

کارآیی مدل‌های هایر و والین در پیش آگاهی بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب‌زمینی در گرگان

محمد علی آقاجانی^{1*}

تاریخ دریافت: 93/6/23 تاریخ پذیرش: 93/11/15

چکیده

بادزدگی فیتوفترایی ناشی از *Phytophthora infestans* مهم‌ترین بیماری سیب‌زمینی در دنیا است که مدل‌های زیادی برای پیش آگاهی آن در مناطق مختلف دنیا ساخته شده است. هایر و والین، از مدل‌های مهم و پایه‌ای هستند که به ترتیب از متغیرهای آب و هوایی BFD (روز مساعد بر اساس میزان دما و بارش روزانه) و SV (ارزش‌های شدت بر اساس رطوبت نسبی و دمای ساعتی) برای پیش‌بینی وقوع اپیدمی استفاده می‌کنند. به منظور بررسی توان پیش‌بینی این دو مدل در شرایط منطقه‌ی گرگان، از داده‌های آب و هوایی ده سال (1382 تا 1391) و روش‌های آماری رگرسیون لجستیک و آنالیز تشخیصی استفاده شد. آنالیز این متغیرها طی دو دوره‌ی زمانی (از زمان کاشت و اول فروردین تا ظهور بیماری) نشان داد که بین متغیرهای این دو مدل و احتمال وقوع اپیدمی، رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد، اما تغییر آستانه‌ی مقدار بارش در مدل هایر و رطوبت نسبی در مدل والین توانست ارتباط معنی‌داری با وقوع اپیدمی ایجاد نماید. در کنار متغیرهای این دو مدل، چهار متغیر مجموع بارش، تعداد روزهای بارانی، مجموع ساعت‌های آفتابی و مجموع تبخیر، رابطه‌ی بسیار معنی‌داری با وقوع اپیدمی داشتند و توانستند وقوع اپیدمی را با دقت بالایی پیش‌بینی کنند.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، بیماری بادزدگی، پیش آگاهی، روز مساعد بادزدگی، ارزش شدت

¹ - استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران.

* - نویسنده مسئول مقاله: maaghajanina@yahoo.com

مقدمه

بیماری بادزدگی، ناشی از شبه‌قارچ اوومیسست *Phytophthora infestans*، مهم‌ترین بیماری سیب‌زمینی در دنیا، به ویژه در مناطق خنک و مرطوب است. مناطقی نظیر ایالت‌های شمال شرقی آمریکا، سواحل شرقی کانادا، غرب اروپا، مرکز و جنوب چین، جنوب شرقی برزیل و مناطق مرتفع نواحی گرمسیری، دارای بالاترین شدت بیماری هستند. بادزدگی برای گوجه فرنگی و برای بعضی دیگر از اعضای خانواده‌ی Solanaceae نیز بیماری مهمی محسوب می‌شود (Hijmans et al., 2000; Agrios, 2005).

در مناطق مساعد دنیا، در صورت کشت ارقام حساس و مساعد بودن شرایط محیطی برای بیماری، بیش از 12 بار سمپاشی برای کنترل بیماری انجام می‌شود، به عنوان نمونه در کاستاریکا، 15 بار سمپاشی گزارش شده است (Hijmans et al., 2000). در شرایط استان گلستان، تعداد دفعات سمپاشی، گاهی به بیش از 3 بار می‌رسد (گزارش منتشر نشده).

اپیدمی‌های بیماری بادزدگی در دهه‌ی 1840، قحطی سیب‌زمینی در ایرلند را به وجود آورد که بر اثر آن حدود 1/5 میلیون نفر از مردم این کشور از بین رفتند و همین تعداد نیز کشور را (غالباً به مقصد آمریکا) ترک کردند (Agrios, 2005; Schumann, and D'Arcy, 2005).

بیشترین تلاش برای پیش آگاهی بیماری‌های گیاهی، در مورد بیماری بادزدگی سیب‌زمینی انجام شده است و سیستم‌های پیش آگاهی متعددی در هلند، فرانسه، آلمان، روسیه، انگلستان، اسکاتلند، ایرلند، استرالیا، آمریکا و کانادا توسعه یافته است (Campbell and Madden, 1990) و داده‌های دما، رطوبت نسبی و ریزش باران طی فصل جاری، برای پیش‌بینی اپیدمی مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از قارچکش‌ها، بر اساس پیش‌بینی مدل پیش آگاهی و اطلاع‌رسانی به کشاورزان صورت می‌پذیرد. سیستم‌های اولیه‌ی پیش آگاهی مورد استفاده برای بادزدگی عبارتند از: سیستم هایر، سیستم والین و بلایت کست (که دو سیستم قبلی را در هم ادغام کرده است) (Krause et al., 1975; Schumann, and D'Arcy, 2005).

مدل هایر (Hyre, 1954, 1955) بر اساس بارش روزانه و دماهای بیشینه و کمینه بنا نهاده شده است. این مدل، اپیدمی بادزدگی سیب‌زمینی را 7-14 روز بعد از وقوع 10 روز مساعد برای بادزدگی پیش‌بینی می‌کند. روز مساعد برای بادزدگی¹، روزی است که دمای میانگین 5 روز قبل از آن کم‌تر از 25/5 درجه سانتی‌گراد و مجموع بارش 10 روز قبل از آن حداقل 30 میلی‌متر باشد. روزهایی با دمای کمینه‌ی 7/2 درجه، برای بادزدگی نامساعد در نظر گرفته می‌شوند. مدل والین (Wallin and Waggoner, 1950; Wallin, 1951, 1962) نخستین وقوع بادزدگی سیب‌زمینی و انتشار بعدی آن را بر اساس تجمع ارزش‌های شدت پیش‌بینی می‌کند. این ارزش‌های شدت² بر اساس ترکیب‌های مختلف ساعت‌های دارای رطوبت نسبی 90 درصد یا بالاتر و دمای میانگین طی آن دوره ساخته می‌شوند. محاسبه‌ی مجموع ارزش‌های شدت از زمان ظهور گیاه شروع می‌شود. نخستین وقوع بادزدگی 7-14 روز بعد از تجمع 18-20 ارزش شدت پیش‌بینی می‌شود.

¹. Blight favorable day = BFD

². Severity value = SV

از ادغام این دو سیستم، مدل جدیدی به وجود آمد. BLITECAST یک نسخه‌ی کامپیوتری تلفیق شده از مدل‌های هایر و والین است که وقوع اولیه‌ی بادزدگی را 7-14 روز بعد از نخستین تجمع 10 روز مساعد باران مطابق با معیارهای هایر، یا تجمع 18 ارزش شدت مطابق با مدل والین پیش‌بینی می‌کند (Krause et al., 1975).

