

ژن‌های بیماریزایی *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* عامل

بیماری زنگ قهوه‌ای گندم در چند منطقه ایران در سال‌های ۱۳۷۴-۷۸

Virulence Genes of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, the Causal Agent of Wheat Leaf Rust in some Regions of Iran During 1995-1999

محمد ترابی، وفا مردوخی، عبدالرضا فروتن، ابوسعید کاشانی، محمد علی رمائی،

سید طه دادرضایی، حسین اکبری مقدم، ساسان رجایی و حسین عظیمی

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ دریافت: ۷۹/۱۲/۲۵

چکیده

ترابی، م.، مردوخی، و.، فروتن، ع.، کاشانی، ا.، علی رمائی، م.، دادرضایی، س. ط.، اکبری مقدم، ح.، رجائی، س.، و عظیمی، ح. ۱۳۸۱. ژن‌های بیماریزایی *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* عامل بیماری زنگ قهوه‌ای گندم در چند منطقه ایران در سال‌های ۷۸-۱۳۷۴. نهال و بذر ۱۸: ۴۳۲-۴۴۹.

به منظور شناسایی فاکتورهای بیماریزایی (ژن‌های بیماریزایی) و تغییرات سالیانه قسارچ *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* عامل بیماری زنگ قهوه‌ای گندم. در سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸ خزانه‌های تله (Trap nurseries) در ساری، کرمانشاه، مغان، زابل، اهواز، شیراز و اردبیل ایجاد شدند. این خزانه‌ها شامل ۲۸ لاین تقریباً ایزوژنیک (Near isogenic lines) بود، که هر کدام حاوی یک ژن مقاومت به زنگ قهوه‌ای (*Lr* gene) می‌باشند. در داخل خزانه‌ها و اطراف آن از ارقام حساس به زنگ جهت جذب اسپور و گسترش بیماری استفاده شد. خزانه‌ها بدون آلودگی مصنوعی و زیر سیستم آبیاری افشانه (Mist irrigation) ایجاد شدند. لاین‌ها در مرحله گیاه کامل در چند مرحله ارزیابی شدند. براساس عکس‌العمل لاین‌ها، تیپ‌های آلودگی MR، MS، R و O به عنوان Avirulence و تیپ S به عنوان Virulence در نظر گرفته شد. براساس نتایج حاصله در سال ۱۳۷۴ برای ژن‌های *Lr1*, 2a, 2b, 2c, 3, 3ka, 3bg, Ech, B, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 21, 22b, 34 در مناطق مختلف بیماریزایی وجود داشت. در سال ۱۳۷۵ برای ژن‌های مقاومت *Lr1*, 2a, 2b, Ech, 3ka, 3bg, 3, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22a, 23, 24, 30, 34 در سال ۱۳۷۶ این بیماری روی بعضی از لاین‌ها به صورت پراکنده و فقط در یک یا دو منطقه مشاهده شد. در این سال برای ژن‌های *Lr1*, 2a, 2b, 2c, 3, 3ka, 10, 11, 12, 13, 15, 30, 34 وجود داشت. در سال ۱۳۷۷ برای ژن‌های *Lr1*, 2a, 2b, 2c, 3ka, 10, 11, 12, 13, 15, 21, 30 و در سال ۱۳۷۸ در ساری روی ژن‌های *Lr2b*, 15, B و در اهواز برای ژن‌های *Lr1*, 2a, 2b, 2c, 3, 3ka, 9, 10, 16, 14a, 24, 30 مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: زنگ قهوه‌ای، بیماریزایی، لاین‌های تک‌ژنی.

این مقاله براساس نتایج به دست آمده از اجرای طرح تحقیقاتی شماره ۷۴۳۲۱-۱۲-۱۰۷ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و طرح‌های ملی تحقیقات، شماره ۱۴۶۶ و ۱۴۶۷ که با حمایت شورای پژوهش‌های علمی کشور انجام شده است تهیه و تدوین گردیده است.

## مقدمه

وجود نژادهای فیزیولوژیک زنگ قهوه‌ای اولین بار توسط ماینز و جکسون (Mains and Jackson, 1923) بر اساس آلوده‌سازی دو رقم گندم Kanred و Malakof اعلام شد. بررسی‌های ژنتیکی روی مقاومت به زنگ قهوه‌ای منجر به شناسایی ژن‌های مقاومت به زنگ قهوه‌ای گشته که این ژن‌ها با استفاده از سیستم شماره‌دهی برای اولین بار توسط آسموس و همکاران (Ausemus et al., 1946) گزارش شده است و بعداً برآورد Browder (1980) این ژن‌ها را تا شماره ۲۹ (*Lr29*) مشخص نمود.

برای اولین بار فرضیه ژن برای ژن را فلور (Flor, 1942) مطرح نمود و پرسون (Person, 1959) و فلور (Flor, 1971) آن را توسعه دادند. براساس این نظریه لاین‌های تقریباً ایزوژنیک (Near isogenic) با استفاده از رقم Thatcher برای زنگ قهوه‌ای تهیه و معرفی شدند.

مطالعات انجام شده در زمینه تعیین ژن‌های مقاومت به زنگ قهوه‌ای در هشت رقم استاندارد گندم به اثبات فرضیه ژن برای ژن انجامید (Dyck and Samborski, 1968) و نهایتاً در سال ۱۹۸۶ به وسیله گروهی از محققین زنگ قهوه‌ای آمریکای شمالی (North American Leaf Rust Workers Committee) استفاده از ارقام منوژنیک که هر یک حامل یک ژن مقاومت از قبیل *Lr1*، *Lr2a*، *Lr2c*، *Lr3*، *Lr3ka*، *Lr9*، *Lr11*،

زنگ قهوه‌ای (Brown rust) یا زنگ برگگی (Leaf rust) گندم که عامل آن *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* می‌باشد، در تمام مناطقی که گندم کشت می‌شود، ظاهر شده و گسترش بیشتری نسبت به زنگ زرد و سیاه در عرصه جهانی دارد (Chester, 1946). در ایران نیز اهمیت و خسارت این بیماری بعد از زنگ زرد در درجه دوم قرار دارد ولی گستردگی آن از زنگ زرد بیشتر است و به غیر از سال‌هایی که به صورت همه‌گیر ظاهر شده و باعث کاهش چشمگیر محصول حتی به میزان ۹۰٪ می‌شود، همه ساله در اواخر فصل رویش گندم در مزارع ظاهر شده و باعث کاهش نسبی محصول، چروکیدگی و نامرغوب شدن بذرها می‌شود (بهداد، ۱۳۶۲).

