/dt در مقابل t) با استفاده از نرم‌افزار Harvardgraphics رسم گردید.

در مدل‌های مذکور پارامتر r بیانگر سرعت افزایش بیماری در هر روز ($r = dy/dt.1/y$) می‌باشد. پارامتر y_0 میزان اولیه بیماری ($t = 0$) است. در مدل ویبول c پارامتر شکل (Shape parameter) است، اما نمی‌توان تفسیر بیولوژیکی روشنی برای آن ارائه نمود.

بررسی تک چرخه‌ای یا چند چرخه‌ای بودن بیماری این آزمایش در شرایط کنترل شده گلخانه و با استفاده از رقم حساس فلات انجام شد. گیاهان در دو تاریخ متفاوت کاشته شدند. فاصله بین دو تاریخ کاشت به گونه‌ای تنظیم شد که

جدول ۱- خلاصه معادلات مشتق، انتگرال و خطی مدل‌های انتخابی برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به پیشرفت بیماری

Table 1. Summary of differential, integral and linearized forms of selected epidemiological models (Campbell and Madden, 1990)

Model	$dy/dt=$	$y=$	Linearized form
Exponential	$r_E y$	$Y_0 \exp(r_E t)$	$\ln(y) = \ln(Y_0) + r_E t$
Monomolecular	$r_M(1-y)$	$1 - [(1-y_0)\exp(-r_M t)]$	$\ln[1/(1-y)] = \ln[1/(1-y_0)] + r_M t$
Logistic	$r_L y(1-y)$	$1/[1 + \exp(-\{ \ln[y_0/(1-y_0)] + r_L t \})]$	$\ln\{y/(1-y)\} = \ln\{y_0/(1-y_0)\} + r_L t$
Gompertz	$r_G [-\ln(y)]$	$\exp[-\ln(y_0)\exp(-r_G t)]$	$-\ln[-\ln(y)] = -\ln[-\ln(y_0)] + r_G t$
Log-logistic	$r_{LL} y(1-y)^m$	$1/\{1 + [1-y_0]^m / y_0^m [1 - B \exp(-r_{LL} t)]^{1/(1-m)}\}$ if $m < 1$	$\ln\{y/(1-y)\} = \ln\{y_0/(1-y_0)\} + r_{LL} \ln(0) \ln[1/(1-y_0)^{1-m}] + r_{LL} t$
weibull	$c/b[(t-a)/b]^{c-1} \exp\{-[(t-a)/b]^c\}$	$1 - \exp\{-[(t-a)/b]^c\}$	$\{\ln[1/(1-y)]\}^{1/c} = a/b + t/b$ or $\ln\{\ln[1/(1-y)]\} = -C \ln(b) + c \ln(t-a)$

آلوده یک گلدان در یک لوله آزمایش، به آزمایشگاه منتقل گردید. در لوله آزمایش کمی آب مقطر اضافه شد و لوله حاوی سنبله آلوده و آب مقطر، به مدت ۲ دقیقه بر روی ورتکس قرار گرفت در نهایت از محتوای داخل لوله اسلایدی تهیه و در زیر میکروسکوپ بررسی شد.

نتایج و بحث

آنالیز پیشرفت بیماری در شرایط گلخانه

نتایج حاصل از بررسی پیشرفت بیماری در جدول ۲ آورده شده است. در رقم سومای تری علیرغم فراهم بودن اینوکولوم اولیه و شرایط محیطی مساعد، پیشرفت بیماری ملاحظه نشد و علائم بیماری تنها به لکه های آسوخته اولیه محدود گردید. لذا برای پیش بینی روند توسعه بیماری در این رقم هیچ یک از مدل های مذکور به کار برده نشد.

نتایج مربوط به ضریب تبیین (R^2) و میانگین مربعات خطا (MSE) مدل ها در سایر ارقام، در جدول ۳ ارائه شده است. همان طور که در جدول ملاحظه می شود میزان R^2 در اکثر مدل ها بالا بود، اما باید توجه داشت که یکی از شرایط مناسب بودن یک مدل رگرسیونی در شرایط کنترل شده این است که R^2 آن بالاتر از ۰/۹۵ و یا حتی ۰/۹۹ باشد (Campbell and Madden, 1990). با مراجعه به جدول ۳ مشاهده می گردد که در رقم فلات

پس از مایه زنی اولین سری از گیاهان، به روش مایه زنی نقطه ای، اسپورزایی قارچ در این گیاهان مصادف با دوره گلدهی سری دوم گیاهان باشد. به این منظور ۹۰ گلدان هر کدام حاوی پنج تا شش بوته کشت گردید و ۲۰ روز بعد ۳۶۰ گلدان دیگر هر یک حاوی پنج تا شش بوته کشت شد. گلدان های حاوی سنبله های آلوده در چهار سری و هر سری ۲۰ گلدان در دو ردیف ده تایی قرار داده شدند و گیاهان سالم در چهار مجموعه ۹۰ تایی در امتداد آنها چیده شد. این مجموعه به گونه ای در مقابل باد تولید شده توسط پنکه قرار گرفت که جریان باد به پخش اسپور از گیاهان آلوده به سالم کمک نماید. بقیه گلدان های آلوده در نقاط مختلف در بین گلدان های سالم و در جهت جریان باد قرار داده شدند.

به منظور تأمین رطوبت مورد نیاز، محیط گلخانه و سنبله ها روزانه چندین بار توسط سمپاش دستی آب پاشی شد، به گونه ای که رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد فراهم باشد. نوری که روزانه در اختیار گیاهان قرار می گرفت به طور متوسط ۱۶ ساعت در روز بود. سنبله های آلوده به طور مداوم در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفتند و پس از مشاهده اولین اسپورزایی، آب به گونه ای از بالا بر روی سنبله های آلوده پاشیده شد که حالت Splash (که اغلب در حین بارندگی در مزرعه رخ می دهد) را فراهم نماید. به منظور بررسی اسپورزایی سنبله های آلوده، بخشی از یک سنبله آلوده یا کل سنبله

جدول ۲- میانگین درصد بیماری بلایت فوزاریومی سنبله روی ارقام مختلف گندم در گلخانه

Table 2. Means of FHB incidence on different wheat cultivars in greenhouse

Cultivar		Days after inoculation								
		23	26	29	32	35	38	41	44	47
Falat	فلات	0.0951	0.1337	0.1576	0.2518	0.4266	0.4915	0.533	0.5724	0.6345
Tajan	تجن	0.1137	0.1538	0.1760	0.1995	0.2203	0.2467	0.2824	0.3031	0.3886
Zagros	زاگرس	0.0490	0.0900	0.1253	0.1362	0.1489	0.1739	0.1986	0.2254	0.2543
Milan	میلان	0.0557	0.0982	0.1449	0.1645	0.1786	0.2137	0.2383	0.2816	0.3325
Frontana	فروناتا	0.0890	0.1142	0.1285	0.1479	0.1684	0.2038	0.2331	0.2573	0.2683
SHA3/SERI/NANJING833/Lira	مقام	0.0544	0.0779	0.0992	0.1167	0.1355	0.1505	0.1708	0.1953	0.2344

