

بیماریهای گیاهی، جلد ۴۰، ۱۳۸۳

بررسی روند پیشرفت بیماری لکه گرد برگ چغندر قند با استفاده از

مدلهای اپیدمیولوژیکی*

Modeling of disease progress in Cercospora leaf spot of sugar beet

ریحانه مدنیان محمدی، واهه میناسیان**، ناصر صفایی، سیدباقر محمودی و حمید شریفی
بخش گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهیدچمران، گروه بیماری شناسی گیاهی،
دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند،
مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد-دزفول

دریافت ۸۲/۷/۱ پذیرش ۸۳/۴/۱۷

چکیده

مطالعه روند پیشرفت بیماری لکه گرد برگ چغندر قند ناشی از *Cercospora beticola* با ایجاد اپیدمی مصنوعی، در یک رقم مقاوم خارجی و لاینهای ۷۱۱۲، ۲۶۱، ۱۹۱ و ۲۳۶ در قالب یک طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه صفی آباد دزفول و در دو سال زراعی متوالی ۸۰-۱۳۷۹ و ۸۱-۱۳۸۰ انجام شد. مقایسه برآزش مدل‌های شناخته شده در اپیدمیولوژی بیماریهای گیاهی با استفاده از مدل‌های تک مولکولی، لوجستیک، گومپرتز، لوگ-لوجستیک و ویبول صورت گرفت. نتایج برآزش داده های مربوط به پیشرفت بیماری در رقم و لاینهای مذکور نشان داد که در سال اول مدل‌های لوجستیک و لوگ-لوجستیک بیشترین برآزش را با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری نشان دادند. در سال دوم مدل‌های

* قسمتی از پایان‌نامه کارشناسی نگارنده اول ارائه شده به دانشگاه شهید چمران اهواز

** مسئول مکاتبه

لوجستیک، لوگ‌لوجستیک و گومپرتز کارآیی بیشتری در توصیف پیشرفت بیماری داشتند. در تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به هر دو سال مدل لوگ‌لوجستیک در مقایسه با سایر مدل‌ها بیشترین کارآیی را در توصیف مراحل پیشرفت بیماری نشان داد و مدل‌های تک مولکولی و ویبول فاقد کارآیی لازم در این زمینه بودند.

طی دو سال تحقیق حاضر مشخص شد که بیماری از اواسط اسفندماه ظاهر شده و تا اواسط خرداد پیشرفت می‌کند. با توجه به اینکه برداشت چغندر قند در خوزستان همه ساله از اوایل اردیبهشت ماه شروع می‌شود، به منظور کاهش میزان خسارت بیماری تاریخ برداشت مزارع آلوده بایستی در اولویت قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، لکه‌گرد برگ، *Cercospora beticola*، مدل‌های اپیدمیولوژی، تک مولکولی، لوجستیک، لوگ-لوجستیک، گومپرتز، ویبول

مقدمه

بیماری لکه گرد برگ چغندر قند یکی از مهمترین بیماریهای قارچی این گیاه است که در مناطق گرم و مرطوب شیوع داشته و خسارات قابل توجهی از نظر کمی و کیفی به زراعت چغندر قند وارد می‌کند (Holtschulte 2000). این بیماری اولین بار در سال ۱۸۷۶ گزارش شده و در تمام دنیا بویژه در اروپا و آمریکا شایع است. در ایران بیماری ابتدا توسط اسفندیاری در سال ۱۳۲۶ جمع‌آوری و سپس از مناطق اردبیل، بندرعباس، خوزستان، بجنورد، سواحل دریای خزر، کازرون، خرم‌آباد، خوی و ارومیه نیز گزارش شد (Ershad 1995). عامل بیماری لکه گرد برگ چغندر قند قارچ *Cercospora beticola* است، که علاوه بر چغندر قند سایر گونه‌های متعلق به جنس *Beta* را آلوده می‌کند. بیمارگر در ایران از روی گیاهان سلمک، کاهو، کرفس، اسفناج، سیب‌زمینی و سویا نیز جمع‌آوری شده است (Ershad 1995).

خسارت ناشی از این بیماری با کاهش در وزن ریشه و محتوای شکر که منجر به پایین آمدن عملکرد ریشه و شکر سفید استحصالی می‌شود همراه است (Rossi et al. 2000) و از طرف دیگر با افزایش املاح یا مواد غیرقندی خصوصاً سدیم، پتاسیم و ازت مضر باعث کاهش

ارزش تکنولوژیک چغندر قند می شود (Shane & Teng 1992). برآورد میزان خسارت از ۸ درصد تا بالغ بر ۵۵ درصد (Mikhailov 1975) از کشورهای مختلف گزارش شده است (Rossi et al. 2000) و کاهش محصول از مزارع آلوده بین ۱۰ تا ۴۰ درصد از کشورهایی چون استرالیا، فرانسه، آلمان، یونان، ایتالیا، هلند، اسپانیا و ترکیه گزارش شده است (Byford 1996). در سال ۱۹۹۸ پتانسیل تخریبی بیماری در شمال ایتالیا بالغ بر صد میلیون یورو برآورد شده است (Meriggi et al. 2000).

یکی از ابزارهای مهم مدیریت این بیماری مطالعات اپیدمیولوژیک می باشد. یکی از جنبه های بررسی های کمی اپیدمی کها، آنالیز زمانی آنها و انتخاب یک مدل مناسب جهت توصیف داده های پیشرفت بیماری است. انتخاب مدل از این جهت مهم است که پارامترهای محاسبه شده مدل، پایه ی آنالیز آماری را تشکیل داده و مقایسه منحنی های پیشرفت بیماری را ممکن می سازند (Campbell & Madden 1990). منحنی پیشرفت بیماری (منحنی شدت بیماری در مقابل زمان) با اندازه گیری مقدار بیماری موجود در یک جمعیت گیاهی در زمانهای مختلف بدست می آید.