خسارت این بیماری در ایالت‌های اوکلاهوما و کانزاس طی سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۷۳ حدود ۴/۱۱ میلیون تن برآورد شده است (Roelfs, 1978). زنگ قهوه‌ای گندم مهم‌ترین بیماری در کشور مکزیک می‌باشد و همه‌گیری شدید آن در مکزیک در سال زراعی ۱۹۷۷-۱۹۷۶ باعث کاهش بیش از ۴۰٪ محصول شد (Dubin and Torres, 1981).

این بیماری در جلگه‌های شرق کانادا باعث کاهش سالانه محصول به میزان ۱۵-۵٪ شده و خسارت محصول در صورت بروز بیماری قبل از مرحله گلدهی گندم زیاد می‌باشد (Samborski and Peterson, 1960).

Lr16، Lr29 و Lr9 برای اولین بار بیماری‌زایی مشاهده شد. در سال ۱۹۸۵ توسط نایار و همکاران (Nayar et al., 1985) ویرولانسی روی ژن Lr10 در هندوستان گزارش گردید.

زنگ قهوه‌ای در سال‌های ۱۹۸۳، ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵ در جنوب آفریقا روی ارقام بهاره با شدت زیاد ظاهر شده و روی ژن‌های Lr1، Lr20، Lr15، Lr17 و Lr24 بیماری‌زایی مشاهده شد (Pretorius et al., 1987).

طی تحقیقات انجام شده در چین با ۸۱۱ جدایه زنگ قهوه‌ای بیماری‌زایی برای ژن‌های Lr2a، Lr9، Lr15، Lr19، Lr24، Lr28 و Lr29 با فراوانی کمتر از ۳۰٪ و برای ژن‌های Lr14a، Lr14b، Lr16، Lr22a، Lr23 و Lr33 با فراوانی بیشتر از ۹۰٪ و برای ژن‌های Lr2c، Lr3ka، Lr3، Lr3bg، Lr10، Lr11، Lr13، Lr17، Lr18، Lr20 و Lr21 با فراوانی ۸۹/۵-۳۸٪ درصد گزارش شده است (Chen and Zhang, 1993). در پاکستان ۵۳ جدایه زنگ قهوه‌ای روی ۲۷ لاین گندم آزمایش و مشخص شد که ژن‌های Lr19، Lr24 و Lr28 در مقابل جدایه‌های عامل بیماری مقاوم بودند و بیماری‌زایی روی ژن‌های Lr1، Lr2c، Lr14a، Lr16، Lr18 مشاهده شد (Rizvi, 1984). در افغانستان وجود نژادهای E1، 77 و 20 مشخص گردیده است (Hassan, 1966).

Lr16، Lr17، Lr24، Lr26 و Lr30 در تعیین نژاد و فاکتورهای بیماری‌زایی زنگ قهوه‌ای پیشنهاد گردید و اساس آن تعیین نژادهای فیزیولوژیک زنگ قهوه‌ای در یک سیستم اصلاح شده نامگذاری یکسان (Modified-Unified Numeration) با استفاده از فرمول Avirulence/ Virulence تصویب شد (Long and Kolmer, 1989).

در زمینه تعیین نژاد و فاکتورهای بیماری‌زایی زنگ قهوه‌ای در مناطق مختلف دنیا تحقیقات وسیعی انجام شده است. در طی سال‌های ۷۹-۱۹۷۷ در کشور مجارستان نژادهای ۱۳ و ۱۷ به صورت غالب گزارش شده است. در بلغارستان نژادهای ۱۷۷ و ۱۶۷ بیشترین پراکندگی را داشته و لاین‌های حامل ژن Lr9 و Lr19 مقاوم بودند (Raditsiele et al., 1983).

در مطالعه‌ای که در سال ۱۹۸۲ در کشور کانادا با استفاده از ۲۳ لاین ایزوژنیک صورت گرفت مشخص شد که برای ژن‌های Lr29، Lr26، Lr25، Lr21، Lr19 و Lr16 بیماری‌زایی وجود ندارد (Samborski, 1983).

لانگ و همکاران (Long et al., 1986) در آزمایش‌هایی که با ۱۴۸ جدایه قارچ روی ۱۲ لاین تک ژن زنگ قهوه‌ای انجام دادند، ۴۰ پاتوتیپ بیماری‌زیا و غیربیماری‌زا را گزارش نمودند که این پاتوتیپ‌ها در ۹ گروه قرار داشتند و در بررسی‌های انجام شده برای ژن‌های

قارچ با استفاده از ۱۵ لاین تقریباً ایزوژنیک ۱۰ پاتوتیپ را شناسایی و کلیه جدایه‌ها روی ژن‌های *Lr9*, 19, 24, 28 غیربیماریزا بودند.

در ایران توسط بامدادیان (Bamdadian, 1973) با استفاده از ۸ رقم استاندارد نژادهای *Rin1*, *Rin2*, *Rin3*، 64، 167، 57، 122 و 143 زنگ قهوه‌ای شناسایی شد که روی ژن‌های مقاومت *Lr2a*، *Lr2c*، *Lr11*، *Lr25* بیماریزایی داشتند.

در بررسی‌های انجام شده توسط مهدیان و همکاران (۱۳۷۶) با مایه‌زنی ۲۱ جدایه زنگ قهوه‌ای روی ۸ رقم استاندارد نژادهای 54، 45، 57، 84، 176 و 12 و بیوتیپ‌های 57، 45 و 84A از منطقه آذربایجان شرقی و اردبیل مشخص شدند.