مدت کوتاهی پس از معرفی سیستم والین، کارایی آن در شرایط کشور انگلستان به اثبات رسید (Thurston et al., 1958). کارایی مدل هایر نیز مدتی بعد از معرفی آن در کشور بنگلادش آزموده شد و توانست با اندک تغییراتی (نظیر بارندگی 7 روز به جای 10 روز قبل)، اپیدمی را به درستی پیش‌بینی نماید (Choudhuri and Pal, 1959). سیمارد (Simard, 1960, 1961) با بررسی پنج منطقه‌ی مختلف در ایالت مونتروال و شش منطقه در ایالت کبک کانادا، کارایی دو مدل هایر و والین در پیش‌بینی اپیدمی را مثبت ارزیابی کرد و برای بهبود توان پیش‌بینی مدل هایر، تکمیل آن به وسیله‌ی مدل والین را پیشنهاد نمود. بوگیانی و همکاران (Bugiani et al., 1993) با استفاده از قواعد سیستم والین توانستند یک مدل پیش‌آگاهی برای بیماری بادزدگی گوجه‌فرنگی در کشور ایتالیا بسازند. استفاده از این سیستم، 50 درصد کاهش مصرف قارچکش را به دنبال داشته است. مینت و همکاران (Myint et al., 2001) با بررسی تاثیر قارچکش‌های مختلف بر اساس سیستم پیش‌آگاهی هایر در میانمار، نخستین پیش‌بینی اپیدمی بر این اساس را درست ارزیابی کردند و برنامه‌ی سمپاشی پس از هر 12/7 میلی‌متر باران را توصیه نمودند. کوستا و همکاران (Costa et al., 2002) در برزیل از سیستم تغییر یافته‌ی والین (Wallin, 1962) برای کنترل بیماری استفاده کردند و کارایی این روش را به اندازه‌ی برنامه‌ی سمپاشی منظم هفتگی با استفاده از قارچکش‌های محافظتی اعلام نمودند. داده‌های آب و هوایی جمع‌آوری شده در نقاط مختلف بنگلادش، برآزش خوبی با مدل‌های هایر و Forsund نشان نداد و مدل هایر در پیش‌بینی بادزدگی ناموفق بود. نرخ موفقیت کلی مدل والین در پیش‌بینی اپیدمی تنها 25 درصد بود (Luck et al., 2010).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی کارایی دو مدل هایر و والین برای پیش‌بینی احتمال وقوع اپیدمی بادزدگی سیب‌زمینی بر اساس متغیرهای آب و هوایی در منطقه‌ی سرخنکلاته‌ی گرگان بوده است به طوری که بتوان با کمک آن‌ها اپیدمی را قبل از ظهور علائم پیش‌بینی کرد و آمادگی لازم جهت مقابله با بیماری را در کشاورزان ایجاد نمود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز برای این تحقیق، شامل وضعیت کلی اپیدمی بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب‌زمینی (به صورت وقوع یا عدم وقوع اپیدمی) در منطقه‌ی سرخنکلاته در شرق شهرستان گرگان طی 10 سال گذشته (از 1382 تا 1391) بود که جزییات آن در جدول 1 ارائه شده است.

جهت بررسی کارایی دو مدل هایر و والین، نخست متغیرهای مخصوص این مدل‌ها تعریف شد. برای مدل هایر، متغیر اصلی ورودی مدل، روز مساعد برای بادزدگی (BFD) است و به روزی اطلاق می‌شود که دمای میانگین 5 روز قبل از آن کم‌تر از 25/5 درجه و جمع بارش 10 روز قبل از آن حداقل 30 میلی‌متر باشد. در این بررسی برای پوشش بهتر شرایط دارای بارش کم‌تر، دو متغیر مشابه با BFD به نام‌های FD20 (تعداد روزهای با دمای میانگین

کمتر از 25/5 درجه برای 5 روز قبل و مجموع بارش حداقل 20 میلی متر برای 10 روز قبل) و FD10 (تعداد روزهای با دمای میانگین کمتر از 25/5 درجه برای 5 روز قبل و مجموع بارش حداقل 10 میلی متر برای 10 روز قبل) نیز تعریف شد.

جدول 1- تاریخچه‌ی اپیدمی بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب زمینی طی سال‌ها 1382 تا 1391 در منطقه‌ی سرخنگلاته‌ی گرگان.

سال	تاریخ کاشت	تاریخ ظهور بیماری	وضعیت اپیدمی*
1382	81/9/19	82/2/1	+
1383	82/9/14	83/2/5	طغیانی
1384	83/10/2	84/2/13	-
1385	84/9/25	85/2/8	طغیانی
1386	85/11/5	86/2/21	+
1387	86/9/23	-	-
1388	87/10/1	88/2/18	+
1389	88/10/8	89/2/9	طغیانی
1390	89/10/8	90/2/28	+
1391	90/10/21	-	-

* علامت + به معنای ظهور بیماری در آن سال و به طور معمول یک بار سمپاشی برای آن بوده، واژه‌ی «طغیانی» به منزله‌ی ظهور بیماری با شدت بالا بوده، به طوری که اغلب کشاورزان مجبور به بیش از دو بار سمپاشی شده‌اند.

متغیر اصلی مورد استفاده در مدل والین، ارزش‌های شدت (SV) است که بر اساس ترکیب‌های مختلف ساعت‌های دارای رطوبت نسبی 90 درصد یا بالاتر و دمای میانگین طی آن دوره ساخته می‌شود. از آن جایی که برای محاسبه‌ی این متغیر نیاز به ثبت ساعتی دمای هوا بود و این کار در ایستگاه‌های هواشناسی استان انجام نمی‌شود، ناگزیر متغیری به نام FRH90 تعریف شد که معادل تعداد روزهای دارای رطوبت نسبی متوسط حداقل 90 درصد است. جهت پوشش شرایط خشک‌تر هوا، دو متغیر دیگر به نام‌های FRH80 و FRH70 نیز تعریف شد که به ترتیب معادل تعداد روزهای دارای رطوبت نسبی متوسط حداقل 80 و 70 درصد می‌باشند.