از جمله مدل هایی که برای آنالیز داده های پیشرفت بیماری گیاهی بکار رفته اند، مدل نمایی (exponential)، تک مولکولی (monomolecular)، لوجستیک (logistic)، گومپرتز (Gompertz)، لوگ-لوجستیک (log-logistic)، ویبول (Weibull)، فون برتالانفی-ریچارد (Von Bertalanffy-Richards) و پلی-نومیال (polynomial) می باشند (Campbell & Madden 1990, Vander plank 1963). مدل لوجستیک به خاطر کارایی بالا و کاربرد وسیعش در تشریح بسیاری از اپیدمی ها، احتمالاً مهمترین مدل جهت آنالیز زمانی پیشرفت بیماریها است. گومپرتز (Gompertz 1825) مدلی را جهت رشد جمعیت حیوانات پیشنهاد داد. برگر (Berger 1981) کارایی این مدل را نسبت به مدل لوجستیک در توصیف ۱۱۳ اپیدمی از بیماری گیاهی به اثبات رساند (Madden 1980, Campbell & Madden 1990). اخیراً مطالعات ارزنده ای بر روی برآورد آستانه های اپیدمیک برای پیش بینی خسارت بیماری لکه گرد چغندر قند انجام شده است. در این مطالعات زمان سمپاشی با استفاده از منحنی های پیشرفت بیماری تعیین گردیده است (Wolf and Verreet, 2002).

در این تحقیق روند پیشرفت بیماری لکه گرد برگ چغندر قند در شرایط طبیعی منطقه دزفول مورد بررسی قرار گرفت و از طریق مقایسه‌ی برآزش داده‌های پیشرفت بیماری با مدل‌های شناخته شده در اپیدمیولوژی بیماریهای گیاهی، بهترین مدل برای این بیماری انتخاب شد. این اولین مطالعه از زاویه اپیدمیولوژی کمی بر روی این بیماری در ایران است.

روش بررسی

به منظور انجام مطالعات مربوط به توسعه بیماری در شرایط طبیعی نیاز به مایه‌زنی مصنوعی با مایه تلقیح قارچ می‌باشد تا آلودگی یکنواخت در تمام ارقام آزمایشی حاصل شود.

تهیه و آماده سازی مایه تلقیح

به این منظور بعد از خالص‌سازی جدایه‌ی تک اسپور در محیط آب-آگار-پنی‌سیلین، قارچ جهت رشد به محیط کشت عصاره هشت گیاه (۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره ۷۸ در یک لیتر آب، ۳ گرم کربنات کلسیم و ۲۰ گرم آگار) یا عصاره برگ چغندر قند-آگار منتقل گردید. سپس ظروف پتری در نور مداوم و دمای ۱۵ تا ۱۷ درجه سانتیگراد نگهداری شد. جهت مایه‌زنی از کشت ۴ تا ۶ روزه‌ی قارچ استفاده گردید. هر ظرف پتری برای آلودگی ۱۰ مترمربع زمین مزرعه استفاده و سمپاش برای ۴۰۰ لیتر آب در هکتار کالیبره شد. به منظور کمک به تندش و نفوذ اسپور، یک روز قبل از مایه‌زنی و دو روز بعد از آن، مزرعه آزمایشی به صورت بارانی آبیاری شد. تعداد دفعات اسپورپاشی (مایه‌زنی) بین یک تا سه مرتبه و زمان آن از نیمه دوم اسفند ماه شروع شد. این زمان مصادف با ظهور علائم لکه برگگی به طور طبیعی روی بعضی از برگهای خارجی بوته‌ها بود.

بررسی روند پیشرفت بیماری در مزرعه

این آزمایش در دو سال زراعی متوالی ۱۳۷۹-۸۰ و ۱۳۸۰-۸۱ در مرکز تحقیقات صفی‌آباد دزفول در قالب طرح بلوک کامل تصادفی صورت پذیرفت. در سال اول آزمایش از یک رقم و چهار لاین چغندر قند شامل مونودرا (رقم مقاوم خارجی) و لاینهای ۷۱۱۲، ۲۶۱ و ۱۹۱ و ۲۳۶ در چهار تکرار و هر تکرار شامل سه خط به طول ۸ متر و با فاصله ۶۰ سانتیمتر بوده که در اواخر شهریور ماه کشت گردید. در سال دوم رقم مقاوم خارجی HM-1836 جایگزین رقم

موندرا شد. آماربرداری و ثبت شدت بیماری براساس مقیاس نمره‌دهی عددی ۰ تا ۵ (Anonymous 1994) بعد از ظهور اولین علائم روی برگهای خارجی شروع و تا زمانی که در دو تاریخ متوالی شدت بیماری ثابت باقی ماند، ادامه یافت. این زمان مصادف با زمان برداشت چغندر قند در اواخر خرداد ماه بود.

مشخصات مدل‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل پیشرفت بیماری

معادلات دیفرانسیلی، انتگرالی و شکل خطی مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق در مقاله علیزاده و همکاران به تفصیل شرح داده شده است (Alizadeh et al. 2004).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Stat Graphics و رسم نمودارهای پیشرفت بیماری جهت بررسی برآزش مدل‌های اپیدمیولوژیکی با استفاده از نرم‌افزار Harward Graphics صورت پذیرفت. به این ترتیب روند پیشرفت بیماری در طول زمان برای هر یک از ارقام مورد آزمایش به دست آمد.

نتیجه و بحث

آزمایش سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹

داده‌های مربوط به شدت بیماری لکه گرد برگ ارقام مورد آزمایش چغندر قند در طول دوره رشد در جدول شماره ۱ خلاصه شده است. این نتایج نشان داد که رقم موندرا مقاومترین و لاینهای ۱۹۱ و ۲۳۶ حساس‌ترین ارقام مورد آزمایش بودند. زمان ظهور علائم لکه برگ روی تمامی ارقام یکسان بود ولی شدت نهایی بیماری متناسب با سطح حساسیت مواد ژنتیکی متفاوت بود (جدول ۱).