تمامی این مدل‌ها کارآیی مشابهی در توصیف روند پیشرفت بیماری در این رقم دارند. شکل ۲ پیش بینی روند پیشرفت بیماری در این رقم را که با استفاده از مدل‌های مختلف ترسیم شده و با داده های واقعی پیشرفت بیماری برآزش دارد، نشان می‌دهد. در آزمایش‌های ملیحی پور و همکاران (۱۳۷۹) در دماهای ۱۸، ۲۱ و ۲۴ درجه سانتی گراد مدل گومپرتز، در دمای ۲۷ درجه مدل لوجستیک و در دمای ۳۰ درجه هر دو مدل لوجستیک و گومپرتز کارآیی بالایی در توصیف روند توسعه بیماری در این رقم داشتند. در رقم زاگرس بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳ مدل تک مولکولی با داشتن بالاترین R^2 و پایین ترین MSE ، بیشترین کارآیی را در توصیف پیشرفت بیماری دارد. پس از آن بالاترین R^2 مربوط به مدل ویبول ($C=2$) می‌باشد. نتایج آزمون t نشان داد که بین این دو مدل در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار وجود دارد. به این ترتیب در رقم زاگرس مدل تک مولکولی از نکویی برآزش بالاتری نسبت به

بین R^2 مدل‌های مختلف تفاوت قابل ملاحظه ای دیده نمی‌شود. با آزمون t هم ثابت شد که بین ضریب تبیین انواع مدل‌ها تفاوت معنی داری مشاهده نمی‌شود (جدول ۴). بنابراین مشخص شد که در شرایط کنترل شده گلخانه تمامی مدل‌ها کارآیی بالایی در پیش بینی روند توسعه بیماری در این رقم دارند. منحنی های مربوط به پیش بینی روند توسعه بیماری در این رقم توسط مدل‌های مختلف در شکل ۱ آورده شده است. آزمایش‌های ملیحی پور و همکاران (۱۳۷۹) نشان داد که در دماهای ۱۸ و ۳۰ درجه سانتی گراد مدل لوجستیک، در ۲۱ درجه مدل تک مولکولی و در ۲۴ و ۲۷ درجه مدل گومپرتز بیشترین کارآیی را در توصیف پیشرفت بیماری در این رقم دارند. در رقم تجن نیز مشاهده شد که میزان R^2 مدل‌های لوجستیک، گومپرتز، لوگ - لوجستیک، ویبول ($C=2$) و ویبول ($C=3$) به هم نزدیک بوده و با آزمون t تفاوتی بین آنها وجود ندارد (جدول ۴)، لذا

جدول ۳- ضریب تبیین (R^2) و میانگین مربعات اشتباه آزمایشی (MSe) مدل‌های مختلف در توصیف پیشرفت بیماری بلایت فوزاریومی سببه در شرایط گلخانه
 Table 3. Coefficient of determination (R^2) and MSe of different epidemiological models used to describe FHB progression under greenhouse conditions

Cultivar	رقم	Models											
		Monomolecular		Logistic		Gompertz		Log-logistic		Weibull (c=2)		Weibull(c=3)	
		R^2	MSe	R^2	MSe	R^2	MSe	R^2	MSe	R^2	MSe	R^2	MSe
Falat	فلات	0.9681	0.00420	0.9554	0.0557	0.9683	0.01365	0.9699	0.03760	0.9654	0.002700	0.9599	0.001900
Tajan	تجن	0.9356	0.00095	0.9768	0.0063	0.9703	0.00220	0.9710	0.00780	0.9697	0.000400	0.9753	0.000230
Zagros	زاگرس	0.9834	0.00011	0.9115	0.0343	0.9517	0.00330	0.9479	0.02020	0.9632	0.000410	0.9472	0.000510
Milan	میلان	0.9741	0.00035	0.9352	0.0320	0.9678	0.00330	0.9639	0.01780	0.9744	0.000450	0.9634	0.000500
Frontana	فرونانا	0.9859	0.00010	0.9875	0.0031	0.9918	0.00044	0.9920	0.00195	0.9918	0.000076	0.9912	0.000064
SHA3//SERI//NANJING 833//Lira	مقاوم	0.9796	0.00011	0.9739	0.0083	0.9875	0.00069	0.9897	0.00330	0.9901	0.000089	0.9869	0.000100

جدول ۴- مقایسه R² مدل‌های مختلف بر اساس آزمون t در آزمایش‌های گلخانه‌ای

Table 4. Comparison of R² of different models with t student test

Cultivar	رقم	t-calculated						
		Highest R ² model	Monomolecular	logistic	Log-logistic	Compertz	Weibull(c=2)	Weibull(c=3)
Falat	فلات	Log-logistic	0.026	0.1424	—	0.0212	0.0672	0.1509
Zagros	زاگرس	Monomolecular	—	1.1628	0.7473	1.6286	2.6575*	4.3615**
Millan	میلان	Weibull (c=2)	0.03182	0.6528	0.2332	0.33233	—	1.0707
Frontana	فروتانا	Log-logistic	0.4042	0.19	—	0.0123	0.0133	0.0535
SHA3/SERI/NANJING833/Lira	مقاوم	Weibull (c=2)	2.233*	0.5306	0.0206	0.2795	—	0.6983
Tajan	تجن	Logistic	1.4516	—	0.1465	0.0997	0.2602	0.05569