علاوه بر متغیرهای یادشده، چهار متغیر تعداد روزهای بارانی (R)، مجموع بارش (P)، مجموع ساعت‌های آفتابی (Sun) و مجموع میزان تبخیر (Eva) بر اساس شرایط آب و هوایی مربوط به منطقه (ایستگاه هواشناسی هاشم آباد گرگان واقع در فاصله‌ی 20 کیلومتری)، محاسبه شد (جدول 2). این ده متغیر آب و هوایی برای دو دوره‌ی زمانی تاریخ کاشت تا تاریخ ظهور بیماری و بهار (از اول فروردین تا تاریخ ظهور بیماری) تعیین گردید.

جدول 2- فهرست متغیرهای آب و هوایی مورد استفاده در بررسی کارایی مدل‌های هابر و والین برای پیش‌بینی اپیدمی بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب زمینی در سرخسکلاته‌ی گرگان.

نوع متغیر	نام متغیر	شرح متغیر	واحد
	BFD	تعداد روزهای مساعد برای بادزدگی (تعداد روزهای با دمای میانگین کم‌تر از 25/5 درجه برای 5 روز قبل و جمع بارش حداقل 30 میلی‌متر برای 10 روز قبل)	عدد (روز)
هایر	FD20	تعداد روزهای با دمای میانگین کم‌تر از 25/5 درجه برای 5 روز قبل و جمع بارش حداقل 20 میلی‌متر برای 10 روز قبل	عدد (روز)
	FD10	تعداد روزهای با دمای میانگین کم‌تر از 25/5 درجه برای 5 روز قبل و جمع بارش حداقل 10 میلی‌متر برای 10 روز قبل	عدد (روز)
	FRH90	تعداد روزهای دارای رطوبت نسبی متوسط حداقل 90 درصد	عدد (روز)
والین	FRH80	تعداد روزهای دارای رطوبت نسبی متوسط حداقل 80 درصد	عدد (روز)
	FRH70	تعداد روزهای دارای رطوبت نسبی متوسط حداقل 70 درصد	عدد (روز)
	R	تعداد روزهای بارانی	عدد (روز)
سایر متغیرهای	P	جمع بارش	میلی‌متر
اقلیمی	Sun	جمع ساعت‌های آفتابی	عدد (ساعت)
	Eva	جمع میزان تبخیر	میلی‌متر

برای مقایسه‌ی کارایی مدل‌ها، از روش‌های Discriminant analysis و Logistic regression در نرم افزار آماری StatGraphics Centurion XVI (شرکت StatPoint Technologies, Inc. 2010) استفاده شد. مدل‌های نهایی با مقایسه‌ی مدل‌های توسعه یافته‌ی معنی‌دار بر اساس آماره‌هایی نظیر ضریب تبیین، میانگین مربعات خطا، صحت کلی، میزان حساسیت (پیش‌بینی درست وقوع اپیدمی) و اختصاصی بودن (پیش‌بینی درست عدم وقوع اپیدمی) انتخاب شدند.

نتایج

نتایج آنالیز رگرسیون لجستیک نشان داد که طی دوره‌ی کامل رشد، هیچ کدام از شش متغیر مرتبط با مدل‌های هابر و والین، ارتباط معنی‌داری ($P > 0.05$) با اپیدمی نشان ندادند، اما در دوره‌ی دوم (از ابتدای سال)، دو متغیر FD20 و FRH80، رابطه‌ی بسیار معنی‌داری ($P < 0.01$) را با اپیدمی نشان دادند. وضعیت دو متغیر BFD و FRH70 نیز تقریباً معنی‌دار ($0.05 < P < 0.1$) بوده است. ارتباط چهار متغیر دیگر با اپیدمی طی دوره‌ی اول و دوم، معنی‌دار ($P < 0.05$) تا بسیار معنی‌دار ($P < 0.01$) بوده است (جدول 3).

نتایج آنالیز تشخیصی نشان داد که به‌جز متغیر FRH80 در دوره‌ی دوم، سایر متغیرهای مرتبط با مدل‌های هابر و والین، ارتباط معنی‌داری ($P > 0.05$) با اپیدمی نشان ندادند، اما از چهار متغیر دیگر، در دوره‌ی اول سه متغیر R، Sum و Eva ارتباط معنی‌دار ($P < 0.05$) و در دوره‌ی دوم دو متغیر R و Eva ارتباط بسیار معنی‌داری ($P < 0.01$) با وقوع اپیدمی نشان دادند (جدول 4).

جدول 3- نتایج مدل سازی اپیدمی های بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب زمینی بر اساس متغیرهای آب و هوایی با استفاده از روش آماری رگرسیون لجستیک.

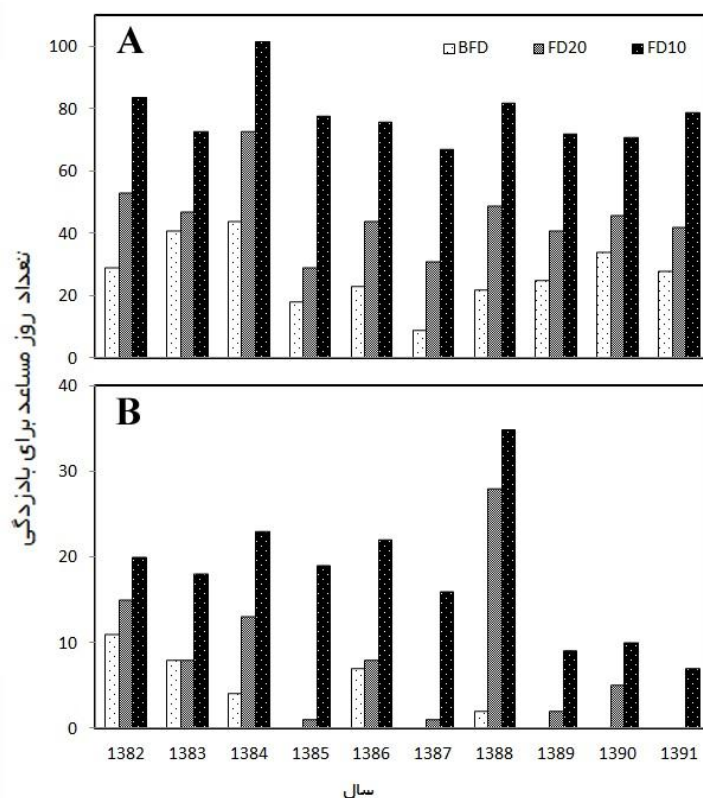
نام متغیر	تمام دوره			از ابتدای سال			میانگین	نام متغیر
	سطح احتمال	ضریب تبیین (%)	ضریب تعدیل شده (%)	سطح احتمال	ضریب تبیین (%)	ضریب تعدیل شده (%)		
BFD	0/134	22/40	0/00	0/070	32/75	0/00	0/036	BFD
FD20	0/152	20/48	0/00	0/007	72/29	0/00	0/016	FD20
FD10	0/268	12/25	0/00	0/142	21/58	0/00	0/030	FD10
FRH90	0/595	2/82	0/00	0/102	26/72	0/00	0/024	FRH90
FRH80	0/415	6/64	0/00	0/002	99/97	0/00	0/000	FRH80
FRH70	0/891	0/19	0/00	0/063	34/67	0/00	0/024	FRH70
R	0/002	100/00	60/03	0/002	100/00	60/03	0/000	R
P	0/030	47/31	7/35	0/002	100/00	0/017	0/000	P
Sun	0/002	100/00	60/03	0/002	100/00	60/03	0/000	Sun
Eva	0/019	55/28	15/31	0/002	100/00	60/03	0/000	Eva