خلاصه نتایج این ارزیابی که با استفاده از دو شاخص مهم ضریب تبیین (Coefficient of determination) (R^2) و میانگین مربعات خطا (mean square error) (MSe) صورت گرفته است. در جدول ۲ ارایه شده است. با مقایسه R^2 و MSe در مدل‌های تست شده کارآیی هر کدام از این مدل‌ها جهت پیشرفت بیماری و برآزش آنها با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری تعیین می‌گردد. شایان ذکر است که در ارزیابی یک مدل، R^2 معیار بسیار مهمی بوده و MSe از

اهمیت کمتری برخوردار است. بنابراین جهت مقایسه مدل‌های مورد نظر ابتدا به R^2 توجه می‌شود و چنانچه به علت تشابه R^2 مدل‌ها، امکان انتخاب مدل مناسب وجود نداشته باشد در مرحله بعد به MSE توجه می‌شود.

جدول ۱- میانگین شدت بیماری مشاهده شده در آزمایش سال زراعی ۱۳۷۹-۸۰

Table 1. Averages of observed disease severity in the experiment of 2000-2001

Variety	Date	13	17	24	2	12	17	Mean of DS%*
		April	April	April	May	May	May	
Monodera		0.62	0.87	1.23	2.12	2.6	2.78	9.05B
7112		0.85	1.11	1.73	2.7	3.15	3.21	22.53AB
261		0.88	1.24	1.75	2.85	3.33	3.46	26.06A
191		1	1.66	1.69	2.74	3.8	4	31.05A
236		1	1.38	1.6	2.86	3.78	3.8	39.91A**

*Disease Severity ; **Comparison of DS means by Duncan test; figures with same letter are not significantly different at $P = 0.01$

به منظور تعیین برآزش پنج مدل رشدی فوق‌الذکر برای داده‌های مربوط به پیشرفت بیماری در رقم مونودرا، با ملاحظه‌ی جدول شماره ۲ نتیجه‌گیری می‌شود که مدل‌های لوجستیک و لوگ-لوجستیک با داشتن بالاترین R^2 بیشترین برآزش را با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری دارند. مدل گومپرتز نیز در سطح بعدی قرار می‌گیرد که با آزمون t مشخص شد که بین این سه مدل از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. (شکل ۱- A) پیش‌بینی روند توسعه‌ی بیماری را در این رقم (مونودرا) و برآزش آن با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در مدل لوجستیک* را نشان می‌دهد. در این شکل نرخ مطلق (dy/dt نسبت به زمان) مربوط به پیشرفت بیماری که سرعت پیشرفت بیماری در طی زمان را نشان می‌دهد نیز ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود از اوایل اردیبهشت ($t=35$) منحنی شدت بیماری (y) حالت تصاعدی به خود گرفته و بیشترین تغییر در شدت بیماری نسبت به زمان (dy/dt) در * از میان ۵ مدل مورد استفاده طی هر دو سال آزمایش فقط نمودار مدلی که بهترین تبیین را برای هر کدام از ارقام و لاین‌های چغندر داشتند، در شکل‌های ۱ تا ۵ نشان داده شده است.

اواخر اردیبهشت (t=53) ماه رخ می دهد و بعد از آن منحنی پیشرفتی ندارد. مدل ویبول به علت اختلاف بسیار زیاد دو منحنی y_p و y (شدت بیماری پیش بینی شده) توانایی ارائه خوبی از تفسیر بیماری نداشت. مدل تک مولکولی هم چون جهت توصیف بیماریهای تک چرخه ای (Monocyclic) کاربرد دارد، این آزمایش نشان داد که قادر به توصیف مراحل پیشرفت این بیماری چند چرخه ای در شرایط استان خوزستان نمی باشد.

جدول ۲- مقایسه ضریب تبیین (R2) و (MSe) رقم Monodera و چهار لاین 7112 و 261 و 191 و 236 برای هر یک از مدل های اپیدمی شناسی در سال زراعی

۷۹-۸۰

Table 2. Coefficient of determination and MSe in different epidemiological models for Monodera variety and four lines including 7112, 261, 191 and 236 in 2000-2001

Variety or Line	Monomolecular		Logistic		Loglogistic		Gompertz		Weibull	
	R ² %	MSe	R ² %	MSe	R ² %	MSe	R ² %	MSe	R ² %	MSe
Monodera	41.04	0.02	87.27	0.65	87.97	0.62	79.02	0.1	69.71	0.01
7112	68.58	0.07	90.45	0.69	91.33	0.63	89.03	0.12	86.67	0.02
261	77.44	0.06	94.09	0.38	93.94	0.39	90.93	0.11	89.25	0.02
191	70.91	0.17	96.81	0.23	94.08	0.44	87.83	0.22	85.57	0.04
236	59.88	0.23	76.4	1.95	75.57	2.02	73.44	0.51	72.42	0.07

با توجه به جدول ۲ و منحنی های پیشرفت بیماری در مقابل زمان (شکل ۱- B) محرز است که در لاین ۷۱۱۲ مدل های لوگ-لوجستیک، لوجستیک و گومپرتز به ترتیب با ضریب تبیین های ۹۱/۳۳، ۹۰/۴۵ و ۸۹ درصد برازش بالایی با داده های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری دارند. از لحاظ آماری در سطح یک درصد اختلاف معنی داری بین مدل ها وجود ندارد و روند پیشرفت بیماری در این لاین مشابه رقم مقاوم مونودرا می باشد. نیز با مشاهده جدول ۲ مشخص می شود که در لاین ۲۶۱ که مدل لوجستیک (R² = ۹۴ %) بالاترین ضریب تبیین را داراست و مدل های لوگ-لوجستیک (R² = ۹۳/۹۴ %) و گومپرتز (R² = ۹۱ %) در رده های بعدی قرار می گیرند و آزمون t اختلاف معنی داری را بین مدل ها نشان نداد. این لاین نیز روند پیشرفت مشابهی با رقم مونودرا و لاین ۷۱۱۲ دارد با این تفاوت که شدت نهایی بیماری در