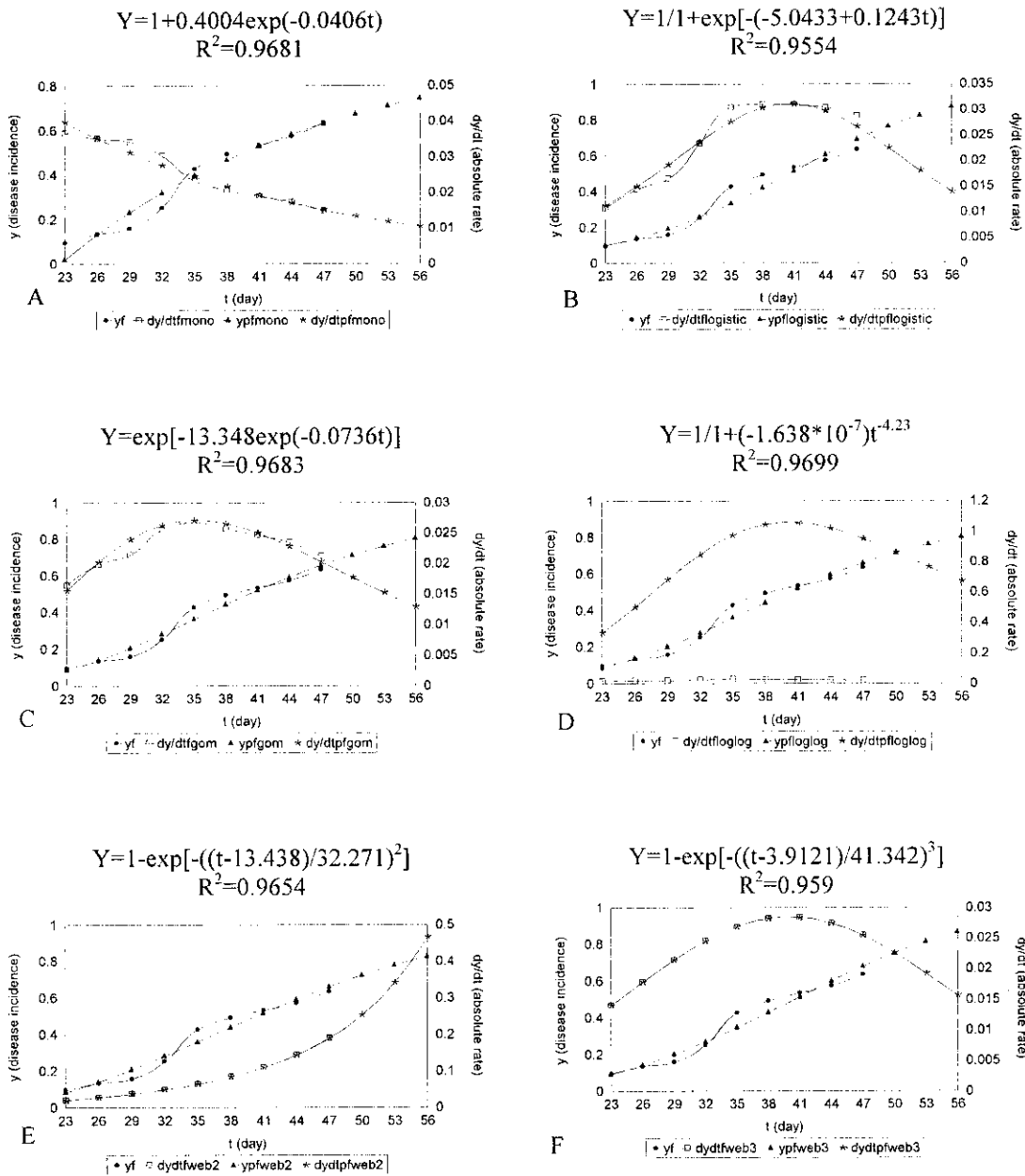
N=9, df=16, t_{5%}=2.120, t_{1%}=2.921

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

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

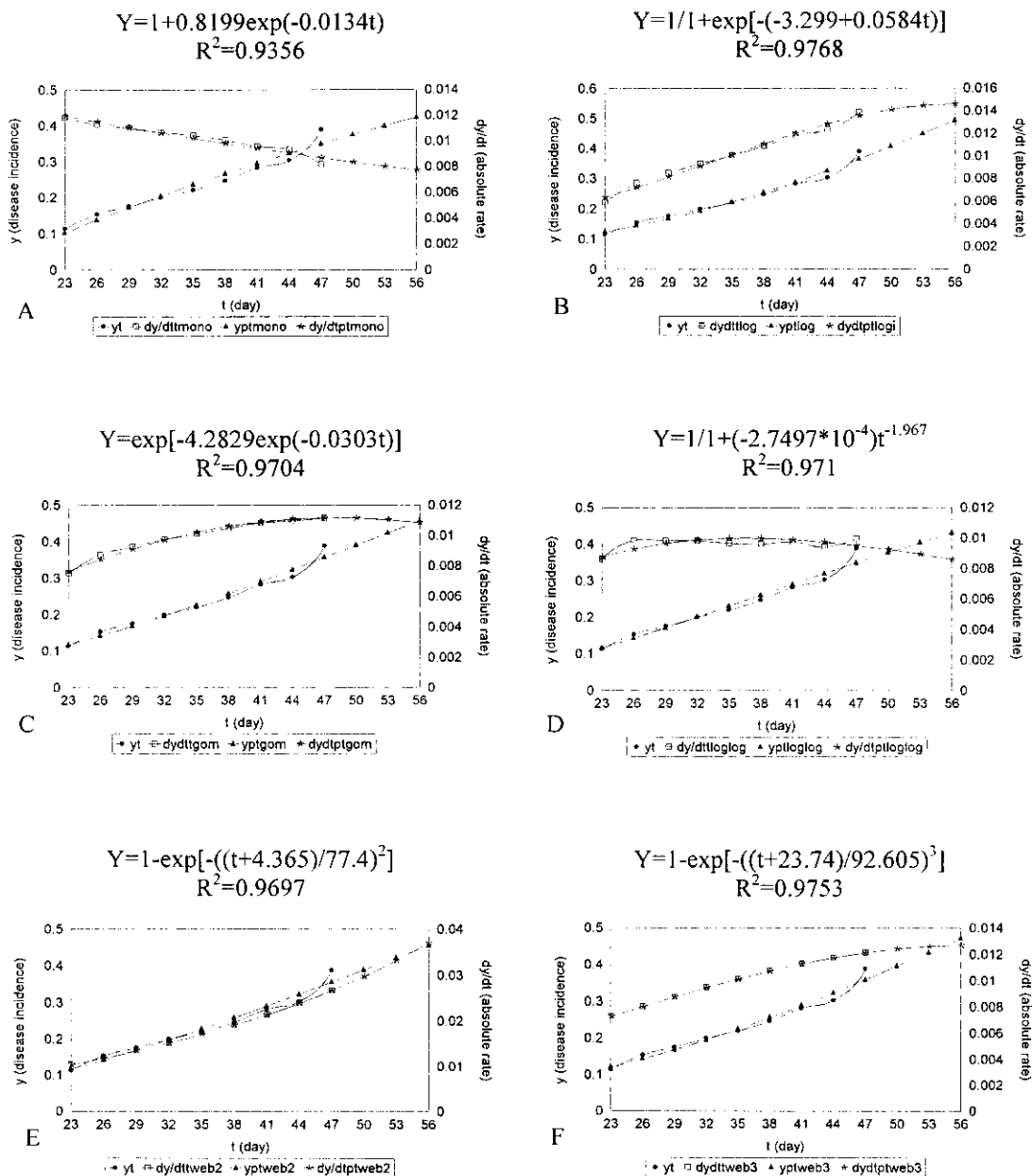
(*Phytophthora parasitica* var. *nicotiana*)
 افتادگی کاهو (*Sclerotinia minor*)،
 پیوسیدگی معمولی ریشه
 گندم (*Cochliobolus sativus*)،
 سفیدک پودری جو (*Erysiphe graminis*) و
 بعضی از همه‌گیری‌های ناشی از
 ویروس موزاییک کوتولگی ذرت
 (Campbell and Madden, 1990) و توصیف
 کلونیزاسیون ریشه سیب زمینی و بادمجان توسط
 (Nagtzaam and) *Talaromyces flavus*
 Bollen, 1997 به طور موفقیت آمیزی استفاده
 شده است. اجیامبو و همکاران
 (Ojiambo et al., 2000) نیز در بررسی
 مدل‌های مختلف اپیدمیولوژی جهت ارزیابی
 مقاومت ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی
Solanum tuberosum به *Phytophthora*
infestans، این مدل را مورد استفاده قرار
 داده‌اند.