جدول 4- نتایج مدل سازی اپیدمی های بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب زمینی بر اساس متغیرهای آب و هوایی با استفاده از روش آماری آنالیز تشخیصی.

نام متغیر	تمام دوره			از ابتدای سال			میانگین	نام متغیر
	سطح احتمال	صحت کلی ¹ (%)	حساسیت (%)	سطح احتمال	صحت کلی (%)	حساسیت (%)		
BFD	0/201	0/443	60/00	0/239	0/411	50	100	BFD
FD20	0/269	0/388	80/00	0/181	0/461	100	100	FD20
FD10	0/416	0/291	50/00	0/238	0/411	50	50	FD10
FRH90	0/646	0/167	50/00	0/242	0/408	50	100	FRH90
FRH80	0/491	0/247	50/00	0/023	0/707	50	100	FRH80
FRH70	0/906	0/043	40/00	0/170	0/471	50	100	FRH70
R	0/018	0/724	90/00	0/009	0/770	87/5	100	R
P	0/071	0/594	80/00	0/011	0/760	87/5	100	P
Sun	0/019	0/720	100/00	0/448	0/272	100	100	Sun
Eva	0/028	0/688	90/00	0/008	0/781	87/5	100	Eva

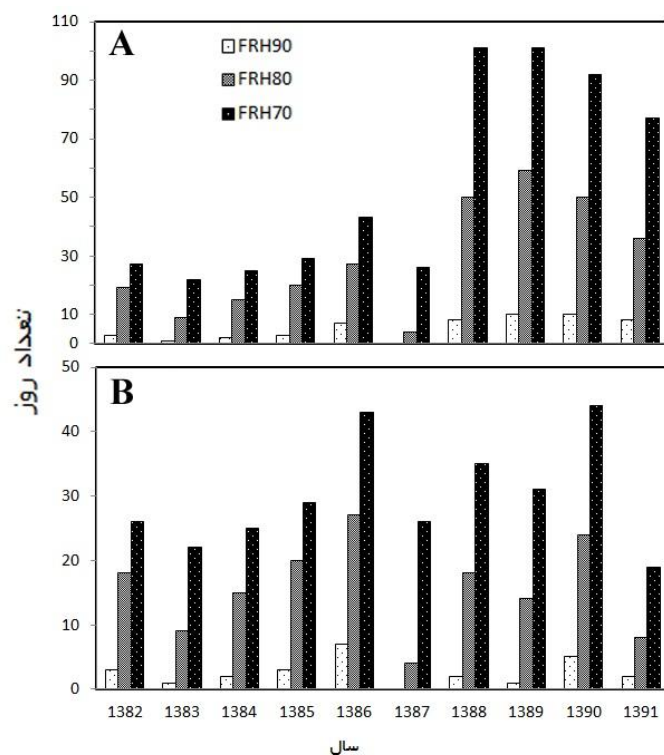
¹ صحت کلی در آنالیز تشخیصی، معادل ضریب تبیین در رگرسیون لجستیک می باشد.

مقایسه‌ی مقادیر متغیرهای مرتبط با مدل هایر، در دوره‌ی اول، روند نسبتاً یکنواختی را نشان می‌دهد و اختلاف مشخصی در آن‌ها دیده نمی‌شود (شکل A-1)، اما در دوره‌ی دوم مقدار BFD بسیار کم (حتی در برخی سال‌ها برابر صفر) بوده و مقدار FD10 در طول این ده سال، تقریباً یکنواخت بوده است، در صورتی که مقدار FD20 تفاوت مشخصی را در سال‌های مختلف نشان می‌دهد (شکل B-1).