این لاین بیشتر است. (شکل ۲-۱) نمودارهای مقدار بیماری پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مقابل زمان و نرخ افزایش بیماری در طی زمان در لاین ۲۶۱ را نشان می‌دهد. در لاین ۱۹۱ نیز مدل لوجستیک با داشتن بالاترین R^2 (۹۶/۸۱ درصد) و کمترین خطا ($MSE = ۰/۲$) بیشترین برازش را با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری دارد (شکل ۲-۲). در لاین ۲۳۶ نیز همانند دو لاین قبلی مدل لوجستیک بالاترین R^2 را دارد. این مدل نشان می‌دهد که اوایل اردیبهشت نمودار شدت بیماری (y) سیر صعودی را طی می‌کند و بیشترین آن در اواخر اردیبهشت رخ می‌دهد و بعد از آن پیشرفت منحنی متوقف می‌شود (شکل ۳-۱).

آزمایش سال زراعی ۱۳۸۰-۸۱

نتایج حاصل از یادداشت‌برداری سال زراعی ۱۳۸۰-۸۱ در جدول ۳ خلاصه شده است. این نتایج نشان داد که رقم HM-1836 که جایگزین رقم مقاوم مونودرا شده بود، مقاومترین رقم و لاینهای ۱۹۱، ۲۳۶ همچون سال گذشته حساسترین مواد ژنتیکی مورد آزمایش بودند.

جدول ۳- میانگین شدت بیماری مشاهده شده در آزمایشات سال زراعی ۱۳۸۰-۸۱

Table 3. Averages of observed disease severity in 2001- 2002

Variety	Day	16	26	6	20	26	20	3	Mean
	March	March	April	April	April	May	June		of
									DS%*
HM-1836	0.16	0.33	0.43	0.73	1.25	1.48	1.8	0.96B**	
7112	0.66	0.9	1.61	2.1	2.55	2.43	3.16	16.92A	
261	0.48	0.75	1.41	1.98	2.48	2.68	3	12.98A	
191	0.3	0.6	1.131	1.4	2.15	2.71	3.7	19.20A	
236	0.36	0.53	1.25	1.56	2.41	2.41	3.6	14.93A	

*Disease Severity ; **Comparison of DS means by Duncan test; figures with same letter are not significantly different at $P = 0.01$

در این آزمایش نیز مدل‌های قبلی برای تمامی ارقام مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر ضریب تبیین (R^2) و میانگین مربعات اشتباه آزمایش (MSE) در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به مقادیر R^2 , MSE و نمودارهای مربوط به پیشرفت بیماری (شکل ۴-۱) در رقم HM-1836، مدل لوجستیک ($R^2=81.8$) بیشترین برازش را با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری دارد. پس از آن به ترتیب مدل‌های گومپرتز و لوگ-لوجستیک قرار دارند که با آزمون t

اختلاف معنی داری بین این مدل‌ها دیده نمی‌شود. با ملاحظه جدول ۴ مشخص می‌شود که در لاین ۷۱۱۲ مدل‌های گومپرتز و لوگ-لوجستیک به ترتیب با ضریب تبیین‌های ۹۳ و ۹۲/۵ درصد و میزان MSe پایین، بیشترین برآزش را با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری دارند (شکل ۴-B). مدل لوجستیک ($R^2=90/7\%$) در رده بعدی قرار دارد که مقایسه میانگین‌ها با آزمون t اختلاف معنی داری را بین این سه مدل نشان نمی‌دهد. در این لاین تا اوایل اردیبهشت روند پیشرفت بیماری بسیار کند بوده و تا اواخر اردیبهشت بیشترین تغییر در شدت بیماری به وجود می‌آید (شکل ۴-B). براساس مقادیر MSe و R^2 در لاین ۲۶۱ مدل لوگ-لوجستیک بالاترین R^2 ($R^2=93/21\%$) را به خود اختصاص داده است (شکل ۵-A) و مدل‌های گومپرتز ($R^2=90/88\%$) و لوجستیک ($R^2=89/7\%$) در سطوح بعدی قرار می‌گیرند و اختلاف معنی داری ندارند. در لاین ۱۹۱ بالاترین R^2 مربوط به مدل لوجستیک ($R^2=96\%$) است و پس از آن مدل‌های لوگ-لوجستیک ($R^2=91\%$) و گومپرتز ($R^2=89\%$) قرار می‌گیرند (شکل ۵-B). بالاخره با توجه به جدول ۴ نتیجه‌گیری می‌شود که در لاین ۲۳۶ مدل لوجستیک ($R^2=79/38\%$) بالاترین ضریب تبیین را داشته و بعد از آن مدل گومپرتز ($R^2=76/7\%$) قرار می‌گیرد. براساس (شکل ۳-B) اوج بیماری یا بیشترین مقدار شدت بیماری در لاین ۲۳۶ در اواخر اردیبهشت ماه رخ می‌دهد و بعد از آن منحنی سیر نزولی را طی می‌کند.

جدول ۴- مقایسه ضریب تبیین (R^2) و (MSe) رقم HM-1836 ولاین‌های 7112 و 261 و 191 و

236 برای هر یک از مدل‌های اپیدمی‌شناسی در سال زراعی ۸۱-۸۰

Table 4. Coefficient of determination and MSe in different epidemiological models for HM-1836 variety and four lines including 7112, 261, 191 and 236 in 2001-2002

Variety Or Line	Monomolecular		Log-logistic		Log-logistic		Gompertz		Weibull	
	R ² %	MSe	R ² %	MSe	R ² %	MSe	R ² %	MSe	R ² %	MSe
Hm-1836	53.24	0.001	81.79	0.38	75.61	0.5	79.93	0.01	73.04	0.001
7112	79.89	0.017	90.68	0.55	92.54	0.44	93	0.05	90.4	0.009
261	72.28	0.009	89.69	0.5	93.21	0.3	90.88	0.04	88.22	0.007
191	69.62	0.07	96.07	0.33	91.62	0.7	89.75	0.13	87.28	0.16
236	56.43	0.08	79.38	1.7	71.13	2.45	76.67	0.26	72.89	0.04

