ژنتیک نوین
دوره چهارم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٨
صفحه٤٣-٣٣

مطالعه روابط بین اجزاء مقاومت نسبت به بیماری زنگ زرد (*Puccinia striiformis f.sp tritici*) در گندم‌های بومی ایران

مهدی زهراوی[1×]، پرهام اصغرزاده[2]، فرزاد افشاری[3]، محمدرضا بی‌همتا[4]

۱و۳- استادی‌ار و دانشی‌ار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات
۴- استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
*نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzahravi@yahoo.com

(تاریخ دریافت: - تاریخ پذیرش:)

چکیده

به منظور بررسی روابط بین اجزاء مقاومت نسبت به بیماری زنگ زرد، ٤٧ ژنوتیپ گندم نان از کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران توسط چهار نژاد E6A+٦، 134E134A+، 134E142A+ و E4A٦+ در مرحله گیاهچه مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه همبستگی بین اجزاء مقاومت نشان داد که رابطه دوره نهفتگی با تراکم جوش تحت تأثیر نژاد بیمارگر قرار نمی‌گیرد، اما همبستگی دوره نهفتگی و اندازه جوش متأثر از نژاد بیمارگر بود. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای اجزاء مقاومت در شرایط آلودگی توسط هر نژاد بطور جداگانه، صفت دوره نهفتگی تأثیر بیشتری بر تغییرات مؤلفه‌های مذکور داشت. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس تمام صفات مقاومت و همه نژادهای بیمارگر، چهار مؤلفه اول ٨١ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کردند. با توجه به ضرایب صفات مشخص شد مؤلفه اول بیانگر حساسیت نسبت به تمام نژادها و مؤلفه دوم نشان‌دهنده مقاومت اختصاصی نسبت به نژادهای E134A١٣٤+ و E4A٦+ و حساسیت نسبت به نژادهای E6A٦+ و E142A١٣٤+ می‌باشد. تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و بر اساس مؤلفه‌های اصلی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به دو گروه مقاوم و حساس متمایز نمود. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که دوره نهفتگی می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر اجزاء مقاومت به منظور گزینش ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ مقاومت به بیماری زنگ زرد در گندم باشد.

واژه‌های کلیدی

گندم،
زنگ زرد،
دوره نهفتگی،
تراکم جوش،
اندازه جوش

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

مقدمه

زنگ زرد یکی از مهمترین بیماری‌های گندم در نواحی دارای آب و هوای خنک و مرطوب می‌باشد. استفاده از ارقام مقاوم مؤثرترین و اقتصادی‌ترین راه کنترل این بیماری و جلوگیری از خسارت به عملکرد است. مقاومت تک ژنی از نوع فوق حساسیت به آسانی توسط بیمارگر شکسته می‌شود. به همین دلیل به نژادگران به دنبال استفاده از مقاومت گیاهچه‌ای (ژن‌های اختصاصی) در زمینه‌ای از انواع دیگری از مقاومت هستند که بنظر پایدارتر می‌رسند که از آن جمله می‌توان مقاومت تدریجی[1] یا مقاومت نسبی[2] را نام برد. این نوع مقاومت عمدتا با کاهش نرخ توسعه اپیدمی همراه است که از کاهش تعداد و نرخ رشد جوش‌های زنگ، اسپور تولیدی کمتر و طولانی بودن دوره نهفتگی ناشی می‌گردد. مقاومت پایدار از نوع کمّی بوده و توسط چند ژن کنترل می‌شود (Johnson, 1988; Milus and Line, 1986a; Sharp, 1968; Sharp and Fuchs, 1982). قدرت پذیرش[3] یکی از اجزاء مقاومت کمّی نسبت به زنگ زرد می‌باشد. قدرت پذیرشِ کمتر، بیانگر مقاومتِ بیشتر است که معمولا با تعداد جوش[4] در واحد سطح برگ یا ساقه اندازه‌گیری می‌شود. تنوع برای این صفت در ارقام مختلف نسبت به زنگ‌های متفاوت دیده شده است. این صفت در مرحله گیاهچه و گیاه کامل در گلخانه قابل اندازه‌گیری است و اکثرا برای مقاومت تدریجی و نسبی (مقاومت غیراختصاصی) بکار می‌رود. تولید اسپور[5] یکی دیگر از اجزاء مقاومت می‌باشد. تولید اسپور می‌تواند در واحد سطح برگ، در هرجوش، در هر واحد سطح جوش و غیره اندازه‌گیری گردد، اما چون اندازه‌گیری تولید اسپور مشکل می‌باشد، اغلب به وسیله اندازه جوش اندازه‌گیری می‌شود (فرض براین است که بین تولید اسپور و اندازه جوش ارتباط نزدیکی وجود دارد). تنوع قابل ملاحظه‌ای برای اندازه جوش در ارقام مختلف گزارش شده است. این صفت در مرحله گیاهچه و گیاه کامل در گلخانه قابل اندازه‌گیری می‌باشد، اما گیاه بالغ به دلیل نشان دادن دامنه‌ای از اندازه جوش‌ها ممکن است در تفکیک ژنوتیپ‌ها مناسب نباشد. دوره نهفتگی[6] نیز یکی از اجزاء مقاومت می‌باشد. تنوع برای این صفت در غلات نسبت به تمام زنگ‌ها گزارش شده است و صفتی قابل اندازه‌گیری در گلخانه در مرحله گیاهچه و در مرحله گیاه کامل می‌باشد. ساده‌ترین تعریف برای دوره نهفتگی، تعداد روز لازم از زمان مایه‌زنی گیاهان (آلودگی اولیه) تا تولید مایه تلقیح ثانویه از آلودگی اول می‌باشد. به علت تأثیر زیاد محیط، این اجزاء مقاومت قابل اندازه‌گیری در مزرعه نیستند (قنادها و همکاران ۱۳۸۳، قنادها ۱۳۷۵، Broers, 1997).