سایرین برخوردار است. شکل ۳ چگونگی
 پیش‌بینی روند توسعه بیماری و برآزش آن با
 داده‌های واقعی پیشرفت بیماری را نشان می‌دهد.
 کمپی‌نار و همکاران
 (Kempenaar et al., 1996) با آلوده‌سازی
 مصنوعی سسله‌تره (*Chenopodium album*)
 و ۱۴ گونه گیاهی دیگر توسط
 پیکنیدیوسپوره‌های *Ascochyta caulina* به
 بررسی توسعه نکروز در طی زمان پرداختند. در
 این بررسی دو روند زمانی قابل تشخیص بود: در
 حالت اول نکروز افزایش یافته و به دنبال آن
 کاهش نکروز رخ می‌داد. در حالت دوم افزایش
 نکروز به مرگ گیاه منجر می‌گردید. به هر
 حال، در حالتی که گیاهان در اثر آلودگی از
 بین می‌رفتند، مدل تک مولکولی کارآیی بالایی
 در توصیف پیشرفت بیماری داشت.
 مدل تک مولکولی در آنالیز
 همه‌گیری‌های مربوط به ساق‌سیاه توتون



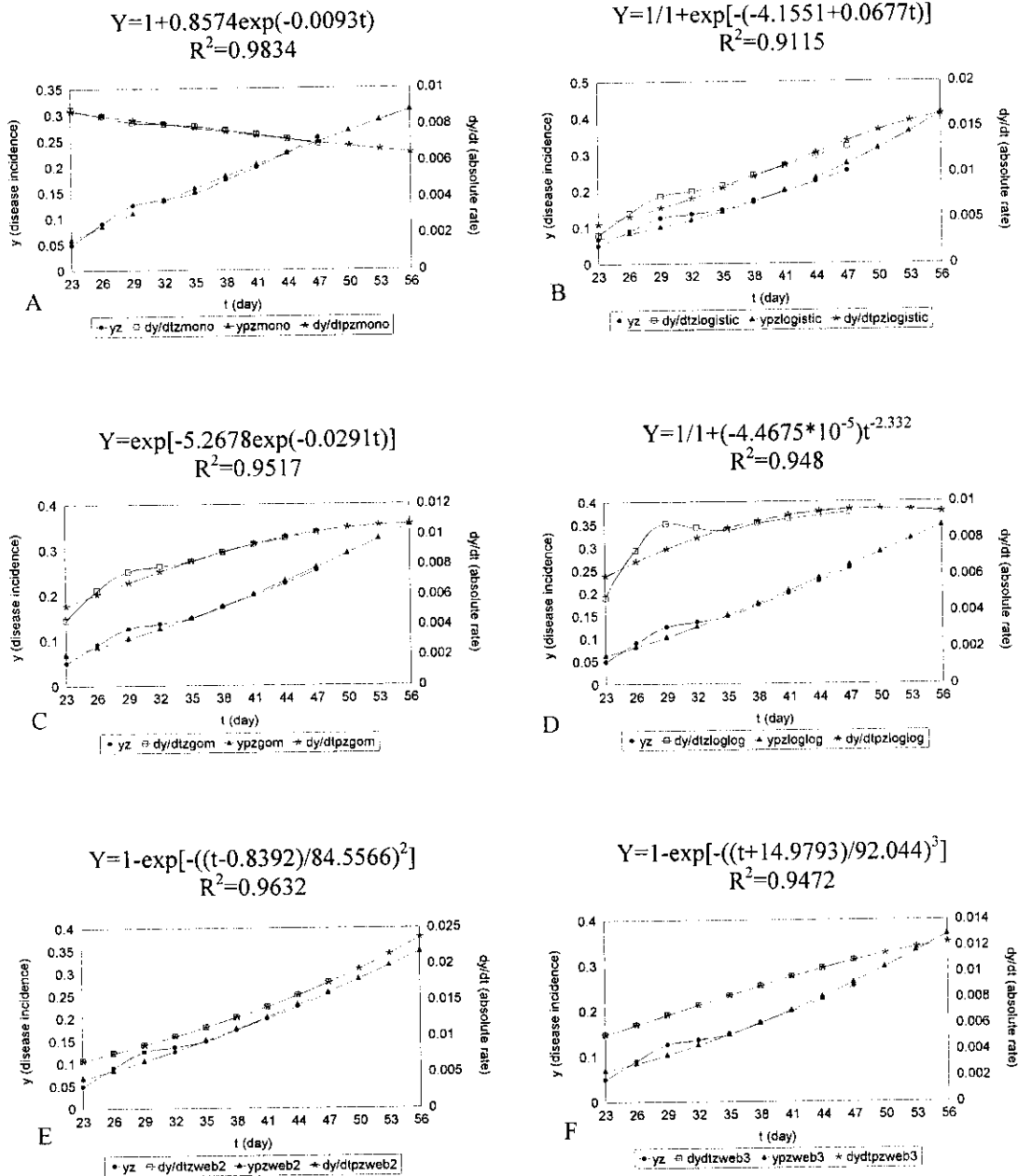
شکل ۱- پیش بینی روند توسعه بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم در رقم فلات با استفاده از مدل‌های تک مولکولی (A)، لوجستیک (B)، گومپرتز (C)، لوگ-لوجستیک (D)، ویبول (C=2) (E) و ویبول (C=3) (F) و برازش آن‌ها با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در شرایط گلخانه (—●— مشاهده و —△—، *—، Predicted)