با توجه به نتایجی که در آزمایشات سال‌های زراعی ۸۰-۷۹ و ۸۱-۸۰ به آنها اشاره

شد، مشخص می‌شود که در سال اول مدل لوجستیک بالاترین R^2 را برای سه لاین ۲۶۱، ۱۹۱، ۲۳۶ داشته و اختلاف بسیار ناچیزی با مدل لوگ-لوجستیک در رقم مونسودرا دارد. در سال دوم نیز برای سه رقم HM-1836، ۱۹۱ و ۲۳۶ مدل لوجستیک بیشترین ضریب تبیین را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین اگر از مقادیر R^2 مربوط به پنج رقم آزمایشی برای هر یک از مدل‌های مورد مطالعه بطور جداگانه میانگین گیری شود، برای هر یک از مدل‌ها یک R^2 بدست می‌آید. مقایسه‌ی میانگین نهایی R^2_s نشان می‌دهد که در سال اول مدل لوجستیک با متوسط ضریب تبیین ۸۹ درصد و در سال دوم با متوسط ۸۷/۵ درصد بالاترین R^2 را داشته و بیشترین برآزش را با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری لکه گرد برگ چغندر قند دارا می‌باشد. این مطالعات نشان داد که مدل‌های تک مولکولی و ویبول کارآیی لازم را در توصیف روند پیشرفت این بیماری ندارند (جداول ۲ و ۴).

بررسی برآزش مدل‌های اپیدمیولوژیک به منظور انتخاب بهترین مدل توسط محققین مختلف صورت گرفته است از جمله می‌توان در ایران به مطالعات ملیحی‌پور و همکاران (۱۳۷۹) بر روی بلایت فوزاریومی سنبله گندم اشاره کرد. آنها روند توسعه بیماری را در دماهای ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷ و ۳۰ درجه سانتیگراد بررسی کردند و دریافتند که در هر سه رقم گندم مدل گومپرتز با داشتن بالاترین میانگین R^2 و کمترین میانگین MSE ، بیشترین کارآیی را در توصیف بیماری دارا است. مطالعات میرزایی (۱۳۸۰) بر روی بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم تحت شرایط میست و خارج از میست روی چهار رقم گندم نشان داد که مدل‌های مونومولکولار و ویبول ($C=2$) نسبت به سایر مدل‌ها کارآیی بالاتری دارند. زادوکس در سال ۱۹۶۱ معادله لوجستیک را در یک مطالعه بر روی رنگ زرد گندم به کاربرد و یک روش گرافیکی برای تنظیم طول متغیر در دوره نهان معرفی نمود (Campbell & Madden 1990).

کارآیی مدل لوجستیک در توصیف اثر دوره رطوبت و دما بر روی آلودگی گل شمع‌دانی توسط *Botrytis cinerea* (Sirjusingh & Sutton 1996)، آنالیز پیشرفت زمانی بیماری Corky bark در انگور (Tanne et al. 1996)، ارزیابی شدت بیماری لکه برگ سپتوریا (*Septoria lycopersici*) در گوجه‌فرنگی (Parker et al. 1997) و تعیین زمان و فراوانی کاربرد قارچکش برای مدیریت و کنترل بیماری لکه برگ‌گی خاکستری ذرت ناشی از *Cercospora zea - maydis*

(Ward et al. 1997) نیز به اثبات رسیده است.

ادغام داده‌های مربوط به هر دو سال و تجزیه و تحلیل آنها نشان داد که مدل لوگ-لوجستیک برای هر چهار لاین مورد بررسی (۱۹۱، ۲۶۱، ۷۱۱۲ و ۲۳۶) نسبت به سایر مدلها برتری داشت (جدول ۵).

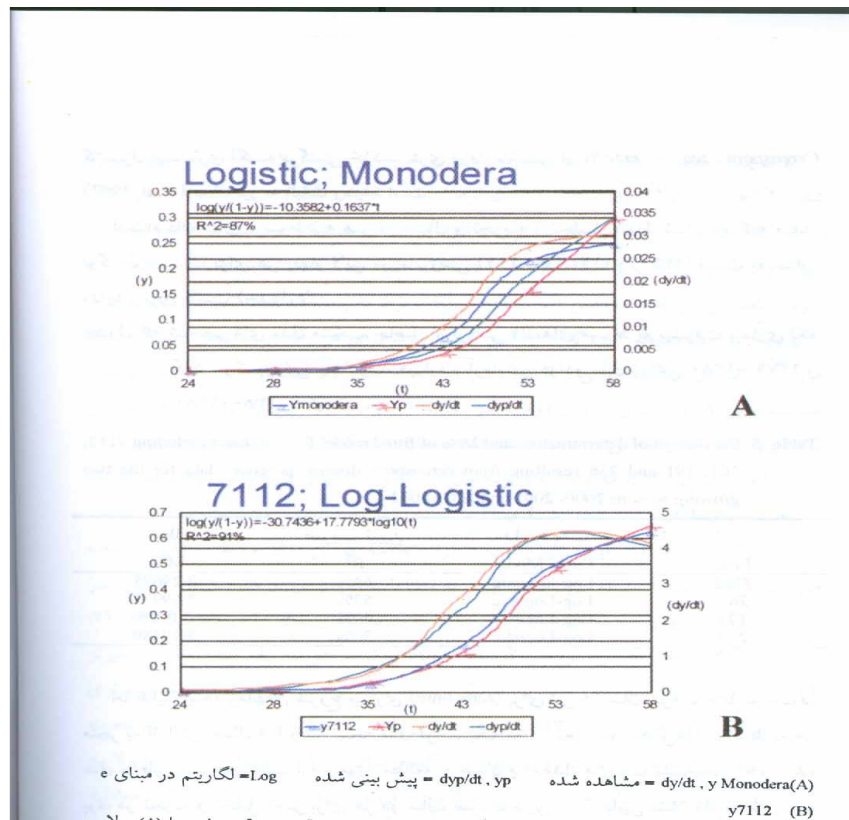
جدول ۵- شاخص‌های مدل منتخب حاصل از بررسی داده‌های مربوط به پیشرفت بیماری لکه گرد سرکسپورایی چغندر قند در ارقام آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۸۰-۱۳۷۹ و