بروئرز (۱۹۹۷) مشاهده کرد افزایش مقاومت کمّی نسبت به زنگ زرد در ده رقم گندم بهاره با افزایش طول دوره نهفتگی، فراوانی آلودگی پائین‌تر، و رشد کندتر زخم‌ها (که منجر به کاهش سطح آلودگی برگ می‌شود) همراه است. علی و همکاران (۲۰۰۸) مقاومت نسبی ۲۰ لاین گندم را نسبت به زنگ زرد ارزیابی کردند. تجزیه خوشه‌ای با استفاده از تیپ آلودگی، شدت نهایی زنگ، سطح زیر منحنی گسترش زنگ، نرخ آلودگی و ضریب آلودگی، لاین‌ها را به دو گروه تقسیم نمود. نصرالله نژاد و همکاران (۱۳۷۶) با بررسی واکنش نتاج تلاقی دای‌آلل بین شش رقم گندم در برابر زنگ زرد اظهار داشتند که مدل افزایشی- غالبیت برای چهار صفت تیپ آلودگی، دوره نهفتگی، اندازه جوش و تراکم جوش مناسب می‌باشد. زهراوی و همکاران (۱۳۸۳) مقاومت ۳۹ لاین پیشرفته گندم را نسبت به چهار نژاد زنگ زرد بررسی و مشاهده نمودند که ضریب همبستگی منفی بین صفت دوره نهفتگی و تیپ آلودگی با افزایش توان بیماریزایی بیمارگر، افزایش می‌یابد. قنادها و همکاران (۱۳۸۳) نحوه توارث اجزاء مقاومت به زنگ زرد (شامل دوره نهفتگی، تیپ آلودگی، اندازه جوش و تراکم جوش) را با استفاده از تلاقی دای آلل ۶ رقم گندم بررسی نمودند. آنها دلیل زیاد بودن همبستگی بین تیپ آلودگی و دوره نهفتگی را نسبت به سایر اجزاء مقاومت، به تاثیر کمتر محیط بر آنها نسبت دادند. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) با مطالعه لاین‌های دابل هاپلوئید گندم و گیاهان مادری مشاهده نمودند که بین لاین‌های آزمایشی از لحاظ دو صفت دوره نهفتگی و تیپ آلودگی

[1] Slow rusting
[2] Partial resistance
[3] Receptivity
[4] Pustule density
[5] Spore production
[6] Latent period

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

برای مقاومت به زنگ زرد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. آنها نیز اظهار داشتند که ارقام مقاوم دارای دوره نهفتگی طولانی‌تر، جوش‌های کوچک، تعداد کمتر جوش و اسپور تولیدی کمتر در مقایسه با ارقام حساس هستند. هدف از انجام این تحقیق شناسایی روابط بین اجزاء مقاومت نسبت به زنگ زرد در گندم‌های بومی ایران بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۵ در گلخانه واحد پاتولوژی بخش تحقیقات غلات واقع در مؤسسهٔ اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. ٤٧ ژنوتیپ گندم نان از کلکسیون گندم بانک ژن گیاهی ملی ایران در قالب آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱).

در هر تکرار ۵ بذر از هر ژنوتیپ در گلدانی با خاک سترون در گلخانه کشت گردید. برای مایه‌زنی مصنوعی، از اسپور قارچ که در شرایط فریزر ۷۰°C- شده بود، استفاده شد. به منظور تجدید قدرت جوانه‌زنی، اسپور قارچ به مدت چهار دقیقه در دمای ٤٢°C تحت تیمار شوک حرارتی قرار گرفت. در این آزمایش از چهار نژاد زنگ زرد، $6E6A^+$، $134E134A^+$، $134E142A^+$ و $6E4A^+$ استفاده شد. پس از اینکه برگ اول گیاهچه‌ها به رشد کامل خود رسید با آب مقطر حاوی توئین-۲۰[7] (یک قطره در لیتر) اسپری شدند تا سطح برگ بطور کامل مرطوب شود. سپس اسپور قارچ و پودر تالک به نسبت ٤:۱ مخلوط گردیده و توسط گردپاش دستی روی آنها پاشیده شد. پس از مایه‌زنی، گلدان‌ها توسط سرپوش پلاستیکی پوشانده شدند و به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰°C و رطوبت نسبی صد در صد در شرایط تاریکی مطلق نگهداری گردیدند. سپس گلدان‌ها به گلخانه‌ای با دمای ۱۵°C، نور ١٦ هزار لوکس و دوره نوری ۱۰/۱٤ ساعت نور/ تاریکی منتقل شدند. پس از ظهور جوش‌ها سه صفت دوره نهفتگی، اندازه و تراکم جوش اندازه‌گیری شد. تجزیه علیت توسط نرم افزار PATH74 و تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، تجزیه همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA، بر اساس فواصل اقلیدسی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ١٦) انجام شد.