کشت ارقام مقاوم بهترین روش کنترل بیماری می‌باشد، در راستای تهیه ارقام مقاوم شناسایی فاکتورهای بیماریزایی عامل بیماری که در منطقه مورد نظر وجود داشته و آن‌هایی که از خارج به این منطقه وارد می‌شوند حائز اهمیت می‌باشد. با شناسایی فاکتورهای بیماریزایی و بررسی تغییرات آن‌ها در مناطق مختلف می‌توان نسبت به تهیه ارقام مقاوم با ژن‌های مقاومت مؤثر در مناطق مورد نظر اقدام کرد که این امر با کاشت خزانه‌های تله (Trap Nurseries) در مناطق مختلف امکان‌پذیر می‌باشد.

این تحقیق جهت بررسی فاکتورهای بیماریزایی در جمعیت عامل بیماری زنگ

پارک و فلزنستین (Park and Felesenstine, 1998) در سال ۱۹۹۵ وضعیت بیماری زنگ قهوه‌ای را در اروپای غربی بررسی نموده و ۸۵۰ جدایه مختلف را توسط اسپور جمع‌کن از نواحی کشت گندم اتریش، بلژیک، فرانسه، آلمان، ایتالیا، سوئیس و انگلستان جمع‌آوری و با استفاده از ۲۰ رقم و لاین ایزوژنیک مشخص نمودند که کلیه جدایه‌ها برای ژن‌های *Lr9*, 19, 21, 24, 25, 29 غیربیماریزا هستند.

پرتوریوس (Pretorius, 1997) بیماریزایی برای ژن *Lr41* را در آفریقای جنوبی گزارش نموده و ناپایداری مقاومت تک‌ژنی را مورد تأیید قرار داد.

در اسلواکی توسط بارتوس و هاوزر (Bartos and Huszar, 1998) بیماریزایی ۶۴ جدایه تک‌جوش زنگ قهوه‌ای روی ۱۶ لاین تقریباً ایزوژن آزمایش شد و مشخص گردید ژن‌های *Lr9*، *Lr19*، *Lr24*، *Lr28* در مقابل کلیه جدایه‌ها مقاوم و ژن‌های *Lr11*، *Lr21* و *Lr23* به طور کلی غیرمؤثر بودند.

براساس آزمایش (Casulli 1998) زنگ قهوه‌ای مهم‌ترین بیمارگر گندم در کلیه نواحی کشت گندم ایتالیا بوده و ژن‌های *Lr24*، *Lr29*، *Lr9*، *Lr19* دارای مقاومت و ژن‌های *Lr16*، *Lr23*، *Lr10*، *Lr2c* و *Lr30* غیرمؤثر می‌باشند.

بارتوس و همکاران (Bartos et al., 1998) در سال ۱۹۹۶ در جمهوری چک از ۸۹ جدایه

به مایه‌زنی مصنوعی دارند، کشت شوند. پس از کاشت خزانه در پائیز، در طول فصل رشد مواظبت‌های لازم از قبیل آبیاری، وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات احتمالی انجام شده و در زمان گیاه کامل (Adult plant) و بعد از مرحله ظهور برگ پرچم (Flag leaf) در چندین نوبت از عکس‌العمل ارقام یادداشت‌برداری گردید.

جهت یادداشت‌برداری از عکس‌العمل ارقام از روش اصلاح شده Cobb توسط پترسون و همکاران (Peterson et al., 1948)، استفاده شد. تیپ‌های آلودگی (Infection types) به صورت O، R، MR، MS و S و شدت آلودگی (Severity) با تعیین درصد پوشش جوش‌ها روی برگ (۱۰۰-۰) مشخص گردید (بامدادیان و ترابی، ۱۳۶۲). جهت بررسی وجود یا عدم وجود فاکتورهای بیماریزایی برای ژن‌های مقاومت، تیپ‌های آلودگی O، R، MR و MS به عنوان Avirulence و تیپ آلودگی S به عنوان Virulence بیماری در نظر گرفته شد.

#### نتایج و بحث

عکس‌العمل لاین‌های تک‌ژنی در مقابل زنگ قهوه‌ای در ۵ سال آزمایش (۷۸-۱۳۷۴) در جدول ۱ ثبت شده است. بر اساس نتایج حاصله بیماریزایی برای ژن‌های مقاومت در سال‌های مختلف به شرح زیر مشاهده شد:

#### سال ۱۳۷۴

در سال ۱۳۷۴ به دلیل بروز همه‌گیری زنگ زرد و پوشش برگ ارقام آزمایشی توسط

قهوه‌ای گندم و شناسایی ژن‌های مقاومت مؤثر در مرحله بلوغ گیاه در مناطق مستعد گسترش بیماری کشور انجام شد تا با شناسایی ژن‌های بیماریزایی و ژن‌های مقاومت مؤثر در گندم بتوان از آن‌ها جهت اصلاح ارقامی که دارای خواص مناسب زراعی هستند استفاده نمود.

#### مواد و روش‌ها

جهت بررسی عکس‌العمل ژن‌های مقاومت و فاکتورهای بیماریزایی زنگ قهوه‌ای، از ۲۸ لاین تقریباً ایزوژنیک (Near Isogenic Lines) گندم که با انتقال ژن‌های مقاومت زنگ قهوه‌ای (*Lr* gene) به رقم حساس Thatcher تهیه شده‌اند (Samborski and Dyck, 1968) استفاده گردید. از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸ این ارقام در خزانه‌های تله زنگ قهوه‌ای در مناطق شیراز، ساری، مغان، کرمانشاه، اهواز، زابل و اردبیل کاشته شدند. رقم حساس بولانی نیز در میان و اطراف خزانه کشت گردید.

