

ارزیابی تغییرات چند عامل بیوشیمیایی درمقاومت هفت ژنوتیپ گندم (*Triticum aestivum* L.)  
به شته روسی (*Diuraphis noxia*)

Evaluation of some biochemical factors for resistance of seven bread wheat  
(*Triticum aestivum* L.) genotypes to Russian aphid (*Diuraphis noxia*)

محمد مجتبی کامل منش<sup>۱</sup> و محمد تقی آساد<sup>۲</sup>

چکیده

به منظور بررسی میزان تغییرات کل فنل آزاد، کل آمینواسیدهای آزاد، پرولین آزاد و کل پروتئین برگ در واکنش به آلودگی با شته روسی گندم، آزمایشی بر روی هفت ژنوتیپ گندم که دارای درجات مختلف مقاومت به شته روسی بودند، در شیراز در سال ۱۳۷۸ انجام شد. نتایج نشان داد که آلودگی ناشی از شته روسی گندم باعث ایجاد تنش در تمام ژنوتیپ ها گردید، به طوری که کل فنل آزاد در تمام ژنوتیپ ها بعد از آلودگی افزایش یافت. سطح بالای مقاومت ژنوتیپ ها با پرولین آزاد تجمع یافته قبل از آلودگی در ارتباط بود ( $r=0.87, p<0.01$ ). هم چنین بعد از آلودگی میزان پرولین آزاد در ژنوتیپ های مقاوم با سرعت بیشتری تجمع نمود. نتایج نشان داد که پروتئین کل ژنوتیپ های مقاوم نسبت به ژنوتیپ های حساس بیشتر می باشد. از طرفی آلودگی به شته روسی گندم باعث کاهش میزان پروتئین کل در تمام ژنوتیپ ها گردید. هم چنین نتایج نشان داد که ارزش شاخص سمیت (نسبت کل فنل آزاد به کل آمینو اسیدهای آزاد) با مقاومت گیاه به شته روسی گندم در ارتباط بوده ( $r=0.73, p<0.05$ )، به طوری که ژنوتیپ های مقاوم تر از ارزش بالاتری برخوردار بودند.

واژه های کلیدی: گندم نان، شته روسی، فنل، پرولین و مقاومت.

مقدمه

ارقام مقاوم جدید ایجاد کنند. از این نظر بهنژادگران نیاز به روش های انتخاب سریع و مؤثر دارند لوله شده میزبان فعالیت نموده و به این طریق از تماس مستقیم سموم مصرفی در امان مانده و شاید به همین دلیل کنترل شیمیایی آن چندان مؤثر نمی باشد. با توجه به مطالب یاد شده استفاده از ارقام مقاوم، ضمن بی خطر بودنش برای محیط زیست و هزینه کمتر آن در درازمدت، روش موثرتری برای مقابله با حملات شدید

شته روسی گندم (*Diuraphis noxia*) بومی جنوب روسیه، ایران، افغانستان و کشورهای حاشیه مدیترانه است و اولین بار در آمریکای شمالی شناسایی شد (Zwer et al., 1994). در اغلب نواحی گندم خیز دنیا شته روسی گندم جزء آفات عمده محسوب می شود و استراتژی مبارزه با آن استفاده از ارقام مقاوم است. از طرفی امکان ایجاد بیوتیپ های جدید شته روسی گندم این ضرورت را ایجاد می کند که بهنژادگران همواره

ارقام مقاوم وحساس در سطح بالاتری قرار دارد (Van der Westhuizen and Pretorius, 1995). مقاومت ارقام گندم در برابر شته های غلات با مقدار پروتئین های محلول در ارتباط است، به طوری که ارقام مقاوم دارای ترکیبات مغذی، شامل پروتئین های محلول کمتری هستند (Niraz et al., 1985). در اثر تغذیه شته روسی تغییرات پروتئینی در گندم های مقاوم به وجود می آید. برای مثال، سه نوع پلی پپتید با اندازه های تقریبی ۳۲، ۳۳ و ۳۵ کیلودالتون در ژنوتیپ مقاوم به وجود آمد ولی شاهد حساس فاقد چنین تغییراتی بود. به طور کلی تشکیل پلی پپتیدهایی که در اثر حمله شته روسی ایجاد می شود، نقش مهمی در مقاومت دارد (Rafi et al., 1996).