[7] Tween-20

جدول ۱- نمونه‌های ژنتیکی گندم مورد مطالعه و منشاء آنها

منشاء	نمونه ژنتیکی	منشاء	نمونه ژنتیکی	منشاء	نمونه ژنتیکی
ایران*	GB80	ایران	GB38	آذربایجان شرقی	GB2
ایران	GB81	ایران	GB41	آذربایجان شرقی	GB4
خراسان	GB83	همدان	GB44	آذربایجان شرقی	GB5
خراسان	GB85	ایران	GB47	آذربایجان شرقی	GB6
خراسان	GB86	ایران	GB50	لرستان	GB7
خراسان	GB89	ایران	GB51	ایران	GB8
خراسان	GB90	ایران	GB55	ایران	GB9
خراسان	GB92	ایران	GB64	ایران	GB10
خراسان	GB96	مرکزی	GB65	ایران	GB12
خوزستان	GB98	ایران	GB67	ایران	GB13
کرستان	GB102	ایران	GB69	ایران	GB14
خراسان	GB103	ایران	GB70	ایران	GB19
پرتغال	GB105	ایران	GB72	خراسان	GB25
چین	GB113	ایران	GB74	خراسان	GB26
آمریکا	GB116	ایران	GB76	ایران	GB31
		ایران	GB77	ایران	GB32

*نام استان محل جمع‌آوری نامشخص است

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط آلودگی با هر چهار نژاد از لحاظ هر سه صفت دوره نهفتگی، اندازه جوش و تراکم جوش دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

در شرایط آلودگی با هر چهار نژاد مورد بررسی، دوره نهفتگی دارای همبستگی منفی با اندازه جوش و میزان تراکم جوش بود که این نتیجه مورد انتظار است چرا که دوره نهفتگی طولانی‌تر، اندازه جوش کوچکتر و تراکم جوش کمتر به معنی مقاومت بیشتر است. این نتایج با نتایج حاصل از آزمایش هاید و الهی نیا (۲۰۰۸) تطابق دارد. دارد قنادها و همکاران (۱۳۸۳) نیز همبستگی بین دوره نهفتگی و اندازه جوش را منفی، ولی همبستگی بین دوره نهفتگی و تعداد جوش را مثبت گزارش نمودند. میزان همبستگی دوره نهفتگی با تراکم جوش تحت آلودگی با نژادهای مختلف تقریبا مشابه بود و در دامنه ۰/۷۰- تا ۰/۷۸- قرار داشت که نشان‌دهنده این است که رابطه دوره نهفتگی با تراکم جوش تحت تأثیر نژاد بیماری قرار نمی‌گیرد، اما در رابطه با اندازه جوش، همبستگی اندازه آن با دوره نهفتگی بسته به نژاد از ۰/۳۱- تا ۰/۷۱- متغیر بود. همبستگی بین اندازه و تراکم جوش در شرایط آلودگی با هر چهار نژاد بیمارگر مورد مطالعه مثبت بود. مقادیر همبستگی، رابطه بین صفات را نشان می‌دهد اما این رابطه ممکن است الزاما بصورت مستقیم نباشد، بنابراین به منظور تفکیک اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات اندازه و تراکم جوش بر دوره نهفتگی، تجزیه علیت انجام گرفت (جدول ۳).

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین اجزاء مقاومت به نژادهای مختلف زنگ زرد در گندم‌های مورد مطالعه

	6E4A+		134E142A+		134E134A+		6E6A+	
	اندازه جوش	تراکم جوش	اندازه جوش	تراکم جوش	اندازه جوش	تراکم جوش	اندازه جوش	تراکم جوش
دوره نهفتگی	-۰/۷۰**	-۰/۷٤**	-۰/۷۱**	-۰/۷٦**	-۰/٦۲**	-۰/۷۸**	-۰/۳۱*	-۰/۷۰**
تراکم جوش	۰/۸٤**		۰/۷۰**		۰/۵۷**		۰/۱۲	
اندازه جوش								

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- تأثیر مستقیم و غیر مستقیم صفات تراکم و اندازه جوش بر روی دوره نهفتگی در شرایط آلودگی با نژادهای مختلف زنگ زرد

نژاد	صفت	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم		همبستگی ساده
			تراکم جوش	اندازه جوش	
6E6A+	تراکم جوش	-۰/٦۷	-	-۰/۰۳	-۰/۷۰
	اندازه جوش	-۰/۲۳	-۰/۰۸	-	-۰/۳۱
134E134A+	تراکم جوش	-۰/٦۳	-	-۰/۱۵	-۰/۷۸
	اندازه جوش	-۰/۳٦	-۰/۲٦	-	-۰/٦۲
134E142A+	تراکم جوش	-۰/۵۲	-	-۰/۲٤	-۰/۷٦
	اندازه جوش	-۰/۳٦	-۰/۳۵	-	-۰/۷۱
6E4A+	تراکم جوش	-۰/۵۳	-	-۰/۲۱	-۰/۷٤
	اندازه جوش	-۰/٤٤	-۰/۲٦	-	-۰/۷۰

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

اثر مستقیم تراکم جوش بر دوره نهفتگی در شرایط آلودگی با هر چهار نژاد بیمارگر بزرگتر از اثر مستقیم اندازه جوش بر دوره نهفتگی بود. دامنه تغییر اثر مستقیم تراکم جوش بر دوره نهفتگی (از ۰/۵۲- تا ۰/۶۷-) محدودتر از دامنه تغییر اثر مستقیم اندازه جوش بر دوره نهفتگی (از ۰/۲۳- تا ۰/۴۴-) در شرایط آلودگی با نژادهای مختلف بیمارگر بود. این نتایج نیز مؤید یکنواخت‌تر بودن رابطه دوره نهفتگی و تراکم جوش در مقایسه با اندازه جوش در شرایط آلودگی با نژادهای مورد مطالعه می‌باشد.