هر یک از لاین‌ها در دو خط یک متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله لاین‌ها ۵۰ سانتی‌متر، در خزانه‌های مستقل کشت شدند. جهت تأمین رطوبت لازم برای گسترش بیماری از سیستم آبیاری افشانه استفاده شده و چون منظور از کاشت خزانه بررسی وضعیت فاکتورهای بیماریزایی در شرایط طبیعی مناطق بوده لذا از آلودگی مصنوعی و اسپورپاشی خزانه‌ها خودداری و حتی‌الامکان سعی شد که خزانه‌ها در جایی دورتر از آزمایش‌هائی که نیاز



ولی به طور کلی بیماری شدت زیادی نداشت. در شیراز جمعیت بیمارگر دارای طیف گسترده بیماریزایی بود و اکثر لاین‌ها با تیپ S آلوده شده بودند.

در طی چند سال آزمایش، مناطق مغان، ساری، اهواز و زابل جزو مناطق مستعد گسترش بیماری بودند و هر ساله بیماری با درجات مختلفی روی لاین‌های تک‌ژنی ظاهر شد. براساس نتایج، به طور کلی وضعیت بیماریزایی روی ژن‌های مختلف در سال‌های مختلف متفاوت بود و نشان می‌داد که توان بیماریزایی عامل بیماری در سال‌های مختلف متفاوت بوده و بسته به شرایط جوی و فعال بودن یا نبودن بعضی نژادهای آن، فاکتورهای بیماریزایی در جمعیت عامل بیماری از سالی به سال دیگر تغییر می‌یابد، لذا برای داشتن اطلاعات جامع از وضعیت بیماریزایی آن لازم است این گونه تحقیقات همه ساله ادامه داشته باشد.

بر اساس نتایج به دست آمده از این بررسی وجود بیماریزایی برای هر یک از ژن‌های مقاومت در مناطق مختلف کشور به شرح زیر مشخص گردید:

برای ژن *Lr1* در مناطق شیراز، ساری، اهواز، زابل

برای ژن *Lr2a* در مناطق شیراز، ساری، مغان، اهواز، زابل و اردبیل

برای ژن *LrEch* در مناطق شیراز، ساری، مغان و اهواز

این سال رقم شاهد دارای حداکثر آلودگی 50S بود.

سال ۱۳۷۷

در سال ۱۳۷۷ در ساری برای ژن‌های *Lr2b*، *Lr13*، *Lr15*، *Lrb* و در اهواز برای ژن‌های *Lr1*، *Lr2b*، *Lr2c*، *Lr3*، *Lr15*، *Lr24* و در مغان برای طیف گسترده‌ای از ژن‌های مقاومت بیماریزایی مشاهده شد، ولی ارقام حاوی ژن‌های *Lr14a*، *Lr14b* و *LrEch* آلودگی نداشتند. در این سال رقم شاهد دارای حداکثر آلودگی 50S بود.

سال ۱۳۷۸

در سال ۱۳۷۸ در ساری برای ژن‌های *Lr2b*، *Lr15* و *Lr13* بیماریزایی مشاهده شد ولی بقیه ارقام عکس‌العمل MS و tR داشتند. در اهواز برای طیف گسترده‌ای از ژن‌های مقاومت و یروولانس مشاهده شد که شامل ژن‌های *Lr10*، *Lr9*، *Lr3ka*، *Lr3*، *Lr2c*، *Lr2b*، *Lr2a*، *Lr30*، *Lr1*، *Lr24*، *Lr16* و *Lr14a* بود. در مغان نیز عکس‌العمل ارقام به صورت MS، MR و R بود. در این سال رقم بولانی حداکثر آلودگی به میزان 40S بود.

همانطوری که در بالا اشاره شد، طی چند سال تحقیق به دلیل عدم وجود شرایط مناسب در کرمانشاه بیماری به صورت شدید در خزانه‌ها ظاهر نشد و لذا اطلاع دقیقی از وضعیت بیماریزایی این بیماری در این منطقه حاصل نشد. در اردبیل ارقام آزمایشی در سال‌های مختلف عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان دادند

- برای ژن *Lr2b* در مناطق ساری، اهواز، زابل و اردبیل
- برای ژن *Lr2c* در مناطق شیراز، ساری، اهواز، اردبیل و زابل
- برای ژن *Lr3* در مناطق شیراز، ساری، مغان، اهواز، زابل و اردبیل
- برای ژن *Lr3ka* در مناطق ساری، مغان، اهواز، زابل و اردبیل
- برای ژن *Lr3bg* در مناطق شیراز، ساری، مغان، اهواز، زابل
- برای ژن *Lr9* در مناطق مغان، اهواز و زابل
- برای ژن *Lr10* در مناطق شیراز، مغان، زابل و اردبیل
- برای ژن *Lr11* در مناطق شیراز و اهواز
- برای ژن *Lr12* در مناطق شیراز، اهواز، زابل و اردبیل
- برای ژن *Lr13* در مناطق ساری، مغان، اهواز و زابل
- برای ژن *Lr14a* در منطقه اهواز
- برای ژن *Lr14b* در مناطق شیراز و زابل
- برای ژن *Lr15* در مناطق ساری، مغان، اهواز و اردبیل
- برای ژن *Lr16* در منطقه مغان و اهواز
- برای ژن *Lr17* در مناطق ساری، مغان و زابل
- برای ژن *Lr18* در مناطق شیراز، مغان، زابل، اهواز و اردبیل
- برای ژن *Lr19* در هیچ یک از مناطق مورد مطالعه مشاهده نشد
- برای ژن *Lr21* در مناطق زابل و مغان
- برای ژن *Lr22a* در منطقه اردبیل و مغان
- برای ژن *Lr22b* در منطقه اهواز و مغان
- برای ژن *Lr23* در منطقه زابل و مغان
- برای ژن *Lr24* در مناطق اهواز، مغان و اردبیل
- برای ژن *Lr30* در مناطق مغان، اردبیل و اهواز
- برای ژن *Lr34* در مناطق زابل، مغان و اردبیل
- برای ژن *LrB* در مناطق مغان، شیراز، ساری و زابل
- در میان این ژن‌های مقاومت، ژن‌های *Lr13*، *Lr12*، *Lr34*، *Lr22b* و *Lr22a* دارای مقاومت در مرحله بلوغ (Adult Plant Resistance) و بقیه ژن‌ها دارای مقاومت گیاهچه‌ای (Seedling Resistance) هستند. برای ژن‌های *Lr14b*، *Lr21*، *Lr22a*، *Lr22b* و *Lr23* فقط در دو نقطه نژادهای عامل بیماری قادر به ایجاد آلودگی روی ارقام حامل این ژن‌ها بوده لذا استفاده از این ژن‌ها در سایر مناطق با رعایت احتیاط و پی‌گیری تغییرات احتمالی بیمارگر امکان‌پذیر می‌باشد.
- برای ژن‌های *Lr14b*، *Lr16*، *Lr17*، *Lr21*، *Lr22a*، *Lr22b*، *Lr23* و *Lr24* فقط در دو نقطه و برای ژن‌های *Lr9*، *Lr11*، *Lr17*، *Lr24*، *Lr30* و *Lr34* در سه نقطه بیماری‌زایی مشاهده شد لذا این ژن‌ها هنوز در بقیه مناطق دارای مقاومت مؤثر می‌باشند. برای ژن *Lr14a* در اهواز ژن بیماری‌زایی در جمعیت بیمارگر مشاهده شد ولی در سایر مناطق برای آن بیماری‌زایی مشاهده نشد. برای ژن *Lr19* در