Fig.1. Prediction of FHB progression in C.V. Falat, using Monomolecular (A), Logistic(B), Gompertz(C), Log-Logistic (D), Weibull(C = 2) (E) and Weibull (C=3) (F) models and their fitness with observed data in greenhouse conditions (—●— observed and —△—، *—, Predicted)



شکل ۲- پیش بینی روند توسعه بیماری بلیات فوزاریومی سنبله گندم در رقم تجن با استفاده از مدل‌های تک مولکولی (A)، لوجستیک (B)، گومپرتز (C)، لوگ-لوجستیک (D)، ویبول (E) (C=2) و ویبول (F) (C=3) و برازش آن‌ها با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در شرایط گلخانه (+ و -) مقدار مشاهده شده، و مقدار پیش‌بینی شده

Fig. 2. Prediction of FHB progression in C. V. Tajan, using Monomolecular (A), Logistic (B), Gompertz (C), Log-Logistic (D), Weibull (C = 2) (E) and Weibull (C = 3) (F) models and their fitness with observed data in greenhouse conditions (+ - observed and +, * Predicted).



شکل ۳ - پیش بینی روند توسعه بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم در رقم زاگرس با استفاده از مدل‌های تک مولکولی (A)، لوجستیک (B)، گومپرتز (C)، لوگ-لوجستیک (D)، ویبول (C=2) (E) و ویبول (C=3) (F) و برازش آن‌ها با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در شرایط گلخانه (—) و مقدار مشاهده شده، و مقدار پیش بینی شده (—) . Predicted

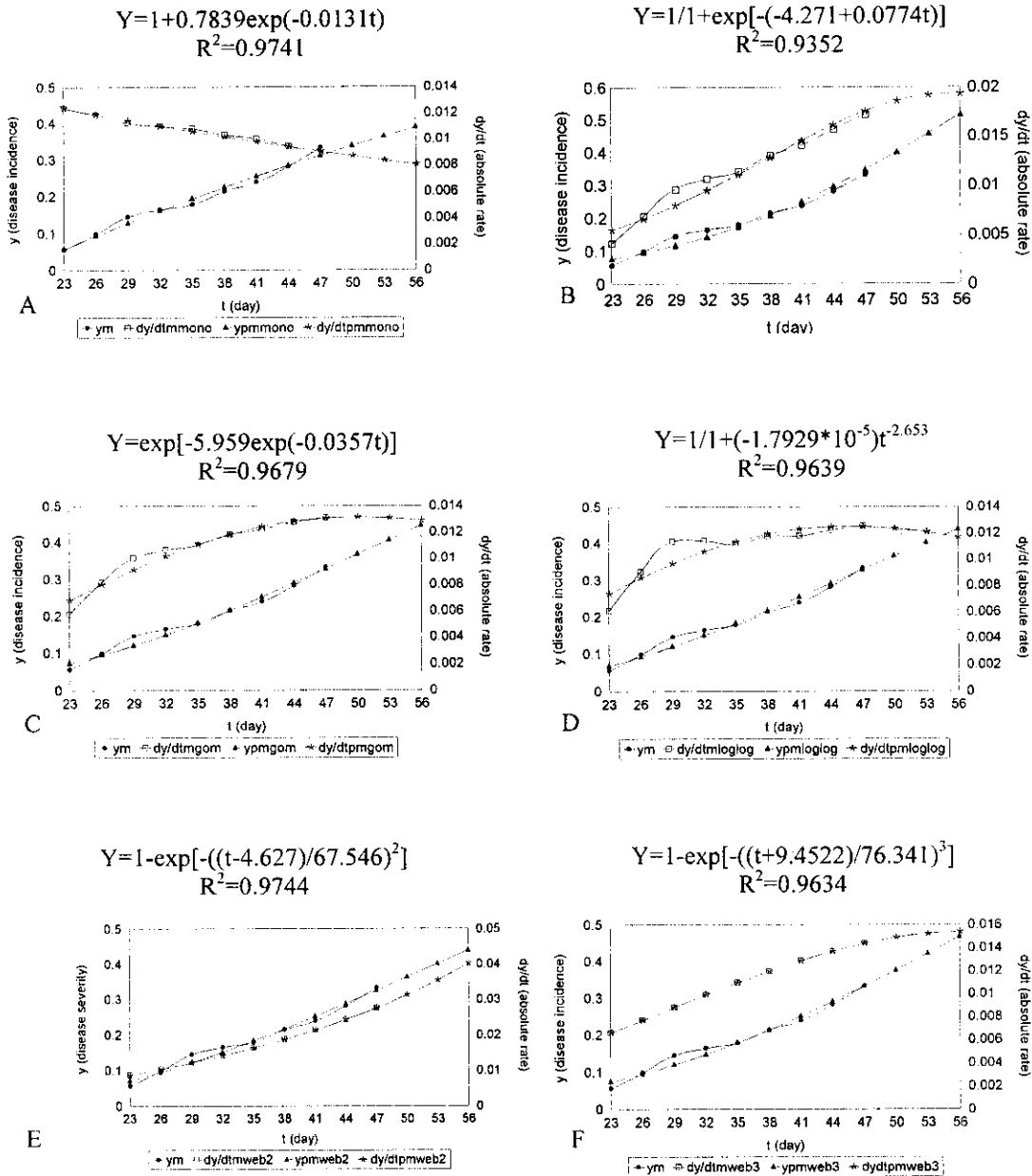
Fig. 3. Prediction of FHB progression in C. V. Zagros, using Monomolecular (A), Logistic (B), Gompertz (C), Log-Logistic (D), Weibull (C = 2) (E) and Weibull (C = 3) (F) models and their fitness with observed data in greenhouse conditions (—) and (—) . Predicted

توصیف پیشرفت بیماری در طی زمان معرفی نمود.