همبستگی بین صفات سبب ایجاد اشکال در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها می‌شود چرا که تغییرات یک صفت روی صفات دیگر نیز تأثیر می‌گذارد خصوصا اگر آن صفت همبستگی بالایی با سایر صفات داشته باشد. در این‌حالت بهتر است گروه‌بندی بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شود (جدول ۴). بخش اعظم تغییرات صفات در شرایط آلودگی با هریک از چهار نژاد بیماری با یک مؤلفه در هر حالت قابل توجیه بود. در مؤلفه اصلی اول هر چهار نژاد بیمارگر، صفت دوره نهفتگی دارای قدر مطلق بزرگتری نسبت به سایر صفات بود که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر تغییرات دوره نهفتگی بر مؤلفه‌های مذکور است. همچنین علامت ضریب دوره نهفتگی در هر چهار مؤلفه اول، منفی و صفات تراکم جوش و اندازه جوش دارای ضریب مثبت بودند. بعبارت دیگر ژنوتیپ‌هایی دارای مقادیر بیشتر از لحاظ مؤلفه اول خواهند بود که دوره نهفتگی کوتاهتر و اندازه جوش و تراکم جوش بیشتری داشته باشند. از اینرو مؤلفه‌های اول مربوط به حساسیت می‌باشند و ژنوتیپ‌های مقاوم آنهایی هستند که مقدار کمتری از لحاظ مؤلفه‌های مذکور داشته باشند.

جدول ۴- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه اجزاء مقاومت در شرایط آلودگی با نژادهای مختلف زنگ زرد بطور جداگانه

نژاد	مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	اجزاء مقاومت		
				دوره نهفتگی	تراکم جوش	اندازه جوش
6E6A+	۱	۱/۸٤	۰/٦۱	-۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۵۱
	۲	۰/۹۱	۰/۹۱			
	۳	۰/۲٦	۱			
134E134A+	۱	۲/۳٤	۰/۷۸	-۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۳
	۲	۰/٤۵	۰/۹۳			
	۳	۰/۲۱	۱			
134E142A+	۱	۲/٤۵	۰/۷۸	-۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۹
	۲	۰/۳۲	۰/۹۳			
	۳	۰/۲٤	۱			
6E4A+	۱	۲/۵٤	۰/۸۵	-۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۵۱
	۲	۰/۳۰	۰/۹۵			
	۳	۰/۱٦	۱			

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

جدول ۵- تجزیه اجزاء مقاومت به مؤلفه‌های اصلی در واکنش به آلودگی با چهار نژاد مختلف زنگ زرد

اجزاء مقاومت	مؤلفه			
	۱	۲	۳	٤
LP_G*	-۰/۳۰	-۰/۰۰۲	-۰/٤۲	۰/۲۸
PD_G	۰/۳۳	۰/۱۰	۰/۰۹	-۰/٤۸
PS_G	۰/۰٦	۰/۲۱	۰/۷۱	۰/۵۹
LP_K	-۰/۳۲	۰/۲۱	-۰/۰۹	۰/۵۰
PD_K	۰/۳۱	-۰/۲۱	۰/۲۱	-۰/۲۷
PS_K	۰/۲۳	-۰/٤۷	۰/۱۷	۰/۰۹
LP_M	-۰/۲۷	-۰/٤۱	۰/۱۰	۰/۰۹
PD_M	۰/۲۳	۰/۵۳	-۰/۰۸	-۰/۰٤
PS_M	۰/۳۰	۰/۳٤	-۰/۱۲	۰/۲۰
LP_S	-۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۲۹	-۰/۲۸
PD_S	۰/۳۵	-۰/۰۷	-۰/۲۵	۰/۲٤
PS_S	۰/۳٤	-۰/۱۸	-۰/۲۳	۰/۲۷

*LP، PD و PS به ترتیب عبارتند از دوره نهفتگی، تراکم جوش و اندازه جوش و حروف G، K، M و S به ترتیب مربوط به نژادهای $^{+}$6E6A، $^{+}$134E134A، $^{+}$134E142A و $^{+}$6E4A می‌باشند.

به منظور دستیابی به مؤلفه‌هایی که بتواند تغییرات داده‌ها در شرایط هر چهار نژاد را توجیه کند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس تمامی صفات مقاومت و همه نژادهای بیمارگر نیز انجام گرفت (جدول ۵). چهار مؤلفه اول با مقدار ویژه بیش از یک، ۸۱ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کردند. در مؤلفه اول تمامی ضرایب مربوط به دوره نهفتگی منفی و تمام ضرایب مربوط به اندازه و تراکم جوش مثبت بود بنابراین این مؤلفه بیانگر حساسیت است و ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر کمتری از این مؤلفه باشند دارای مقاومت بیشتری نسبت به هر چهار نژاد مورد مطالعه خواهند بود. نکته جالبی که در مؤلفه دوم مشاهده می‌شود ضریب منفی دوره نهفتگی و ضرایب مثبت اندازه و تراکم جوش برای نژادهای $^{+}$6E6A و $^{+}$134E142A و ضریب مثبت دوره نهفتگی و ضرایب منفی اندازه و تراکم جوش برای نژادهای $^{+}$134E134A و $^{+}$6E4A می‌باشد. به عبارت دیگر این مؤلفه نشان‌دهنده مقاومت اختصاصی نسبت به نژادهای $^{+}$134E134A و $^{+}$6E4A و حساسیت نسبت به نژادهای $^{+}$6E6A و $^{+}$134E142A می‌باشد.