دارای هر دو ژن مقاومت *Lr11* و *Lr14b* بوده و در دو نقطه در مقابل بیماری دارای مقاومت باشد. در نتیجه اطلاعات ارائه شده می‌توان از ترکیبات مختلف ژنی مقاوم مؤثر جهت اصلاح ارقام بهره‌برداری نمود که این امر بسته به نظر و انتظارات اصلاح‌گران گندم در مناطق مختلف امکان‌پذیر می‌باشد.

همانطور که قبلاً گفته شد، برای تعیین ژن‌های بیماریزایی یک عامل بیماری به خصوص زنگ‌ها در مناطق مختلف، از ارقام ایزوژنیک و ارزیابی آن‌ها در شرایط آلودگی طبیعی استفاده می‌شود. با توجه به این که بروز و گسترش بیماری‌ها به خصوص بیماری‌های اپیدمیک شدیداً تحت تأثیر شرایط آب و هوایی می‌باشد و بالطبع همه ساله شرایط مساعد برای آلودگی‌های شدید آن‌ها فراهم نمی‌باشد، لذا توجه نتایج به دست آمده در هر سال باید با توجه به شرایط آب و هوایی آن سال انجام شود. در یادداشت‌برداری از زنگ‌ها دو فاکتور تیپ آلودگی و شدت آلودگی استفاده می‌شود که تیپ آلودگی تحت تأثیر ساختار ژنتیکی و میزان و شدت آلودگی تحت تأثیر شرایط آب و هوایی می‌باشد.

بروز تیپ آلودگی S در میزان نشان‌دهنده حساسیت میزان و وجود ژن بیماریزایی در عامل بیماری می‌باشد، هر چه شرایط آب و هوایی نامناسب‌تر باشد شدت آلودگی پایین‌تر خواهد بود.

هیچیک از مناطق بیماریزایی مشاهده نشد و می‌تواند به عنوان منبع مقاومت مؤثر مورد بهره‌برداری قرار گیرد، هر چند به دلیل همبستگی (Linkage) ژن تولید رنگ دانه و زرد نمودن آرد، از این ژن استفاده نشده است (Knott, 1989).

با توجه به طیف گسترده بیماریزایی برای تمام ژن‌های مقاومت شناسایی شده برای بیماری زنگ قهوه‌ای گندم به جز ژن (*Lr19*)، به نظر می‌رسد که جهت تهیه ارقام مقاوم می‌بایستی ژن‌های شناسایی شده جدید (*Lr35* تا *Lr44*) که هنوز بیماریزایی برای آنها مشاهده نشده را نیز در مناطق مختلف آزمایش نمود و در هر منطقه با توجه به نتیجه آزمایش‌ها از ژن‌های مؤثر منطقه جهت تهیه ارقام مقاوم بهره گرفته شود و یا از ترکیب چند ژن مقاومت که دارای تأثیر متقابل (interactive effects) همراه با خصواص افزایشی مقاومت هستند (Additive effects) استفاده شود (Kolmer, 1996; Singh and Rajaram, 1994) در کانادا از ترکیب ژن‌های *Lr13* و *Lr10* و یا ژن‌های *Lr13* و *Lr34* استفاده شده است (Kolmer, 1997). در ایران به عنوان مثال ژن بیماریزایی برای *Lr11* در اهواز موجود می‌باشد ولی برای ژن *Lr14b* در منطقه بیماریزایی وجود ندارد، از طرفی در زابل ژن *Lr11* دارای مقاومت بوده و برای ژن *Lr14b* بیماریزایی وجود دارد. پس می‌توان رقمی تولید نمود که

جدول ۱- عکس العمل لاین‌های ایزوژنیک نسبت به زنگ قهوه‌ای در مناطق مختلف کشور طی سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۷۴

Table 1. Reaction of Near Isogenic Lines to leaf rust in different parts of Iran during 1995-1999

شماره لاین Line No.	ژن مقاومت Lr gene	Shiraz شیراز					Sari ساری				
		۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999	۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999
1	Lr 1	---	30 MR	5 S	---	---	5 S	7.5 S	50 MS	10 MS	20 MS
2	Lr 2a	---	30 S	0	---	---	40 S	3.5 S	25 MS	0	IR
3	Lr Ecb	---	30 S	0	---	---	30 S	1.5 S	20 MS	15 MS	30 MS
4	Lr 2b	---	40 S	0	---	---	3 S	5 S	10 S	10 S	2.5 S
5	Lr 2c	---	IR	20 S	---	---	10 S	1.5 S	50 MS	15 MS	20 MS
6	Lr 3	---	10 MS	20 S	---	---	5 S	5 S	50 MS	15 MS	20 MS
7	Lr 3Ka	---	R	0	---	---	5 S	3 S	50 MS	20 MS	20 MS
8	Lr 3Bg	---	40 S	0	---	---	5 S	3 S	0	0	IR
9	Lr 9	---	30 MR	0	---	---	5 S	0	25 MS	15 MS	15 MS
10	Lr 10	---	TR	10 S	---	---	0	0	60 MS	20 MS	20 MS
11	Lr 11	---	0	5 S	---	---	0	0	0	0	IR
12	Lr 12	---	40 S	0	---	---	0	0	0	0	IR
13	Lr 13	---	R	0	---	---	0	0	40 S	15 S	20 MS
14	Lr 14a	---	R	0	---	---	0	0	0	0	IR