در اغلب منابع از این بیماری به عنوان یک بیماری تک چرخه ای یاد شده است و این امر را ناشی از دوره کوتاه حساسیت میزبان به بیمارگر می دانند (Bai and Shaner, 1994; Fernando et al., 1997; Paulitz et al., 1999). اما سؤال این است که اگر فرضاً در منطقه ای دو رقم گندم با تاریخ گلدهی متفاوت در کنار هم کشت شوند، در صورت آلوده شدن مزرعه اول آیا مزرعه دوم با منابع آلوده کننده مزرعه اول آلوده خواهد شد؟ آیا اسپورهای تولیدی قارچ قادرند چرخه ثانویه ای را بر روی سنبله های مزرعه کناری، که در مرحله حساس گلدهی هستند، به وجود آورند؟ و یا اگر در یک مزرعه تمامی سنبله ها به دلایلی در یک زمان به گل نروند و چند روزی تفاوت گلدهی داشته باشند، (مثلاً پنجه هایی که بعداً تولید می شوند و از نظر زمانی عقب تر از بوته های اصلی هستند) در این حال اگر سنبله های اولیه آلوده باشند آیا تأثیری در آلودگی سایر سنبله ها خواهد داشت؟

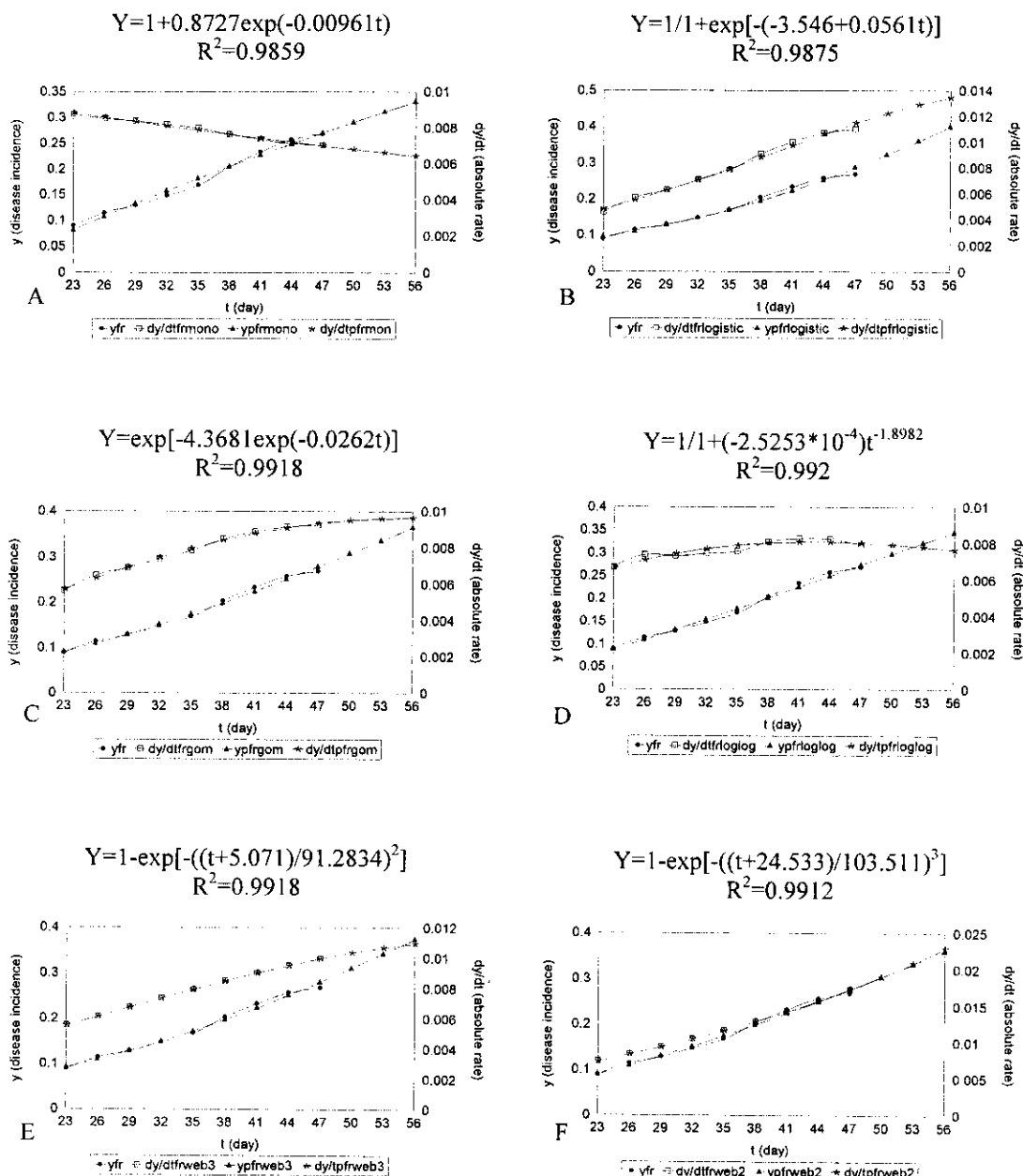
در آزمایش تک چرخه ای یا چندچرخه ای بودن بیماری، سنبله های سالم تا مرحله پر شدن کامل دانه علایمی از بیماری مبنی بر انتقال آلودگی از سنبله های آلوده به سالم نشان ندادند. با توجه به این که اسپورزایی قارچ در سنبله های آلوده انجام شده و این امر مصادف با دوره گلدهی گیاهان مایه زنی نشده (مرحله حساس) بود لذا این

در رقم میلان همان گونه که در جدول ۳ ملاحظه می گردد، بین R^2 مدل های مختلف تفاوت زیادی مشاهده نشد. آزمون t نیز این امر را ثابت می کند (جدول ۴). در چنین شرایطی تمامی این مدل ها در پیش بینی روند توسعه بیماری در این رقم به طور یکسان عمل می نمایند. علیرغم این مسأله مدل های تک مولکولی و ویبول ($C=2$) با داشتن R^2 بالاتر و MSE کمتر بر سایرین ترجیح داده می شوند. شکل ۴ بررسی روند توسعه بیماری در این رقم را با توجه به مدل های مختلف، نشان می دهد. در رقم فرونتانا ولاین مقاوم نیز به همین ترتیب و با آزمون t مشخص شد که بین مدل های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نمی گردد (جدول ۴) و تمامی این مدل ها کارآیی یکسانی در توصیف پیشرفت بیماری دارند، ولی با این وجود در هر دو رقم، مدل ویبول ($C=2$) با داشتن R^2 بالاتر و MSE کمتر بر سایرین برتری دارد. R^2 مدل تک مولکولی در لاین مقاوم با سایر مدل ها در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار داشت. بنابراین این مدل کارآیی لازم در پیش بینی روند توسعه بیماری در این لاین را ندارد. منحنی های مربوط به پیش بینی روند توسعه بیماری و میزان تطابق آن با داده های واقعی پیشرفت بیماری در رقم فرونتانا در شکل ۵ و در مورد لاین مقاوم در شکل ۶ آورده شده است. لازم به ذکر است که تکرار این آزمایش ها در آینده و در شرایط مختلف ضروری است تا بتوان بهترین مدل را جهت