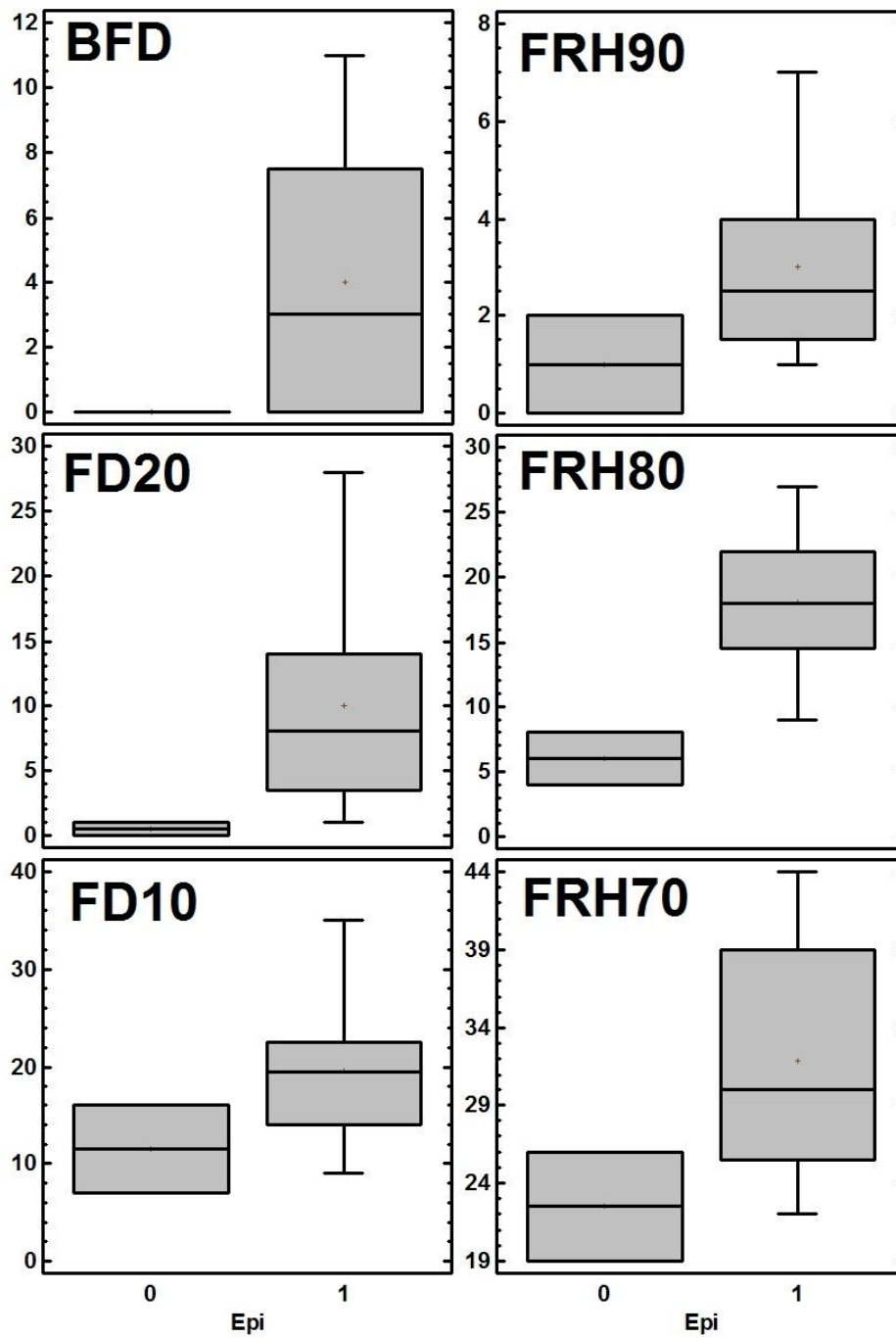


شکل 1- تعداد روزهای مساعد برای بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب زمینی در طول دوره‌ی رشد گیاه بر اساس مجموع ده روزه‌ی بارش (R_{10d}) کمتر از 30 (BFD)، 20 (FD20) و 10 (FD10) میلی‌متر در سال‌های مختلف در گرگان از تاریخ کاشت تا ظهور بیماری (A) و از اول فروردین تا ظهور بیماری (B).

مقایسه‌ی مقادیر متغیرهای مرتبط با مدل والین (FRH90)، در دوره‌ی اول، روند نسبتاً یکنواختی را نشان می‌دهد و اختلاف مشخصی در آن‌ها دیده نمی‌شود (شکل A-2)، اما در دوره‌ی دوم مقدار FRH90 بسیار کم (حتی در برخی سال‌ها نزدیک به صفر) بوده و مقدار آن در طول این ده سال، تقریباً یکنواخت بوده است. در مقابل، مقدار متغیرهای تغییر یافته‌ی والین (FRH70 و FRH80) تفاوت مشخصی را در سال‌های مختلف نشان می‌دهد، به طوری که مقدار آن در سال‌های اپیدمی بیماری، بیشتر بوده است (شکل B-2). مقایسه‌ی نموداری متغیرهای اصلی و تغییر یافته‌ی دو مدل هایر و والین، کارایی بهتر متغیرهای تغییر یافته را نشان می‌دهد (شکل 3).



شکل 2- تعداد روزهای دارای رطوبت نسبی متوسط بیش از 90 (FRH90)، 80 (FRH80) و 70 (FRH70) درصد در طول دوره‌ی رشد سیب زمینی در سال‌های مختلف در گرگان از تاریخ کاشت تا ظهور بیماری (A) و از اول فروردین تا ظهور بیماری (B).



شکل 3- نمودار جعبه‌ای متغیرهای اصلی و تغییر یافته‌ی دو مدل هایبر (Hyre, 1954) و والین (Wallin and Waggoner, 1950) مورد استفاده در مدل‌سازی اپیدمی‌های بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب زمینی (EPI) طی سال‌های 1382 تا 1391 در منطقه‌ی گرگان (بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از ابتدای سال).