۱۳۸۱-۱۳۸۰

Table. 5. Coefficient of determination and MSe of fitted model for four lines including 7112, 261, 191 and 236 resulting from cercospora disease progress data for the two growing seasons 2000- 2001 and 2001-2002

لاین	مدل منتخب	ضریب تبیین	خطا
Line	Fitted Model	R ²	MSE
7112	Log-Logistic	64%	2.29695
261	Log-Logistic	53%	2.69975
191	Log-Logistic	60%	3.0929
236	Log-Logistic	36%	5.49489

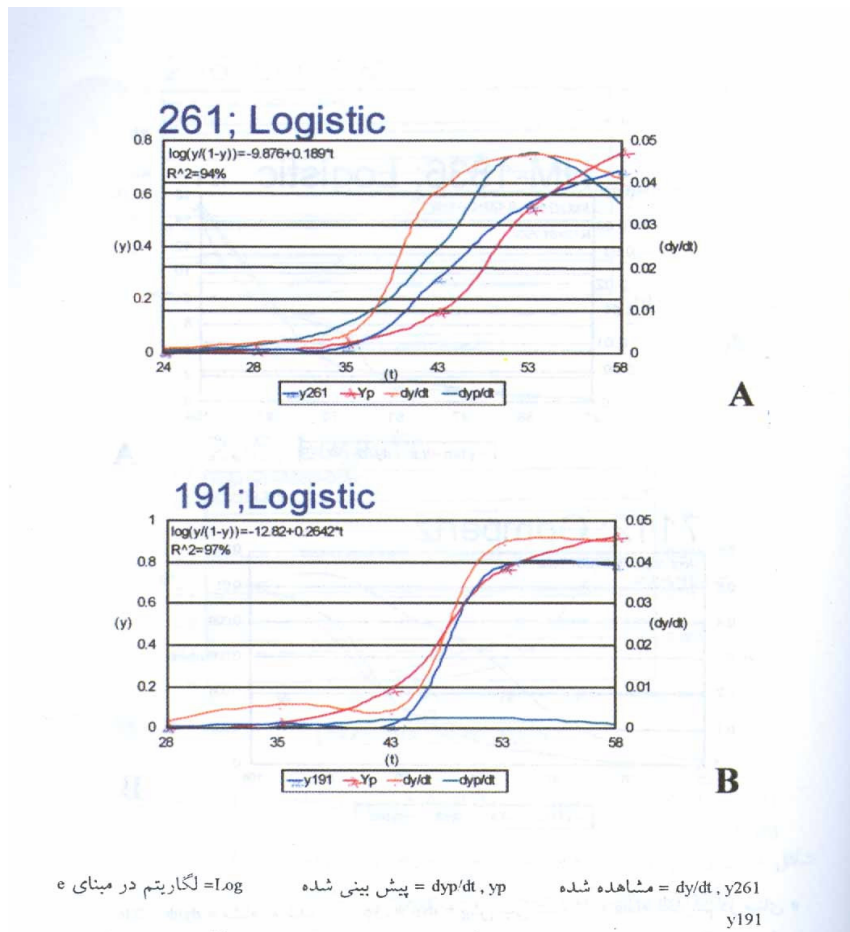
اما بدلیل اینکه زمانهای شروع بیماری (zero time) برای این دو سال برهم منطبق نبود، منجر به افزایش خطاء (ε) و در نتیجه مدل لوجستیک که در تجزیه و تحلیل‌های مربوط به هر سال به طور مجزا در غالب ارقام مورد مطالعه به عنوان یک مدل مناسب تشخیص داده شده بود، در تجزیه و تحلیل اخیر برای هر دو سال، ضریب تبیین بسیار پایین نشان داد به طوریکه بعنوان مدل منتخب برگزیده نشد. مضافا اینکه مدل لوگ-لوجستیک که در تجزیه و تحلیل سال اول برای رقم مونودرا و لاین ۷۱۱۲ بهترین برازش را دارا بود (با ضریب تبیین بیش از ۸۸ درصد)، در تجزیه و تحلیل داده‌های ادغام شده دو سال به کمتر از نصف تقلیل یافت (جدول ۵). همین روند در مورد داده‌های مربوط به سال دوم نیز مشاهده می‌شود. لذا باتوجه به نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل داده‌های هر سال به تنهایی و عدم تطابق زمان شروع اپیدمی در این دو سال، به نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل داده‌های دو سال برای لاین‌هایی که مدل



شکل ۱- پیش‌بینی روند توسعه بیماری لکه‌برگی سرکوسپرای چغندر قند در رقم مونودرا (A) و لاین 7112 (B) و برازش آن با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در سال زراعی ۱۳۷۹-۸۰.

اعداد محور افقی (t) نشانگر تاریخ‌های یادداشت‌برداری است (از ۲۴ فروردین تا ۲۷ اردیبهشت ۱۳۸۰).