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

Line No.	شماره لاین	ژن مقاومت <i>Lr gene</i>	Shiraz					Sari				
			۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999	۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999
15	<i>Lr14b</i>	---	20 S	0	---	---	---	0	0	0	IR	
16	<i>Lr15</i>	---	R	20 MS	---	---	---	5 S	7 S	10 S	10 S	
17	<i>Lr16</i>	---	R	0	---	---	---	0	0	0	IR	
18	<i>Lr17</i>	---	R	0	---	---	---	10 S	10 S	0	IR	
19	<i>Lr18</i>	---	50 S	0	---	---	---	5 MS	5 MS	0	IR	
20	<i>Lr19</i>	---	R	0	---	---	---	3 MR	5 MR	0	IR	
21	<i>Lr21</i>	---	20 MR	0	---	---	---	10 R	0	0	IR	
22	<i>Lr22a</i>	---	R	0	---	---	---	0	0	0	IR	
23	<i>Lr22b</i>	R	0	---	---	---	0	0	0	0	IR	
24	<i>Lr23</i>	---	R	0	---	---	---	0	0	0	IR	
25	<i>Lr24</i>	---	40 MR	0	---	---	---	0	0	0	IR	
26	<i>Lr30</i>	---	R	0	---	---	---	0	0	0	IR	
27	<i>LrB</i>	---	20 MS	30 S	---	---	---	5 S	5 S	10 S	20 S	
28	<i>Lr34</i>	---	60 MS	---	---	---	---	0	0	0	IR	
29	Bolani (check)	---	30 MS	20 S	---	---	---	10 S	10 S	15 S	15 S	

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

شماره لاین Line No.	ژن مقاومت Lr gene	مغان Moghan					اردبیل Ardebil					کرجانته Kernanshah				
		۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999	۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999	۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999
1	Lr1	10 MS	25MS	15 MS	70 S	IR	---	0	0	5 S	---	20 MS	20 MS	25 MS	40 MS	0
2	Lr2A	5 MR	5 S	5 MS	60 S	5 MR	---	R	5 S	0	---	10 MR	10 MR	30 MS	R	0
3	LrEch	5 MR	10 S	5 R	10 MR	5 R	---	R	R	5 S	---	0	0	IR	10 MS	IR
4	Lr2b	5 R	5 MR	5 R	20 S	5 MR	---	R	5 S	10 MS	---	10 MR	0	20 MR	10 MS	0
5	Lr2c	5 R	5 MR	5 R	70 S	5 R	---	R	50 S	0	---	0	0	20 MS	R	0
6	Lr3	5 MS	10 S	5 S	80 S	5 MR	---	R	5 S	5 MS	---	0	5 MR	10 MR	R	0
7	Lr3ka	5 MS	10 S	5 S	80 S	5 MR	---	R	5 S	5 MS	---	10 MR	5 MR	0	0	0
8	Lr3bg	5 MS	20 S	20 MS	80 S	5 MS	---	R	5 S	0	---	15 MR	0	10 MR	0	0
9	Lr9	20 MS	10 S	15 MS	80 S	5 MS	---	R	R	5 MS	---	20 MS	0	10 MR	5 MR	0
10	Lr10	10 MS	15 MS	10 S	70 S	5 MS	---	R	10 S	0	---	10 MR	0	5 MR	20 MR	IR
11	Lr11	20 MR	5R	10 MS	50 S	1MR	---	R	R	0	---	0	20 MR	5 MR	0	0
12	Lr12	5 R	5 R	5 R	50 S	5 R	---	5 MS	5 S	0	---	10 MR	5 MR	1MR	20 MS	0
13	Lr13	5 MS	10 MS	5 MR	60 S	5 R	---	R	R	0	---	R	0	5 MR	10 MR	5 R
14	Lr14a	5 MS	25 MS	5 MR	10 MS	5 MR	---	R	R	0	---	0	0	10 MR	R	0
15	Lr14b	5 MS	5 R	10 MS	5 MS	5 MS	---	R	5 MS	0	---	R	5 R	10 MR	0	10 R
16	Lr15	5 MR	20 MS	10 MS	80 S	10 MS	---	5 S	30 S	0	---	0	IR	0	20 MR	0

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

Line No.	شماره لاین	ژن مقاومت	Moghan					Ardebil					Kermanshah				
			سن	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	سن	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	سن	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸
17	Lr-16	5 MS	10 S	5 MR	80 S	5 MS	---	R	R	0	---	0	0	0	0	0	
18	Lr-17	5 R	5 R	5 R	20 S	5 R	---	R	R	0	---	0	0	5 MR	10 MR	0	
19	Lr-18	5 MR	5 R	5 R	20 S	5 MR	---	5 S	20 MS	5 MS	---	0	0	5 MR	R	20 MR	
20	Lr-19	5 MR	---	5 R	---	5 MR	---	R	R	0	---	0	15 MR	0R	0	0	
21	Lr-21	5 MR	5 R	5 MS	60 S	5 MR	---	R	R	0	---	0	5 R	0MR	0	0	
22	Lr-22a	5 R	15 MR	5 MR	20 S	5 R	---	5 S	R	0	---	0	0	0R	0	0	
23	Lr-22b	5 R	15 R	5 R	5 S	5 MR	---	R	5 MS	0	---	0	0	10 MR	10 MR	0	
24	Lr-23	5 MR	10 MS	5 MR	30 S	5 R	---	R	R	0	---	0	0	10 MR	R	0	
25	Lr-24	5 MS	5 MS	5 MS	80 S	5 MR	---	80 S	5 MS	0	---	0	0	5 MR	5 MR	0	
26	Lr-30	5 MR	10 S	30 S	80 S	5 R	---	R	15 S	0	---	0	5 R	5 MR	R	0	
27	Lr-B	10 MR	15 MR	5 R	20 S	5 MR	---	R	5 MS	5 MS	---	0	0R	0	R	0	
28	Lr-34	5 MR	15 S	20 S	70 S	5 R	---	5 S	5 MS	5 MS	---	0	0	0	20 MR	0	
29	Bolani (check)	20 MS	20 S	10 S	20 S	IS	---	5 S	IS	IS	---	10 MS	20 MS	10 MS	10 MS	10 MS	