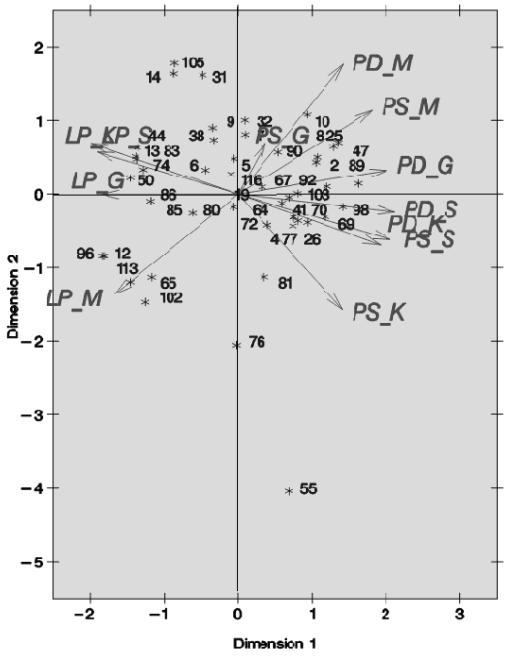
از آنجا که دو مولفه، تغییراتی متفاوتی را در بر می‌گیرند می‌توان آنها را بصورت دو محور عمود ترسیم نمود و پراکنش ژنوتیپ‌ها را براساس مشخصه آنها نسبت به دو مؤلفه نشان داد. همچنین با تبدیل وزن هر صفت در مؤلفه اول و دوم به ضریب همبستگی می‌توان برای هر صفت بردارهایی مبتنی بر مؤلفه اول (به عنوان محور افقی) و مؤلفه دوم (به عنوان محور عمودی) ترسیم نمود، در اینحالت زاویه کمتر از ۹۰ درجه بین بردارها نشان‌دهنده همبستگی مثبت و بیشتر از ۹۰ درجه نشان‌دهنده همبستگی منفی است. حال چنانچه دو نمودار حاصل، از لحاظ مقیاس هم ارز شوند و بریکدیگر منطبق گردند، اطلاعات حاصل از هر یک بر

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

اساس مؤلفه اول و دوم را می‌توان یکجا بصورت بای پلات نمایش داد (شکل ۱). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود زاویه بین بردارهای مربوط به دوره نهفتگی حاده است و زاویه بین بردارهای اندازه و تراکم جوش نیز حاده می‌باشد. از طرف دیگر زاویه بین تمام بردارهای دوره نهفتگی با تمام بردارهای اندازه و تراکم جوش منفرجه است که نشان‌دهنده همبستگی منفی دوره نهفتگی با اندازه و تراکم جوش در همه حالات می‌باشد. ژنوتیپ‌های واقع در ربع دوم و چهارم بای پلات دارای مقدار عددی کمتری از لحاظ مؤلفه اول می‌باشند از اینرو مقاومتر هستند. ژنوتیپ‌های واقع در ربع دوم دارای مقدار عددی بیشتری از لحاظ مؤلفه دوم می‌باشند از اینرو نسبت به نژادهای $6E6A^{+}$ و $134E142A^{+}$ حساس هستند. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های واقع در ربع چهارم دارای مقدار عددی کمتری از لحاظ مؤلفه دوم می‌باشند از اینرو نسبت به نژادهای $134E134A^{+}$ و $6E4A^{+}$ حساس هستند. بنابراین بهترین ژنوتیپ‌ها آنهایی هستند که بینابین دو ناحیه یا نزدیک به مرز دو ناحیه قرار دارند که شامل ژنوتیپ‌های GB80، GB85، GB86 و GB50 می‌شوند.

همبستگی دوره نهفتگی با مولفه‌های اصلی اول در شرایط آلودگی با نژادهای مختلف بیماری معنی‌دار بود (جدول ۶). بعبارت دیگر مقادیر عددی دوره نهفتگی در شرایط آلودگی با هر نژاد بیمارگر نه تنها با مؤلفه اصلی اول در شرایط آن نژاد بلکه با مؤلفه اصلی اول در شرایط آلودگی با سایر نژادهای بیمارگر مورد مطالعه نیز همبستگی نشان داد. مشاهده ضریب همبستگی منفی بین دوره نهفتگی و مؤلفه‌ها در تمام شرایط آلودگی با نژادهای بیمارگر، مطابق با انتظار است چراکه مؤلفه‌های اول مربوط به حساسیت می‌باشند و مقادیر عددی بزرگتر آنها نشان‌دهنده حساسیت بیشتر است، درصورتی که مقادیر عددی بزرگتر دوره نهفتگی نشان‌دهنده مقاومت بیشتر است. با توجه به اینکه مؤلفه‌های اصلی در برگیرنده تغییرات هر سه صفت مورد مطالعه است مشاهده همبستگی معنی‌دار بین دوره نهفتگی و مؤلفه‌ها نشان می‌دهد که دوره نهفتگی به تنهایی نیز می‌تواند تغییرات داده‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه را توجیه نماید.



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های بومی گندم براساس دو مؤلفه اصلی و بردارهای مربوط به اجزاء مقاومت به نژادهای زنگ زرد (LP، PD و PS به ترتیب عبارتند از دوره نهفتگی، تراکم جوش و اندازه جوش و حروف G، K، M و S به ترتیب مربوط به نژادهای $6E6A^{+}$، $134E134A^{+}$، $134E142A^{+}$ و $6E4A^{+}$ می‌باشند)، جهت احتراز از شلوغ شدن شکل، حروف GB از ابتدای اسم ژنوتیپ‌ها حذف شده است.