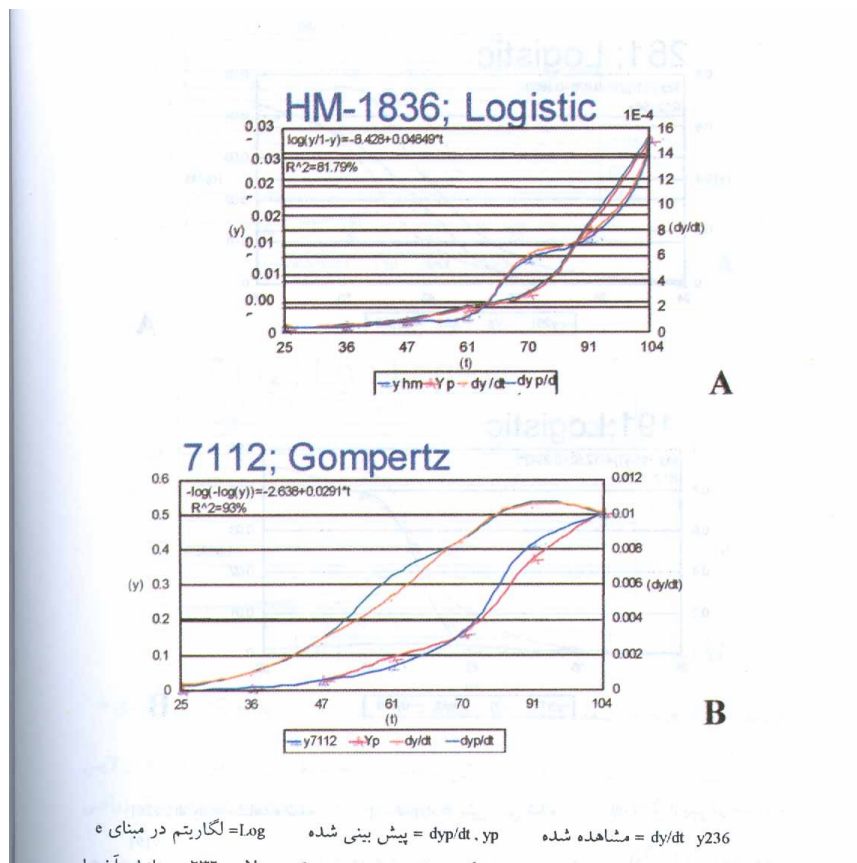
Fig.1. Observed mean and predicted *Cercospora* leaf spot disease severity (y) and absolute rate (dy/dt) values versus time for Monodera variety (A) and line 7112 (B) in 2000-2001. Horizontal axes (t) shows the recording dates of disease severity of Table 1 (13 April through 17 May).



شکل ۲- پیش‌بینی روند توسعه بیماری لکه‌برگی سرکوسپرای چغندر قند در لاین‌های ۲۶۱ (A) و ۱۹۱ (B) و برازش آن با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹.

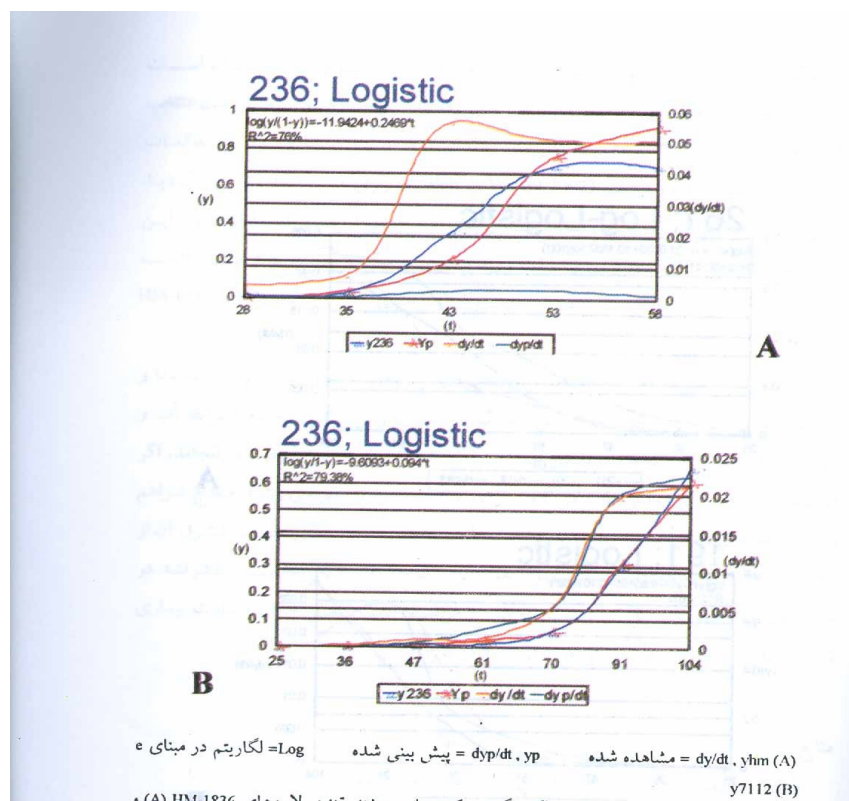
\log = لگاریتم در مبنای e
 $dy/dt, y_{261}$ = مشاهده شده
 $dyp/dt, y_p$ = پیش‌بینی شده
 y_{191} = لگاریتم در مبنای e
 $dy/dt, y_{191}$ = مشاهده شده
 $dyp/dt, y_p$ = پیش‌بینی شده

Fig. 2. Observed mean and predicted Cercospora leaf spot disease severity (y) and absolute rate (dy/dt) values versus time for lines 261 (A) & 191 (B) in 2000-2001.



شکل ۳- پیش‌بینی روند توسعه بیماری لکه‌برگی سرکوسپرایی چغندر قند در لاین ۲۳۶ و برازش آن با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در سالهای زراعی (A) ۸۰-۱۳۷۹ و (B) ۸۱-۱۳۸۰.