Table 1. Continued

شماره لاین Line No.	ژن مقاومت Lr gene	Ahvaz اهواز					Zabol زابل				
		۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999	۱۳۷۴ 1995	۱۳۷۵ 1996	۱۳۷۶ 1997	۱۳۷۷ 1998	۱۳۷۸ 1999
1	Lr-1	20 MS	100S	15 S	70 S	50 S	30 S	35 MR	40 MS	0	---
2	Lr-2A	100S	60 MS	30 MS	30 MR	50 S	10 S	25 MR	50 MS	30 MR	---
3	Lr-Ech	30 MR	20 MR	30 MS	40 MS	20 MS	5 S	60 S	40 MR	10 MR	---
4	Lr-2b	100S	10 MR	40 MS	50 S	5 S	50 S	25 MS	---	---	---
5	Lr-2c	10 MR	80 S	80 S	80 S	40 S	5 S	45 S	50 MS	20 MS	---
6	Lr-3	100S	60 MS	50 S	40 S	60 S	5 S	60 S	50 MS	20 MS	---
7	Lr-3Ka	100S	40 MS	10 MR	40 S	5 S	70 S	30 MS	40 S	---	---
8	Lr-3bg	100S	80 MS	15 MS	0	R	5 S	55 S	60 MS	20 MS	---
9	Lr-9	100S	80 MS	40 MS	20 MR	40 S	5 S	60 S	50 MS	10 MS	---
10	Lr-10	20 MS	20 MR	20 MS	40 MR	40 S	0	80 S	30 MS	8 MS	---
11	Lr-11	20 S	20 MS	TR	R	30 MR	0	0	0	0	---
12	Lr-12	100S	30 MS	TR	TR	0	80 S	30 R	10 MR	---	---
13	Lr-13	100S	20 MR	30 S	30 MS	10 MR	0	60 S	50 MR	10 MR	---
14	Lr-14a	0	TR	30 MS	10 MR	40 S	0	0	0	0	---
15	Lr-14b	0	0	R	R	30 MR	0	45 S	TR	0	---

ادامه جدول ۱

Table 1. Continued

Line No.	شماره لاین Lr gene	Ahvaz اهواز								Zabol زابل			
		1374 1995	1375 1996	1376 1997	1377 1998	1378 1999	1374 1995	1375 1996	1376 1997	1377 1998	1378 1999		
16	Lr 15	100S	100S	80 S	40 S	10 MR	0	70 MR	20 R	0	---		
17	Lr 16	70 MS	30 MR	0	R	20 S	0	20 MR	1R	20 MR	---		
18	Lr 17	60 MS	1R	30 MS	R	1 MR	5 S	40 S	10 R	10 MR	---		
19	Lr 18	100S	70 MS	15 MS	0	1MR	5 S	70 S	70 MR	0	---		
20	Lr 19	20 MR	5 MR	10 MS	10 MR	0	---	35 MR	10 R	10 MR	---		
21	Lr 21	30 MR	5 MR	0	20 MR	30 RS	5 S	40 S	20 R	0	---		
22	Lr 22a	0	0	20 MR	10 MR	15 MR	0	0	0	10 MR	---		
23	Lr 22b	100S	1R	40 MS	30 MR	0	0	20 MR	10 R	20 MR	---		
24	Lr 23	20 MR	1R	0	0	0	0	40 S	30 MS	25 MR	---		
25	Lr 24	100S	---	40 MS	80 S	30 S	25 MR	---	---	0	0		
26	Lr 30	0	1MR	10 MS	60 MS	30 S	0	0	50 MR	50 MR	---		
27	Lr B	80 R	5 MR	0	R	0	5 S	10 MR	20 MS	0	---		
28	Lr 34	0	1R	25 MR	80 MS	15 MS	5 S	50 S	30 MS	0	---		
29	Bolani (check)	60 S	50 S	50 S	50 S	40 S	20 S	30 S	40 S	1 S	---		

0 = Immune; R = Resistant; MR = Moderately Resistant; MS = Moderately susceptible; S = Susceptible; t = Trace

0 = مصون؛ R = مقاوم؛ MR = نیمه مقاوم؛ MS = نیمه حساس؛ S = حساس؛ t = نادر

در بررسی اخیر نیز چنین حالتی در سال‌های مختلف وجود داشت، لذا تیپ آلودگی S به عنوان وجود بیماریزایی در عامل بیماری در نظر گرفته شد بدون این که شدت آلودگی در نظر گرفته شود. برای اطمینان بیشتر از وجود بیماریزایی برای یک ژن لازم است به نتایجی که شدت آلودگی آنها بالاتر است تکیه کرد و شدت آلودگی پایین تر از ۱۰ با اطمینان کمتری نگریست ولی در هر حال تکرار آزمایش در سال‌های مختلف این گونه شباهت را از بین خواهد برد.

## References

## منابع مورد استفاده

- بامدادیان، ع. و ترابی، م. ۱۳۶۲. بیماری‌های گندم و جو در ایران و روش‌های آماربرداری از آنها، انتشارات مؤسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی.
- بهداد، ا. ۱۳۶۲. بیماری‌های گیاهان زراعی، چاپ نشاط، اصفهان. ۲۲۳ صفحه.
- مهدیان، ص. ع.، بامدادیان، ع.، و ترابی، م. ۱۳۷۶. بررسی نژادهای فیزیولوژیک زنگ قهوه‌ای *Puccinia recondita tritici* روی گندم در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل. بیماریهای گیاهی ۳۳ (۱ و ۲): ۴۵-۴۲.