بحث

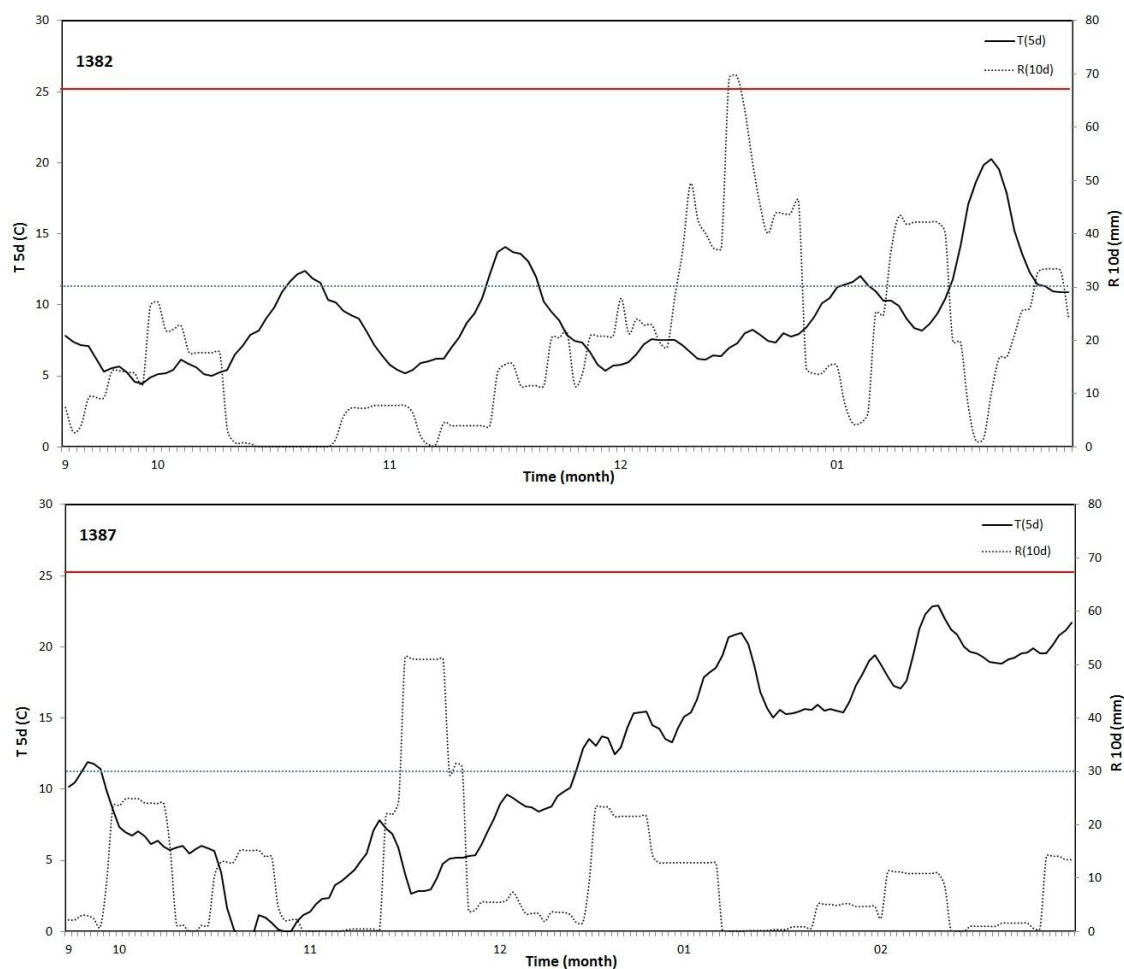
نتایج آنالیز رگرسیون لجستیک و آنالیز تشخیصی متغیرهای مختلف آزموده شده در دو دوره اول و دوم نشان داد که متغیرهای دوره دوم، ارتباط قوی‌تری با وقوع / عدم وقوع اپیدمی داشتند، بنابراین استفاده از متغیرهای آب و هوایی دوره دوم (از اول فروردین ماه تا زمان ظهور بیماری) برای پیش‌بینی اپیدمی بیماری قابل توصیه است. مدل‌های هایر و والین، جزو اولین مدل‌های ساخته شده برای پیش‌آگاهی بیماری بادزدگی سیب‌زمینی بوده که در نقاط مختلف دنیا مورد آزمون قرار گرفته و کارایی آن‌ها به اثبات رسیده است (Costa et al., Bugiani, 1993). بر اساس نتایج آنالیزهای آماری انجام شده در این تحقیق طی دو دوره زمانی یاد شده، متغیرهای تغییر یافته‌ی مدل‌های هایر (BFD) و والین (FRH90)، نتوانستند ارتباط مناسبی با وقوع اپیدمی نشان دهند. بنابراین، دو مدل یادشده (بر اساس متغیرهای تغییر یافته)، کارایی مناسبی برای پیش‌بینی بیماری بادزدگی در شرایط منطقه نشان ندادند. اما متغیرهای تغییر یافته‌ی این دو مدل نتایج نسبتاً بهتری را به دنبال داشت. به عنوان مثال، تغییر آستانه‌ی مجموع ده روزه‌ی بارش (R_{10d}) در مدل هایر از 30 (BFD) به 20 میلی‌متر (FD20) توانست اپیدمی بیماری را به خوبی پیش‌بینی نماید (جدول‌های 3 و 4). به طور مشابه، تغییر آستانه‌ی رطوبت نسبی متوسط روزانه برای تعریف تعداد روزهای دارای رطوبت نسبی مناسب از 90 (FRH90) به 80 درصد (FRH80) نیز توانست اپیدمی بیماری را به خوبی پیش‌بینی نماید (جدول‌های 3 و 4). این نتیجه‌گیری به صورت تصویری نیز در شکل‌های 1، 2 و 3 ارایه شده است. در شکل 3 دیده می‌شود که متغیرهای اصلی دو مدل نتوانسته‌اند تفکیک مشخصی میان سال‌های دارای اپیدمی و بدون اپیدمی ایجاد کنند، اما با استفاده از متغیرهای تغییر یافته‌ی این مدل‌ها می‌توان سال‌های دارای اپیدمی و بدون اپیدمی را از یک‌دیگر تفکیک نمود. واضح‌ترین تفکیک با استفاده از متغیر FRH80 حاصل شده است (شکل 3).

عدم کارایی این دو مدل در سایر کشورها نیز گزارش شده بود (Luck et al., 2010) و در برخی کشورها، اصلاح متغیرهای مدل‌ها پیشنهاد شده است (Choudhuri and Pal, 1959). در این تحقیق نیز، متغیرهای FD20 و FRH80 که به ترتیب از تغییر متغیرهای مدل‌های هایر و والین ساخته شده‌اند، ارتباط بسیار خوبی با وقوع اپیدمی نشان داده‌اند.

ارایه‌ی نموداری اجزای متغیر BFD در مدل هایر، یعنی دو متغیر میانگین پنج روزه‌ی دما (T_{5d}) و مجموع ده روزه‌ی بارش (R_{10d}) در دو سال دارای اپیدمی (1382) و بدون اپیدمی (1387) بیماری، نشان می‌دهد که طی فروردین ماه سال دارای اپیدمی، دمای هوا پایین‌تر و منحنی بارندگی تعداد نقاط مناسب بیشتری نسبت به سال بدون اپیدمی داشته است که بالاتر از خط افقی آستانه (30 میلی‌متر) نشان می‌دهد (شکل 4).