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

جدول ۶- ضرایب همبستگی دوره نهفتگی و مؤلفه اصلی اول در شرایط آلودگی با نژادهای مختلف زنگ زرد

	6E6A+ مؤلفه اصلی اول	134E134A+ مؤلفه اصلی اول	134E142A+ مؤلفه اصلی اول	6E4A+ مؤلفه اصلی اول
6E6A+ دوره نهفتگی	-۰/۹۳**	-۰/۵۶**	-۰/۴۹**	-۰/۵۵**
134E134A+ دوره نهفتگی	-۰/۴۹**	-۰/۹۲**	-۰/۴۴**	-۰/۵۵**
134E142A+ دوره نهفتگی	-۰/۵۳**	-۰/۳۸**	-۰/۹۱**	-۰/۴۸**
6E4A+ دوره نهفتگی	-۰/۴۶**	-۰/۵۴**	-۰/۴۵**	-۰/۸۹**

** معنی‌دار در سطح ۱٪

تجزیه خوشه‌ای بر مبنای مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به دو گروه اصلی متمایز نمود (شکل ۲). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های GB12، GB96، GB102، GB113، GB13، GB44، GB83، GB50، GB86، GB65 و GB74 و گروه دوم شامل مابقی ژنوتیپ‌ها بودند. به منظور بررسی تفاوت دو گروه تمایز یافته در تجزیه خوشه‌ای از لحاظ صفات ارزیابی شده، آزمون t-استیودنت انجام گرفت (جدول ۷). براساس این آزمون مشخص شد که دو گروه مذکور از لحاظ اجزاء مقاومت در برابر هر چهار نژاد بیمارگر دارای تفاوت معنی‌دار با یکدیگر می‌باشند. با توجه به اینکه گروه اول از لحاظ دوره نهفتگی دارای میانگین بیشتر و از لحاظ اندازه و تراکم جوش دارای میانگین کمتری از گروه دوم می‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت تجزیه خوشه‌ای توانسته است ژنوتیپ‌های مقاوم (گروه اول) را از ژنوتیپ‌های حساس (گروه دوم) متمایز نماید.

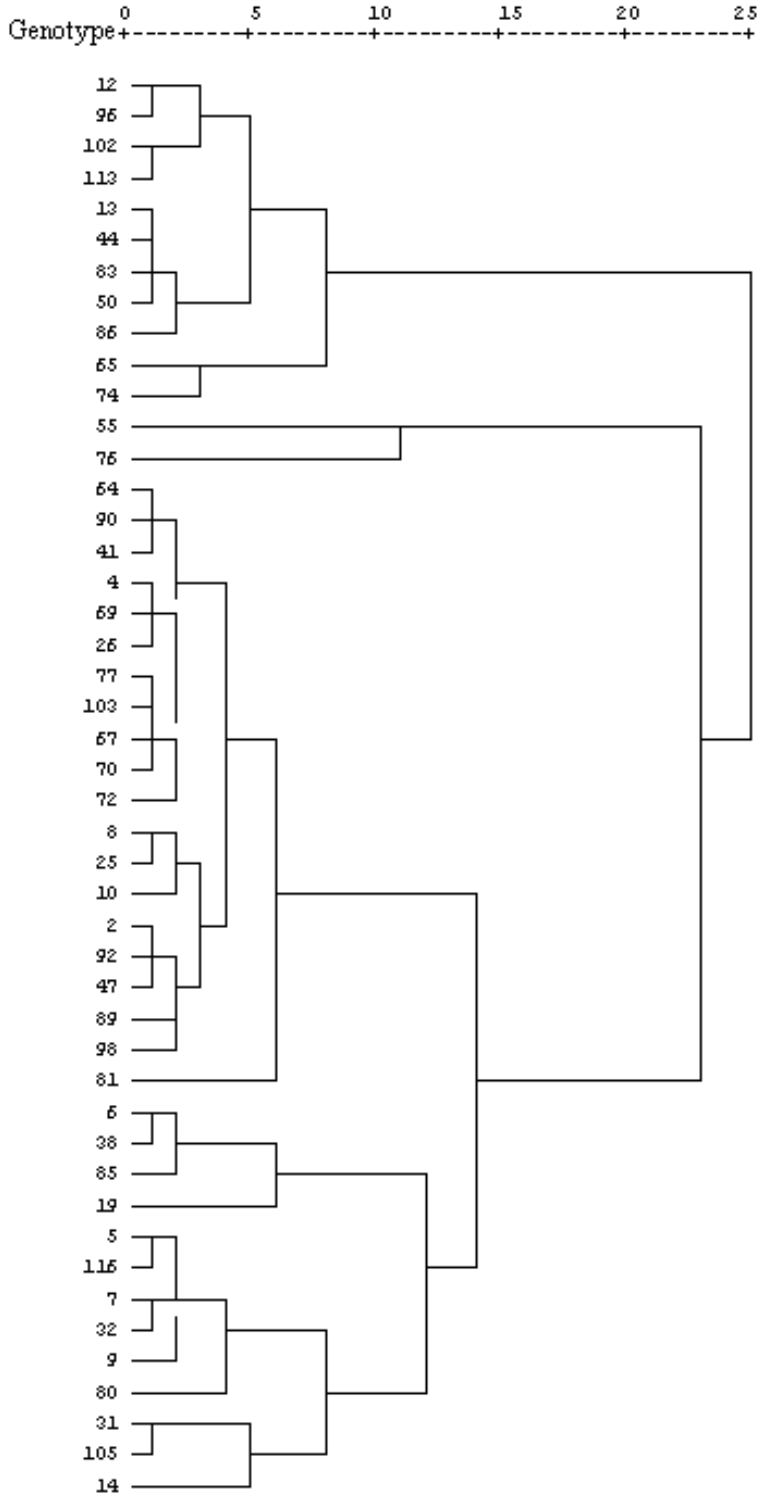
جدول ۷- نتایج آزمون t-استیودنت برای مقایسه دو گروه متمایز شده در تجزیه خوشه‌ای از لحاظ اجزاء مقاومت در برابر نژادهای مختلف زنگ زرد