- Ausemus, E. R., Harrinton, J. B., Reitz, L. P., and Worzella, W. W. 1946. A summary of genetic studies in hexaploid and tetraploid wheats. *Agronomy Journal* 38: 1082-1099.
- Bamdadian, A. 1973. Physiologic races of *Puccinia recondita* in Iran (1968-1972). *Cereal Rust Bulletin* 1: 45-47.
- Bartos, P., Hanusova, R., and Stuchilkova, E. 1998. Virulence of the wheat leaf rust population in Czech Republic in 1996. *Ochrana Rostin* 34: 21-26.
- Bartos, P., and Huszar, R. 1998. Virulence of the wheat leaf rust population in Slovakia in 1996. *Biologica* 53: 99-105.
- Browder, L. E. 1980. A compendium of information about named genes for low reaction to *Puccinia recondita* in wheat. *Crop Science* 20: 775-779.
- Casulli, F. 1998. *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in Italy. *Informatore Phytopatology* 48: 77-80.
- Chen, W., Hu, C., and Zhang, S. 1993. Analysis of virulence genes of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* population in China. *Scientia-Agricultura-Sinica*. 26(2): 17-23.



- Chester, K. S. 1946.** The Nature and Prevention of the Cereal Rusts as Exemplified in the Leaf Rust of Wheat. *Chronica Botanica*. Waltham, Massachuset. 269pp.
- Dubin, H. J., and Torres, E. 1981.** Causes and consequences of the 1976-77 wheat leaf rust epidemics in North West Mexico. *Annual Review of Phytopathology* 19: 41-45.
- Dyck, P. L., and Samborski, D. J. 1968.** Genetic of resistance to leaf rust in the common wheat varieties Webster, Loros, Brevit, Carina, Malakof and Centenario. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 10: 7-17.
- Flor, H. H. 1942.** Inheritance of pathogenicity in *Malampsora lini*. *Phytopathology* 32: 653-669.
- Flor, H. H. 1971.** Current status of the gene for gene concept. *Annual Review of Phytopathology* 9: 275-296.
- Hassan, S. F. 1966.** Some physiologic races of leaf and stem rusts of wheat in Afghanistan in 1963-64. *West Pakistan Journal of Agricultural Research* 3: 233-234.
- Knott, D. R. 1989.** The Wheat Rusts-Breeding for Resistance. Springer – Verlag. Berlin, Heidelberg. 201 pp.
- Komler, J. A. 1996.** Genetics of resistance to wheat leaf rust. *Annual Review of Phytopathology* 34: 435-455.
- Komler, J. A. 1997.** Virulence in *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* from Canada: Genes for adult – plant resistance to wheat leaf rust. *Plant Disease* 81: 267-271.
- Long, D. L., and Kolmer, J. A. 1989.** A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 79: 525-529.
- Long, D., Schafer, J. F., Roelf, A. P., and Robert, J. J. 1986.** Virulence and epidemiology of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in the United States. *Plant Disease* 77: 786-791.
- Mains, E. B., and Jakson, M. S. 1923.** Strains of the leaf rust of wheat in the United States. *Phytopathology* 13: 36 (Abstr.).
- Nayar, S., Nagarajan, S., and Bahadur, S. 1985.** Results of *Puccinia recondita* virulence monitoring survey in India 1981-1982. *Indian Plytopathology* 38: 252-257.
- Park, R. F., and Felsenstien, F. G. 1998.** Physiological specialization and Pathotype distribution of *Puccinia recondita* in western Europe. *Plant Pathology* 47: 157-164.
- Person, C. O. 1959.** Gene for gene relationship in host-parasite system. *Canadian Journal of Botany* 37: 1101-1130.

- Peterson, R. F., Campbell, A. B., and Hannah, A. E. 1948.** A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research* 26: 496-500.
- Pretorius, Z. A. 1997.** Detection of virulence to *Lr41* in South African pathotypes of *Puccinia recondita tritici*. *Plant Disease* 81: 223.
- Pretorius, Z. A. Rejkenberg, F. H. J., and Wilcoxon, R. D. 1987.** Occurrence and pathogenicity of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* on wheat in South Africa from 1983 through 1985. *Plant Disease* 71: 1133-1137.
- Raditsiele, S., Dimov, S., and Gospodinor, E. 1983.** Virulence of brown rust on wheat in South Bulgaria in 1979-1981. *Rastoniv. Dni Nauki*. 20: 113-119.
- Rizvi, S. S. A. 1984.** Virulences of *Puccinia recondita* on wheat in Pakistan. *Cereal Rusts. Bulletin* 12(1): 1-6.
- Roelfs, A. P. 1978.** Estimated Losses Caused by Rust in Small Grain Cereals in the United States 1918-76. *Misc. Publ. U. S. A.* 1363: 1-85.
- Samborski, D. J. 1983.** Occurrence and virulence of *Puccinia recondita* in Canada in 1982. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 5: 194-196.
- Samborski, D. J., and Dyck, P. L. 1968.** Inheritance of virulence in wheat leaf rust on the standard differential wheat varieties. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 10: 24-32.
- Samborski, D. J., and Peterson, B. 1960.** Effect of leaf rust on the yield of resistant wheats. *Canadian Journal of Plant Science* 40: 620-622.
- Singh, R. P., and Rajaram, S. 1994.** Genetic of adult plant resistance to stripe rust in two bread wheats. *Euphytica* 12: 1-7.

## آدرس نگارندگان:

محمد ترابی و وفا مردوخی- واحد پاتولوژی، بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی ۴۱۱۹، کرج

۳۱۵۸۵

عبدالرضا فروتن، ابوسعید کاشانی، محمدعلی رمائی، سیدطه دادرزائی، حسین اکبری مقدم، ساسان رجائی و حسین عظیمی- به ترتیب مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران، کرمانشاه، مغان، خوزستان، سیستان، فارس و اردبیل.