هدف از این آزمایش ارزیابی رابطه مقاومت گندم نان به شته روسی گندم با میزان تغییرات فنل کل، پروتئین کل، آمینو اسیدهای آزاد و پرولین آزاد در گیاه می باشد.

### مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۷۸ در دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز در شرایط گلخانه انجام شد. هفت ژنوتیپ گندم (۴۸۹۸، ۱۸۸۱، آزادی، کرج ۲، خزر، ارون و اورجی کازرون) که میزان مقاومت آن ها قبلاً توسط نعمت الهی، ۱۳۷۶ تعیین شده بود، از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. مقادیر نرمال شده مقاومت و شاخص مقاومت گیاهی ژنوتیپ های مذکور در جدول ۱ آمده است. ژنوتیپ ها تنوع نسبتاً زیادی را در مقاومت نشان می دهند.

بذرهای گندم در دو آزمایش مجزا (با آلودگی و بدون آلودگی) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار، هفت تیمار (ژنوتیپ های گندم) و چهار مرحله نمونه برداری در شرایط کاملاً یکسان در سینی هایی به ابعاد ۱۰×۳۰×۶۰ سانتیمتر کاشته شدند (هر سینی در حکم یک واحد آزمایشی است) سینی ها

این آفت می باشد (Robinson, 1993).

خسارت مستقیم شته روسی، به علت تخریب مستقیم گیاه در اثر فیتوتوکسین است. هنگام تغذیه فیتوتوکسین به همراه بزاق آفت به داخل بافت گیاه وارد می شود (Miller and Porter, 1997). ترکیبات فیتوتوکسین ضمن حرکت بزاق درون بافت های گیاه می تواند تأثیر تخریبی خود را روی کلروپلاست به جا گذاشته (Formusoh et al., 1994) و لذا عملکرد را کاهش دهد (Smit et al., 1991). این ترکیبات مانع از باز شدن برگ های جدید و سبب لوله شدن آن ها می شود. شته روسی قادر است فرایند تنظیم اسمزی را مختل کرده و از این طریق موجب کاهش مقاومت به سرما شود (Burd and Burton, 1992). مراحل انتخاب گیاه میزبان به وسیله شته های غلات با سطوح فنل کل در ارقام گندم در ارتباط است (Niraz et al., 1985). تغذیه شته روسی گندم باعث افزایش مقدار کل فنل گندم های مقاوم می شود که مقدار آن به طور معنی داری از گندم های حساس بیشتر است (Van der Westhuizen and Pretorius, 1995). از نقطه نظر تغذیه ای سطح بالای آمینو اسیدهای آزاد برای حشرات مفید می باشد، این مطلب به وسیله مطالعات متعددی روی گندم زمستانه، یولاف و جو تأیید شده است. اندازه جمعیت شته های غلات مستقر روی گیاه به طور مستقیم با کل محتوای آمینو اسیدهای ضروری و آزاد در ارتباط است (Ciepiela, 1989). مدارک دیگر نشان می دهد که اغلب آمینو اسیدها مثل پرولین ممکن است نقش محافظت کننده برای تیلوکوئیدهای کلروپلاست و دیگر سیستم های غشایی تحت شرایط تنش داشته باشند (Heber et al., 1971). خسارت ناشی از شته روسی گندم روی گندم سبب کاهش کلروپلاست و خراب شدن ساختمان غشاء کلروپلاست می شود (Kruger and Hewitt, 1984). مقدار پرولین آزاد در گندم هایی که مورد هجوم شته روسی قرار گرفته اند نسبت به گندم های شاهد در