نژاد زنگ زرد	اجزاء مقاومت	میانگین گروه اول	میانگین گروه دوم	t
6E6A+	دوره نهفتگی	۱۹/۰۲	۱۵/۵۵	٤/٦٦**
	تراکم جوش	٤/۰۹	۷۹/٤٦	-۱۰/٤۲**
	اندازه جوش	۷۸/۳٦	۳۰٦/۱	-۲/٦۰*
134E134A+	دوره نهفتگی	۱۹/۸۲	۱۵/۸	٦/۲۰**
	تراکم جوش	۹/٦٤	۵۳/۳۷	-٤/۱٤**
	اندازه جوش	۹/۵٦	۲۱۵/۵۱	-٤/۹۲**
134E142A+	دوره نهفتگی	۱۸/٦٤	۱۵/۳۹	٤/۸۸**
	تراکم جوش	۳۰/۳۳	۷۱/۸	-۳/۸۱**
	اندازه جوش	۵۰/٦٤	۲۱۹/۲٦	-٦/۲۲**
6E4A+	دوره نهفتگی	۱۷/۳٦	۱۱/۲٤	٤/۱۸**
	تراکم جوش	۳/۷۳	٦۵/٤۸	-۱۰/۲۳**
	اندازه جوش	۱۱/۲٤	۲۳۰/٦۳	-۹/۵۹**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA بر مبنای مؤلفه‌های اصلی در شرایط آلودگی با نژادهای

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

مختلف زنگ زرد (جهت احتراز از شلوغ شدن شکل، حروف GB از ابتدای اسم ژنوتیپ‌ها حذف شده است).

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که دوره نهفتگی می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر اجزاء کمّی مقاومت به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و گزینش ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ مقاومت به بیماری زنگ زرد در گندم باشد. اهمیت این مطلب از آن جهت است که اندازه‌گیری صفات تراکم و اندازه جوش مشکل و زمان‌بر است، درصورتیکه اندازه‌گیری دوره نهفتگی به مراتب آسانتر می‌باشد. این امر خصوصا در ارزیابی تعداد زیاد مواد ژنتیکی دارای اهمیت می‌باشد. از اینرو به‌نژادگر می‌تواند از دوره نهفتگی به عنوان یکی از اجزاء کمّی مهم مقاومت برای غربال ژنوتیپ‌ها استفاده نماید. اهمیت دوره نهفتگی در مقایسه با سایر اجزاء مقاومت توسط مایلوس و لاین (Milus and Line, 1986a,b)، قنادها (۱۳۷۷) و محمدی و همکاران (۱۳۸۵) نیز مورد تاکید قرار گرفته است. دوره نهفتگی همبستگی خوبی با سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)[8] در مزرعه دارد (قنادها، ۱۳۷۵). دوره نهفتگی، قدرت پذیرش (تراکم جوش) و میزان تولید اسپور (اندازه جوش) از اجزاء مقاومت تدریجی می‌باشند. در حقیقت مقاومت تدریجی از طریق کاهش تراکم و اندازه جوش و افزایش دوره نهفتگی، نرخ توسعه اپیدمی را کاهش می‌دهد (Parlevliet, 1979;1985). مقاومت تدریجی اغلب توسط چند ژن کنترل شده و بصورت کمّی تظاهر می‌یابد (Markell et al., 2009; Boukhatem et al., 2002). برخی از مطالعات انجام شده پیرامون نقشه‌یابی QRLها نشان می‌دهد که مکان‌های ژنی مرتبط با مقاومت کمّی، با یکدیگر و با مکان ژن‌های مرتبط با واکنش فوق حساسیت (HR) مشابه می‌باشند (Pflieger et al., 1999; 2001; Jahoor et al., 2000; Faris et al., 1999). از اینرو بعضی از محققین اعتقاد دارند ژن‌های مسؤل HR دارای آلل‌هایی با اثر کمّی می‌باشند (Lindhout, 2002). این مطلب، همبستگی بین اجزاء مقاومت را توجیه می‌نماید. به دلیل وجود این همبستگی ژنتیکی، اگر به‌نژادگر در جمعیت‌های بزرگ در گلخانه برای دوره نهفتگی بیشتر، گزینش نماید سایر اجزای مقاومت نیز اصلاح خواهند شد (قنادها، ۱۳۷۵). اما گزینش برای مقاومت نسبی (که دوره نهفتگی از اجزاء آن است) دشوارتر از گزینش برای مقاومت نژاد-اختصاصی مبتنی بر ژن‌های اصلی است. در غیاب ژن‌های اصلی، تفاوت در مقاومت نسبی به راحتی قابل تشخیص می‌باشد و گزینش برای سطوح بالاتر این مقاومت آسان خواهد بود. به منظور حذف اثر ژن‌های اصلی نژاد-اختصاصی، باید جمعیت گیاهی مورد مطالعه را در معرض نژادی از بیمارگر با ویرولانس بالا قرار داد. بسیاری از تحقیقات انجام شده حاکی از میزان بالای وراثت‌پذیری دوره نهفتگی می‌باشند (خدارحمی و همکاران، ۱۳۸۵؛ قنادها و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین این صفت در یک بازه زمانی ظاهر می‌شود از اینرو به‌نژادگر می‌تواند ژنوتیپ‌هایی که زودتر علائم جوش (دارای دوره نهفتگی کوتاهتر و درنتیجه حساس‌تر) نشان می‌دهند را حذف، و فقط ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر را نگه دارد. بنابراین امکان استفاده بیشتر از فضای در اختیار، میسر می‌گردد. این مطلب خصوصا از این لحاظ حائز اهمیت است که دوره نهفتگی در گلخانه اندازه‌گیری می‌شود و معمولا برای ارزیابی تعداد زیادی ژنوتیپ محدودیت وجود دارد.