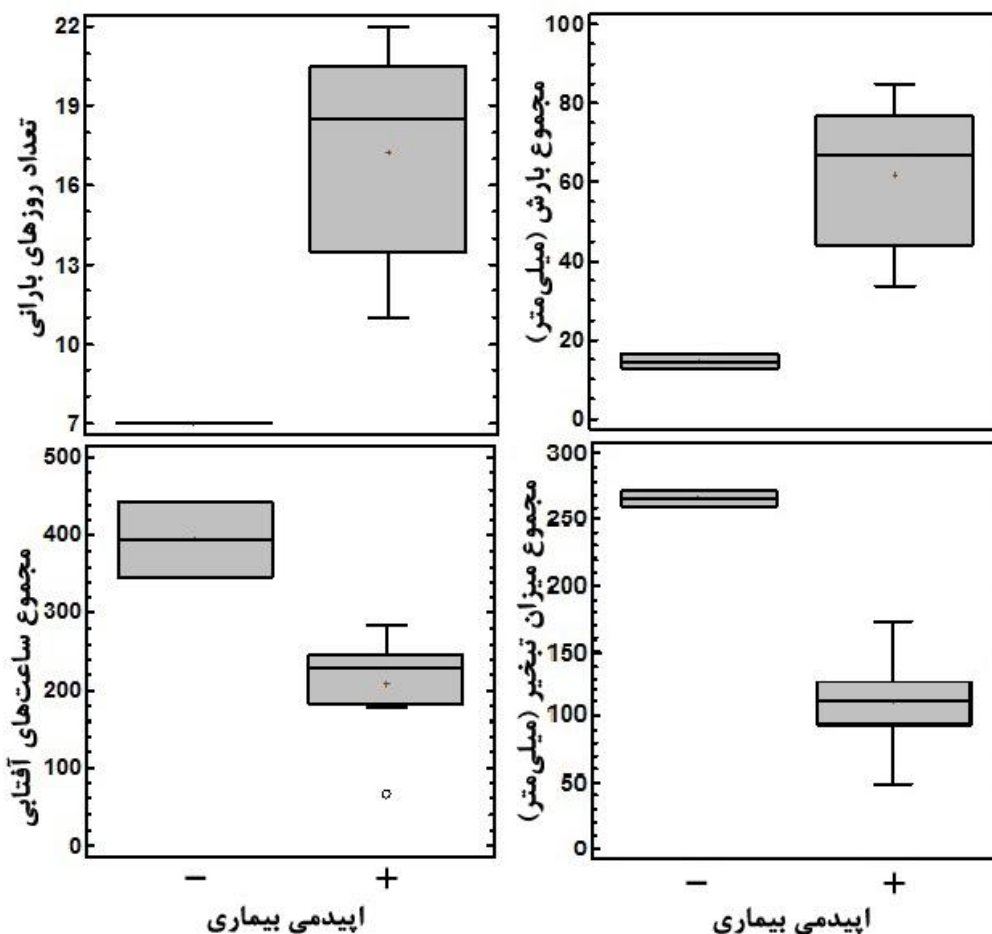
در کنار متغیرهای مرتبط با مدل‌های هایر و والین، چهار متغیر آب و هوایی دیگر مورد استفاده قرار گرفته است که اغلب آن‌ها ارتباط بسیار خوبی با اپیدمی نشان دادند (جدول 3 و 4). مقایسه‌ی مقدار این متغیرها در سال‌های دارای و بدون اپیدمی، نشان می‌دهد که آن‌ها پیش‌گوهای مناسبی برای اپیدمی هستند. به عنوان مثال، تعداد روزهای بارانی (R) در سال‌های بدون اپیدمی برابر با 7 بوده، در حالی که در سال‌های دارای اپیدمی، حداقل 11 و به طور

متوسط 17 روز بارانی در دوره‌ی دوم وجود داشته است. وضعیت سه متغیر دیگر در سال‌های دارای و بدون بیماری، در شکل 5 مورد مقایسه قرار گرفته است.

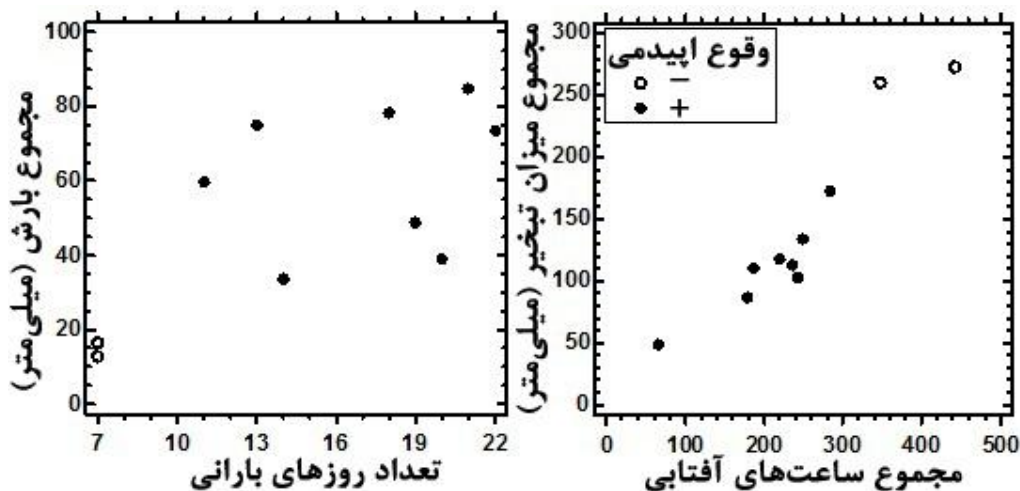


شکل 4- شرایط آب و هوایی دو سال دارای طغیان (1382) و بدون طغیان (1387) بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب زمینی در گرگان از زمان کاشت سیب زمینی تا ظهور علائم (1382) و زمان برداشت (1387) که به وسیله‌ی دو متغیر میانگین پنج روزه‌ی دما (T_{5d}) و مجموع ده روزه‌ی بارش (R_{10d}) ارایه شده است. خطوط افقی، آستانه‌های (حدود) در نظر گرفته شده در مدل هایر (Hyre, 1954) هستند.

استفاده از این متغیرها به تنهایی نمی‌تواند پیش‌بینی درست و کامل اپیدمی را به دنبال داشته باشد. این مطلب در نمودار پراکنش دوبعدی نقاط مشخص است. ترکیب دو متغیر مجموع بارش (میلی‌متر) و تعداد روزهای بارانی برای پیش‌بینی اپیدمی، کاملاً موثر بوده و یک مدل آنالیز تشخیصی بسیار معنی‌دار ($P=0.015$) و با توان پیش‌بینی 100 درصدی به دنبال داشته است. استفاده از دو متغیر ساعت‌های آفتابی و میزان تبخیر نیز نتایج مشابهی را در پی داشته است (شکل 6).



شکل 5- نمودار جعبه‌ای متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی اپیدمی‌های بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب‌زمینی (EPI) طی سال‌های 1382 تا 1391 در منطقه‌ی گرگان (از ابتدای سال): R: (تعداد روزهای بارانی)، P: (مجموع بارش)، Sun (مجموع ساعات‌های آفتابی) و Eva (مجموع میزان تبخیر).



شکل 6- نمودار توزیع دوبعدی بهترین متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی اپیدمی‌های بیماری بادزدگی فیتوفترایی سیب‌زمینی (EPI) طی سال‌های 1382 تا 1391 در منطقه‌ی گرگان (از ابتدای سال).