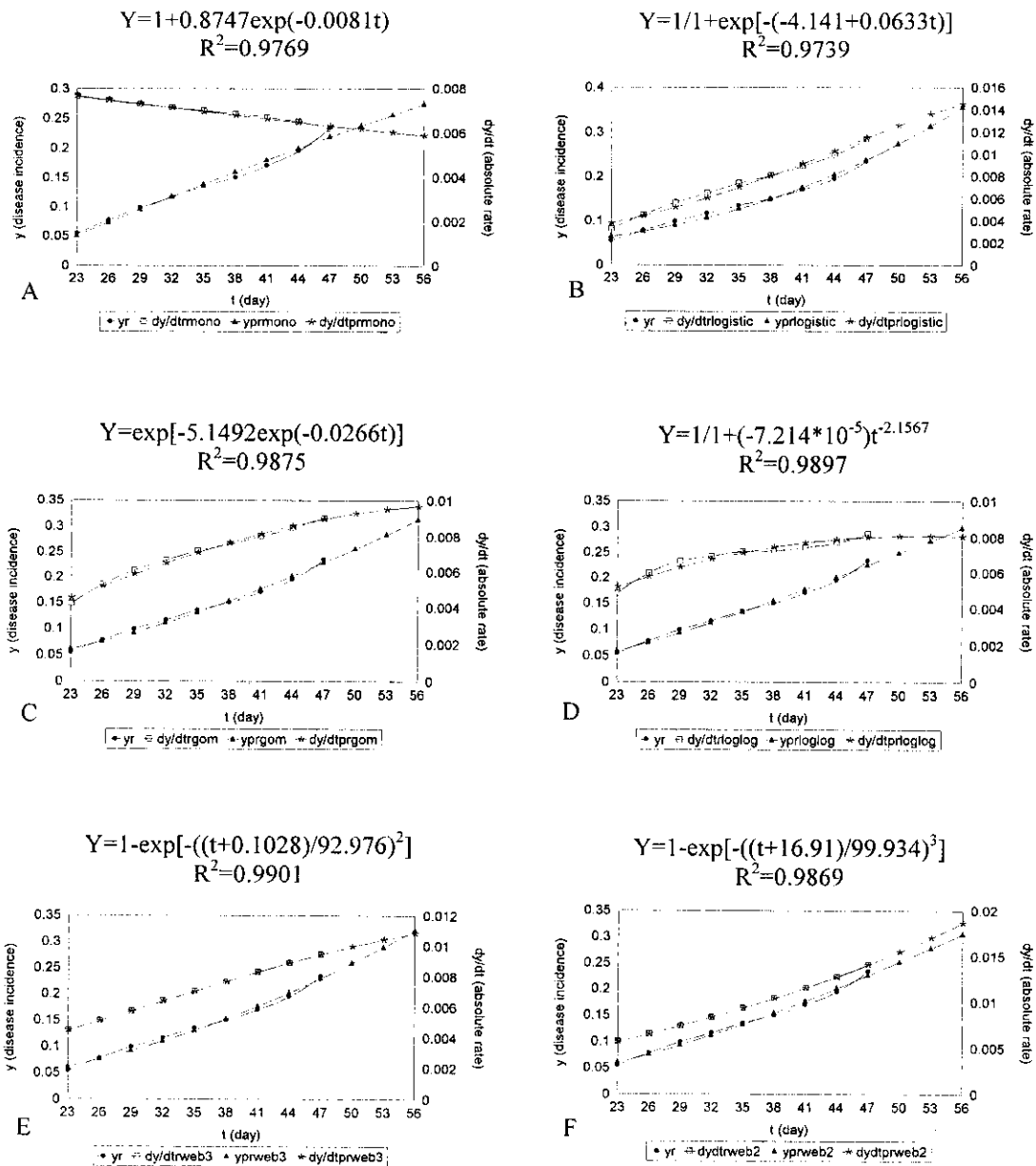
شکل ۴ - پیش بینی روند توسعه بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم در رقم میلان با استفاده از مدل‌های تک مولکولی (A)، لوجستیک (B)، گومپرتز (C)، لوگ-لوجستیک (D)، ویبول (C=2) (E) و ویبول (C=3) (F) و برازش آن‌ها با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در شرایط گلخانه (— و - مقدار مشاهده شده، — و - مقدار پیش بینی شده)

Fig. 4. Prediction of FHB progression in C. V. Milan, using Monomolecular (A), Logistic (B), Gompertz (C), Log-Logistic (D), Weibull (C=2) (E) and Weibull (C=3) (F) models and their fitness with observed data in greenhouse conditions (□ - observed and △, ▴ - Predicted)



شکل ۵- پیش بینی روند توسعه بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم در رقم فرونتانا با استفاده از مدل‌های تک مولکولی (A)، لوجستیک (B)، گومپرتز (C)، لوگ-لوجستیک (D)، ویبول (E) (C=2) و ویبول (F) (C=3) و برازش آن‌ها با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در شرایط گلخانه (— و — مقدار مشاهده شده، و — مقدار پیش‌بینی شده)

Fig.5. Prediction of FHB progression in C. V. Frontana, using Monomolecular (A), Logistic(B), Gompertz(C), Log-Logistic (D), Weibull(C = 2) (E) and Weibull (C=3) (F) models and their fitness with observed data in greenhouse conditions (— observed and — Predicted)



شکل ۶- پیش بینی روند توسعه بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم در لاین مقاوم با استفاده از مدل‌های تک مولکولی (A)، لوجستیک (B)، گومپرتز (C)، لوگ-لوجستیک (D)، ویبول (C=2) (E) و ویبول (C=3) (F) و برازش آن‌ها با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در شرایط گلخانه (—●— مشاهده شده، —▲— مقدار پیش بینی شده)

Fig. 6. Prediction of FHB progression in resistant line, using Monomolecular (A), Logistic(B), Gompertz(C), Log-Logistic (D), Weibull(C= 2) (E) and Weibull (C=3) (F) models and their fitness with observed data in greenhouse conditions (—●— observed and —▲— Predicted)

احتمال وجود دارد که عدم آلودگی، ناشی از عدم کارایی روش به کار برده شده در پخش اینوکولوم باشد. نتایج به دست آمده از آزمایش‌های مزرعه‌ای در زیر سیستم میست و مشاهده آلودگی بر روی سنبله‌هایی که اسپورپاشی نشده اند نیز می‌تواند تأییدی بر این استنتاج باشد (علیزاده و همکاران، در دست چاپ). بنابراین امکان دارد با به کارگیری روش مناسب تری از پخش اینوکولوم و فراهم بودن سایر شرایط، آلودگی ثانویه سنبله‌ها مشاهده شود.