[8] Area under disease progress curve

منابع

خدارحمی م، بی‌همتا م ر، محمدی س ا، مجیدی هروان ا (۱۳۸۵) توارث مقاومت به زنگ زرد در گندم نان. مجله علوم زراعی ایران، ۸: ۳۷۸-۳۶۸.

زهراوی م، طالعی ع، زینالی ح، قنادها م ر، ترابی م، (۱۳۸۳) ارزیابی مقاومت گیاهچه‌ای تعدادی از لاین‌های پیشرفته گندم نان نسبت به زنگ زرد.پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۶۳: ۵۶-۵۱.

قنادها م ر (۱۳۷۵) استراتژیهای اصلاحی برای مقاومت به زنگ زرد در گندم. مجموعه مقالات کلیدی چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۷-۴ شهریور دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۲۶-۳۸۲.

قنادها م (۱۳۷۷) مطالعه نحوه توارث طول دوره نهفتگی در چهار رقم گندم نسبت به زنگ زرد. مجله علوم زراعی ایران ۱: ۷۱-۵۳.

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

قنادها م، سلطانلو ح، ترابی م، رمضانپور س س (۱۳۸۳) بررسی نحوه توارث مقاومت به نژاد $134E182A^{+}$ زنگ زرد در ۶ رقم گندم تجاری با روش دای‌آلل کراس. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵: ۶۵۶-۶۴۳.

محمدی م، معینی ا، ترابی م، سعیدی ع، دهقانی ح (۱۳۸۵) مطالعه لاین‌های دابلد هاپلوئید و گیاهان مادری از نظر مقاومت به زنگ زرد در گندم هگزاپلوئید. نهال و بذر۲۲: ۱۰۲-۸۷.

نصرالله نژاد ع ا، قنادها م ر، ترابی م، (۱۳۷۶) مطالعه نحوه توارث مقاومت نسبت به زنگ زرد (نژاد $226E222A^{+}$) در گندم. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۸: ۱۶۴-۱۵۸.

Ali S, Shah SJA, Maqbool K (2008) Field-Based Assessment of Partial Resistance to Yellow Rust in Wheat Germplasm. J. Agric. Rural Dev., 6: 99-106.

Boukhatem N, Baret PV, Mingeot D, Jacquemin JM (2002) Quantitative trait loci for resistance against Yellow rust in two wheat-derived recombinant inbred line populations. Theor. Appl. Genet., 104:111–118.

Broers LHM (1997) Components of quantitative resistance to yellow rust in ten spring bread wheat cultivars and their relations with field assessments. Euphytica, 96:215–223

Faris JD, Li WL, Liu DJ, Chen PD, Gill BS (1999) Candidate gene analysis of quantitative disease resistance in wheat. Theor. Appl. Genet., 98: 219–225.

Hyde PM, Elahinia SA (2008) The Expression of Partial Resistance to *Puccinia striiformis* in Wheat. Effects on Colony Growth and Spore Production J. of Phytopathol., 129:203-209

Jahoor A, Backes G, Jensen J, Baum M, Walter U (2000). Are quantitative resistance genes different than major race-specific resistance genes? Eighth International Barley Genetics Symposium, Adelaide, Australia, 22–27 October 2000, Volume I: pp. 53–55.

Johnson R (1988) Durable resistance to yellow (stripe) rust in wheat and its implication in plant breeding. In: N.W. Simmonds & S. Rajaram (Eds.), Breeding Strategies for Resistance to the Rusts of Wheat, pp. 63–75. CIMMYT.

Lindhout P (2002)The perspectives of polygenic resistance in breeding for durable disease resistance. Euphytica, 124: 217–226.

Markell, SG, Griffey CA, Milus EA (2009) Inheritance of Resistance to Stripe Rust in Three Lines of Soft Red Winter Wheat. Crop Sci., 49:521-528

Milus EA, Line RF (1986a) Number of genes controlling high temperature adult-plant resistance to stripe rust in wheat. Phytopathol., 76:93-96.

Milus EA, Line RF (1986b) Gene action for inheritance of durable, high temperature adult plant resistance to stripe rust in wheat. Phytopathol., 76:435-441.

Parlevliet JE (1979) Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. Ann. Rev. Phytopathol., 17: 203–222.

Parlevliet JE (1985) Resistance of the non-race-specific type. p. 501–525. *In* A.P. Roelfs and W.R. Bushnell (ed.) The cereal rusts, vol. II. Academic Press, New York. 442.

Pflieger S, Lefebvre V, Caranta C, Blattes A, Goffinet B, Palloix A (1999) Disease resistance gene analogs as candidates for QTLs involved in pepper-pathogen interactions. Genome, 42: 100–110.

Pflieger S, Palloix A, Caranta C, Blattes A, Lefebre V (2001) Defense response genes co-localize with quantitative disease resistance loci in pepper. Theor Appl Genet, 103: 920–929.

Sharp EL (1968) Interaction of minor host genes and environment in conditioning resistance to stripe rust. In: 2nd European and Mediterranean Rusts Conference. pp. 158–159.

Sharp EL, Fuchs E (1982) Additive genes in wheat for resistance to stripe (yellow) rust (*Puccinia striiformis* Westend.). Crop Protec., 2: 181–189.

Young ND 1996. QTL mapping and quantitative disease resistance in plants. Phytopathol., 34:479–501

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1388.4.4.3.3] [Downloaded from mg.genetics.ir on 2026-05-25]