دو متغیر آب و هوایی تعداد روزهای بارانی و مجموع بارش از ابتدای فروردین ماه تا زمان ظهور علائم بیماری، رابطه‌ی بسیار خوبی با اپیدمی نشان دادند. جانسون و همکاران (Johnson *et al.*, 1998) بر اساس این دو متغیر توانستند وقوع یا عدم وقوع اپیدمی در جنوب و مرکز ایالت واشینگتن را به درستی پیش‌بینی نمایند. ترکیب این دو متغیر، که اندازه‌گیری و ثبت آن‌ها از سایر متغیرهای آب و هوایی ساده‌تر است، می‌تواند به ساختن یک مدل پیش‌آگاهی در منطقه منتهی گردد. بدیهی است با توجه به درک آسان این دو متغیر، می‌توان مدلی کاملاً ساده و قابل فهم برای کشاورزان ایجاد نمود تا بتوانند سمپاشی‌های خود را بر اساس پیش‌بینی‌های آن برنامه‌ریزی نمایند.

نتیجه‌گیری کلی:

تجزیه و تحلیل آماری متغیرهای مرتبط با دو مدل هایلر و والین برای پیش‌آگاهی اپیدمی بادزدگی سیب‌زمینی نشان داد که بین این متغیرها و وقوع اپیدمی، رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد، اما تغییر آستانه‌ی مقدار بارش در مدل هایلر و رطوبت نسبی در مدل والین توانست ارتباط معنی‌داری با اپیدمی بیماری ایجاد نماید. علاوه بر این، چهار متغیر مجموع بارش، تعداد روزهای بارانی، ساعت‌های آفتابی و میزان تبخیر، رابطه‌ی بسیار معنی‌داری با اپیدمی داشتند و توانستند اپیدمی بیماری را با دقت بالایی پیش‌بینی نمایند.

References

1. Agrios GN. 2005. Plant Pathology. 5th ed. New York: Academic Press. 922 p.
2. Bugiani R, Cavanni P and Ponti I. 1993. An advisory service for the occurrence of *Phytophthora infestans* on tomato in Emili-Romagna region. EPPO Bulletin 23: 607–613.
3. Campbell CL and Madden LV. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. New York: John Wiley & Sons. 532 p.
4. Choudhuri HC and Pal SC. 1959. Forecasting late blight of potatoes in the hills of West Bengal. American Journal of Potato Research 36: 284–287.
5. Costa RV, Zambolim L, Vale FXR and Mizubuti ESG. 2002. Previsão da requeima da batateira. Fitopatologia Brasileira 27: 349–354.
6. Hijmans RJ, Forbes GA and Walker TS. 2000. Estimating the global severity of potato late blight with GIS-linked disease forecast models. Plant Pathology 49: 697–705.
7. Hyre RA. 1954. Progress in forecasting late blight of potato and tomato. Plant Disease Reporter 38: 245–253.
8. Hyre RA. 1955. Three methods of forecasting late blight of potato and tomato in northeastern United States. American Potato Journal 32: 362–371.
9. Johnson DA, Alldredge JR and Hamm PB. 1998. Expansion of potato late blight forecasting models for the Columbia Basin of Washington and Oregon. Plant Disease 82: 642–645.
10. Krause RA, Massie LB and Hyre RA. 1975. BLITECAST, a computerized forecast of potato late blight. Plant Disease Reporter 59: 95–98.
11. Luck J, Asaduzzaman M, Banerjee S, Bhattacharya I, Coughlan K, Debnath GC, De Boer D, Dutta S, Forbes G, Griffiths W, Hossain D, Huda S, Jagannathan R, Khan S, O’Leary G, Miah G, Saha A and Spooner-Hart R. The Effects of Climate Change on Pests and Diseases of Major Food Crops in the Asia Pacific Region. [Internet]. 2010. FARMD: Asia-Pacific Network for Global Change Research; [cited 2014 Apr 24]. Available from: <http://www.apn-gcr.org/resources/archive/files/1534fe7a80b1be6e9-d00d2cd6934fae0.pdf>
12. Myint MM, Su T and Win K. 2001. Effect of different fungicides application based on disease forecasting in controlling of potato late blight in Myanmar. Paper presented at: International Workshop on Potato Late Blight; 15-19 October; Pyongchang, Republic of Korea.
13. Schumann, GL and D’Arcy CJ. 2005. Late blight of potato and tomato [Internet]. St Paul (MN): American Phytopathological Association; [cited 2014 Jun 04]. Available from: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/oomycetes/Pages/LateBlight.aspx>
14. Simard T. 1960. Forecasting late blight of potato in the Montreal area in 1960. Canadian Plant Disease Survey 40: 104–106.
15. Simard T. 1961. Forecasting late blight of potato in the Montreal area in 1961. Canadian Plant Disease Survey 41: 310–313.

16. Skelsey P. 2008. Multi-scale modeling of potato late blight epidemics [PhD]. [Wageningen (Netherlands)]: Wageningen University.
17. Thurston HD, Knutson KW and Eide CJ. 1958. The relation of late blight development on potato foliage to temperature and humidity. *American Journal of Potato Research* 35: 397–406.
18. Wallin JR. 1951. Forecasting tomato and potato late blight in the north central region. *Phytopathology* 41: 37.
19. Wallin JR. 1962. Summary of recent progress in predicting the late blight epidemics in United States and Canada. *American Potato Journal* 39: 306–312.
20. Wallin JR and Waggoner PE. 1950. The influence of climate on the development and spread of *Phytophthora infestans* in artificially inoculated potato plots. *Plant Disease Reporter* 190 (Suppl.): 19–33.

Study of efficacy of Hyre and Wallin models for predicting potato late blight in Gorgan

M.A. Aghajani*¹

Abstract

Late blight, caused by *Phytophthora infestans*, is the most important disease of potato in the world, which several models have been developed for its forecasting in different regions of the world. Two important and basic models are Hyre and Wallin's which use weather variables BFD (favorable day based on daily temperature and rainfall) and SV (severity values based on hourly relative humidity and temperature) for disease prediction, respectively. In order to study of predicting potential of these models under the conditions at Gorgan region, weather data of ten years (2002-2012) were utilized via logistic regression and discriminant analyses. Analysis of these variables during two durations (from planting to disease appearance and from the first day of Farvardin to disease appearance) revealed that there isn't a significant relationship between the models specified variables and disease occurrence, but changing the thresholds of precipitation in Hyre model and RH in Wallin model produced a significant relationship. Besides the variables of these models, the four variables of total precipitation, number of rainy days, total sunny hours and total evaporation, had a very significant correlation with disease occurrences, and could predict the disease occurrences with a high accuracy.

Keywords: Blight favorable day, forecasting, late blight, potato, severity value.

¹- Research Assistant Professor, Department of Plant Protection research, Agricultural and Natural Resources, Research Center of Golestan Province, Gorgan, Iran.

*Corresponding author: maaghajanina@yahoo.com