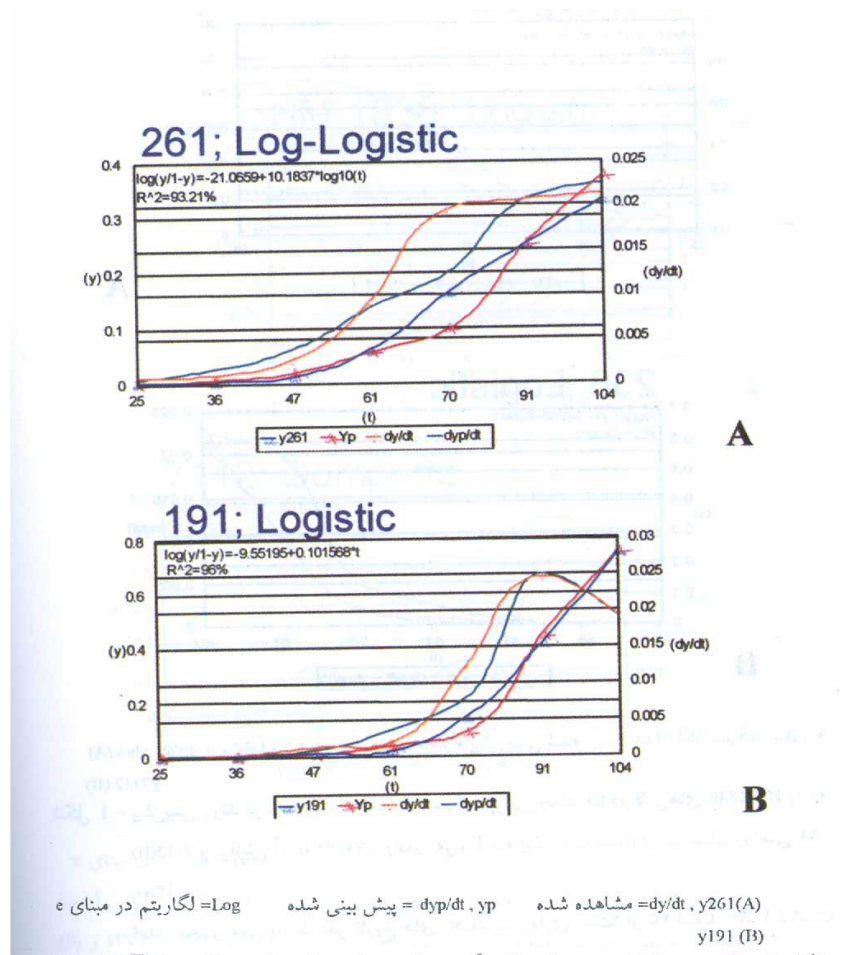
Fig. 3. Observed mean and predicted Cercospora leaf spot disease severity(y) and absolute rate (dy/dt) values versus time for the line 236 in two growing seasons (A) 2000-2001 & (B) 2001-2002.



شکل ۴ - پیش‌بینی روند توسعه بیماری لکه‌برگی سرکوسپرای چغندر قند در لاین‌های HM-1836 (A) و 7112 (B) و برازش آن با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰.

اعداد محور افقی (t) نشانگر تاریخ‌های یادداشت برداری است (از ۲۵ اسفند ۱۳۸۰ لغایت ۱۳ خرداد ۱۳۸۱).

Fig. 4. Observed mean and predicted Cercospora leaf spot disease severity (y) and absolute rate (dy/dt) values versus time (t) for lines HM-1836 & 7112 in 2001-2002. Horizontal axes (t) shows the recording dates of disease severity cf Table 3 (16 March through 03 June).



Legend: $y_{261}(A)$, $y_{191}(B)$ = observed; dy/dt , dyp/dt = absolute rate; y_p , dyp/dt = predicted; Log = logarithmic

شکل ۵- پیش‌بینی روند توسعه بیماری لکه‌برگی سرکوسپرای چغندر قند در لاین‌های ۲۶۱ و ۱۹۱ برآزش آن با داده‌های واقعی مربوط به پیشرفت بیماری در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰.

Fig. 5. Observed mean and predicted Cercospora leaf spot disease severity (y) and absolute rate (dy/dt) values versus time for lines 261(A) & 191(B) in 2001-2002.

لوگ-لوجستیک در آنها به عنوان مدل منتخب ارائه نشده است. نمی‌توان استناد نمود و بنابراین در ارقام و لاین‌هایی که مدل لوجستیک و گومپرتز مدل منتخب شناخته شده است از این مدلها برای پیش‌بینی روند بیماری بایستی استفاده نمود. در مطالعات انجام شده بوسیله *ولف و وریت* (Wolf & Verreet 2002) بر روی همین بیماری معلوم گردید که پیشرفت بیماری شکل زیگموئید داشته و با روند مدل لوجستیک تطابق دارد. این دانشمندان مدل لوجستیک را برای پیشرفت روند بیماری لکه گرد چغندر قند مدل مناسب تشخیص داده‌اند که با نتایج این تحقیق در مورد لاین‌های ۲۶۱، ۱۹۱، ۲۳۶ و HM-1836 تطابق دارد.

مقایسه‌ی بین داده‌های هواشناسی و منحنی‌های پیشرفت بیماری نشان می‌دهد که دما و رطوبت نقش اساسی در رشد و تکثیر این بیمارگر دارند بنابراین با توجه به شرایط آب و هوایی استان خوزستان که عمده بارش آن از آذر ماه تا اواخر فروردین به طول می‌انجامد، اگر در ماه‌های اسفند و فروردین بارندگی مناسب بود و دامنه حرارتی بهینه‌ی رشد قارچ فراهم باشد، به احتمال زیاد بیماری بصورت اپیدمیک ظاهر می‌شود و بایستی جهت کنترل آن از اواخر اسفند اقدام به مبارزه شیمیایی نمود. همچنین با توجه به اینکه برداشت چغندر قند در خوزستان همه ساله از اوایل اردیبهشت ماه شروع می‌شود جهت کاهش میزان خسارت بیماری تاریخ برداشت مزارع آلوده بایستی در اولویت قرار گیرد.

منابع

جهت ملاحظه به صفحات 79-82 متن انگلیسی مراجعه شود.

نشانی نگارندگان: ریحانه مدنیان محمدی، واهه میناسیان، ناصر صفایی، سیدباقر محمودی و حمید شریفی بخش گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران، گروه بیماری‌شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد-دزفول