References

منابع مورد استفاده

- فروتن، ع.، ارشاد، ج.، دلیلی، ع.، بامدادیان، ع.، و گرامی، ق. ۱۳۷۲. شیوع بلایت خوشه گندم در مازندران، خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. دانشگاه گیلان، رشت.
- گلزار، ج. ۱۳۶۸. بیماریهای بلایت خوشه گندم، بررسی در مورد عامل بیماری، نحوه آلودگی و انتقال بوسیله بذر، بیماریهای گیاهی ۲۵: ۱۷-۲۲.
- گلزار، ج. ۱۳۷۲. بررسی پراکندگی فوزاریوم خوشه گندم در مناطق گرگان و گنبد و میزان حساسیت ارقام تجاری گندم. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. دانشگاه گیلان، رشت.
- ملیحی پور، ع. ۱۳۷۶. بررسی بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم و نقش چند عامل محیطی در توسعه آن در مناطق گرگان و مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- ملیحی پور، ع.، اخوت، م. و علیزاده، ع. ۱۳۷۹. تجزیه و تحلیل پیشرفت بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم در شرایط کنترل شده با استفاده از مدل‌های اپیدمیولوژیک. بیماریهای گیاهی ۳۶: ۱۴۲-۱۲۴.
- علیزاده، ع.، میرزایی، س.، صفایی، ن. و دهقان، م. ۱۳۸۰. تجزیه و تحلیل زمانی اپیدمی‌های بلایت فوزاریومی سنبله گندم در شرایط مزرعه (در دست چاپ).

Bai, G. H., and Shaner, G. 1994. Scab of wheat.: Prospects for control. *Plant Disease* 78: 760-766.

Campbell, C.L., and Madden, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Sons. 532 pp.

De Galich, M.T. V. 1997. Fusarium head blight in Argentina pp. 19-28. In: Dubin, H. J., Gilchrist, L., Reeves, J. and McNab, A. (eds.) *Fusarium Head Scab: Global Status and Future Prospects*. Mexico, D. F.: CIMMYT.

- De Wolf, E., Francle, L., Lipps, P., Madden, L., Osborne, L., and JIN, Y. 2000a.** Factors affecting the development of wheat Fusarium head blight. National Fusarium Head Blight Forum:137-140.
- De Wolf, E. D., Lipps, P. E., and Madden, L. V. 2000b.** Crop residue moisture and *Gibberella zeae* perithecia development (Abst.). National Fusarium Head Blight Forum:136.
- De Wolf, E. D., Madden, L. V., and Lipps, P. E. 2000c.** Prediction of Fusarium head blight epidemics. National Fusarium Head Blight Forum: 131-135.
- Evans, C. K., and Dill - Macky, R. 2000.** Influence of mist - irrigation volume on the severity of Fusarium head blight and seed characteristics in selected check cultivars and lines of wheat and barley. (Abst). National Fusarium Head Blight Forum: 143.
- Fernando, W. G. D., Paulitz, T. C., Seaman, W. L., Dutilleul, P., and Miller, J. D. 1997.** Head blight gradients caused by *G. zeae* from area sources of inoculum in wheat field plots. *Phytopathology* 87: 414-421.
- Jenkinson, P., and Parry, D.W. 1994.** Splash dispersal of conidia of *Fusarium culmorum* and *F. avenaceum*. *Mycological Research* 98: 506-510.
- Kempenaar, C., Horsten, P. J. F. M., and Scheepens, P. C. 1996.** Spore germination and disease development after application of pycnidiospores of *Ascochyta caulina* to *Chenopodium album* plants. *European Journal of Plant Pathology* 102: 143-153.
- Khonga, E. B., and Sutton, J. C. 1988.** Inoculum production and survival of *G. zeae* in maize and wheat residues. *Canadian Journal Plant Pathology* 10: 232 – 239.
- Maldonado-Ramirez, S. L., and Bergstorm, G. C. 2000.** Temporal patterns of ascospore discharge by *Gibberella zeae* from colonized corn stalks under natural conditions. National Fusarium Head Blight Forum 136.
- Mesterhazy, A. 1997.** Fungicide control of Fusarium scab and impact on toxin contamination. pp. 120-124. In: Dubin, H.J., Gilchrist, L., Revees, J., and McNab, A. (eds.). *Fusarium Head Scab: Global Status and Future Prospects*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Nagtzaam, M. P. M., and Bollen, G. C. 1997.** Colonization of roots of eggplant and potato by *Talaromyces flavus* from coated seed. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 1499-1507.

- Ojiambo, P. S., Nyanapah, J. O., Lung-Aho, C., Karinga, J.K., and Kidenemariam, H. M. 2000.** Comparing different epidemiological models in field evaluations of selected genotypes from *Solanum tuberosum* CIP population A for resistance to *Phytophthora infestans* (mont.) DeBary in Kenya. *Euphytica* 11: 211-218.
- Parry, D. W., Jenkinson, P., and Mcleod, L. 1995.** Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals-a review. *Plant Pathology* 44: 207-238.
- Paulitz, T. C. 1996.** Durinal release of ascospores by *Gibberella zeae* in inoculated wheat plots. *Plant Disease* 80: 674-678.
- Paulitz, T. C., Dutilleul, P., Yamasaki, S. H., Fernando, W. G. D., and Seaman, W. L. 1999.** A generalized two dimensional Gaussian model of disease foci of head blight of wheat caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology* 89: 74- 83.
- Shaner, G., and Buechley, G. 2000.** Sampling spores of *Fusarium graminearum*. National Fusarium Head Blight Forum: 182-186.
- Sutton, J. C. 1982.** Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 4: 195-209.
- Tschanz, A. T., Horst, R. K., and Nelson, P. E. 1975.** Ecological aspects of ascospore discharge in *Gibberella zeae*. *Phytopathology* 65: 597-599.
- Tschanz, A. T., Horst, R. K., and Nelson, P. E. 1976.** The effect of environmental on sexual reproduction of *G. zeae*. *Mycologia* 68: 327-340.
- Xu, H., Gaffoor, I., Andries, C., and Trail, F. 2000.** The mechanism of forcible discharge of ascospores in *Gibberella zeae*. (Abst.). National Fusarium Head Blight Forum: 192.

آدرس نگارندگان:

سهیلا میرزائی، عزیزالله علیزاده و ناصر صفائی- گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی ۱۱۱، تهران ۱۴۱۱۵.