### اندازه گیری عامل های بیوشیمیایی

برای استخراج فنل کل از متانول ۸۰ درصد استفاده شد، سپس عصاره صاف شده به مدت پنج دقیقه سانتریفوژ گردید (هزار دور در دقیقه) آنگاه محلول بالایی جدا و برای اندازه گیری فنل کل مورد استفاده قرار گرفت. اندازه گیری فنل کل به روش سیورز ودالی (Seever and Daly, 1970) انجام شد و برای تهیه منحنی استاندارد از اسید کافئیک استفاده گردید. استخراج اندازه گیری کل آمینواسیدهای آزاد به روش یم و کوکینگ (Yemm and Cocking, 1955) انجام شد و برای تهیه منحنی استاندارد از غلظت های مختلف گلو تامیک اسید استفاده گردید. برای استخراج اسید آمینه پرولین بافت های برگ در ظروف شیشه ای حاوی ده میلیتر اسید سولفوسالسیلیک سه درصد قرار داده شد. پس از ۲۴ الی ۴۸ ساعت بافت برگ را همراه با محتویات شیشه در هاون چینی کاملاً هموزنیزه کرده و محلول حاصل توسط کاغذ صافی (واتمن شماره ۲) صاف گردید. از روش بیستس و همکاران (Bates et al., 1973) جهت اندازه گیری اسید آمینه پرولین استفاده شد و منحنی استاندارد با استفاده از غلظت های مختلف ال- پرولین تهیه گردید. برای استخراج پروتئین کل از بافر تریس - HCl استفاده شد و اندازه گیری پروتئین کل با روش برادفورد (Bradford, 1976) انجام گردید. جهت تهیه منحنی استاندارد از آلبومین سرم گاوی (BSA) استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### فنل کل

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان فنل کل نشان می دهد که میزان این عامل بیوشیمیایی در تمام ژنوتیپ هایی که تحت تاثیر آلودگی شته روسی قرار گرفتند نسبت به تیمار شاهد (آزمایش بدون آلودگی) افزایش یافته است (شکل ۱)، که این نتایج با بعضی یافته ها در این زمینه هماهنگ است

توسط توری های ریز بافت کاملاً از محیط خارج مجزا شدند. خاک مورد استفاده ترکیبی از خاک مزرعه، ماسه بادی، و کود دامی به نسبت ۱:۱:۳ بود که به مدت پنج ساعت توسط بخار آب جوش استریل گردید. دما  $20 \pm 5$  درجه سانتیگراد و رژیم نوری بر مبنای هشت ساعت شب و ۱۶ ساعت روز تنظیم شد. بذرها قبل از کاشت با قارچکش کاربوکسین تیمار شد و با فاصله روی ردیف ۲/۵ و فاصله بین ردیف چهار سانتیمتر در سینی ها کشت شدند.

#### تشکیل کلنی شته روسی گندم

برای تشکیل کلنی از روش وُرال و اسکات (Worrall and Scott, 1991) استفاده شد. بدین ترتیب که تعدادی شته روسی گندم از مرکز تحقیقات کشاورزی زرقان تهیه و روی یک رقم بسیار حساس جو (رقم والفجر) پرورش داده شد. برای جلوگیری از آلوده شدن کلنی با سایر حشرات و هم چنین رها شدن شته های کلنی، گلدان های حاوی کلنی با سرپوش مناسب پوشانده شدند. برای حصول اطمینان از خالص بودن شته ها هر سه روز یکبار کلنی ها به طور دقیق بازرسی شدند. در صورت آلوده بودن هر کدام از کلنی ها به سایر حشرات، کلنی مذکور در صورت امکان پاکسازی و در غیر این صورت به کلی معدوم می گردید.

#### نحوه آلوده سازی و نمونه برداری

تمامی گیاهچه ها در مرحله یک برگگی با گذاشتن قطعات کافی از برگ های آلوده به شته روسی گندم روی خاک بین ردیف ها آلوده شدند. نحوه پراکندگی شته ها به گونه ای بود که هر گیاهچه به طور متوسط با شش تا هشت عدد شته آلوده شد. اولین نمونه برداری بعد از ۲۱ روز (هنگامی که حساس ترین رقم بیشترین خسارت را نشان داد) از دو برگ انتهایی (برگ های سوم و چهارم) انجام شد. نمونه برداری های بعدی به فاصله سه روز از یکدیگر انجام گردید.

محسوسی در ژنوتیپ های مقاوم در مقایسه با ژنوتیپ های حساس کمتر می باشد (شکل ۲). باید توجه داشت که از نقطه نظر تغذیه ای سطح بالای آمینو اسیدهای آزاد برای حشرات مفید می باشد. این مطلب به وسیله مطالعات متعدد تأیید شده است (Ciepiela., 1989 Dorschner et al., 1987 Weibull, 1987). کاهش میزان آمینواسیدهای آزاد در ژنوتیپ های مقاوم در مقایسه با ژنوتیپ های حساس شاید به این دلیل باشد که ژنوتیپ های مقاوم واجد این توانایی هستند که آمینواسیدهای آزاد را در ساختمان پروتئین هایی به کار ببرند که در مقاومت مؤثر هستند. این مطلب با نتایج حاصل از اندازه گیری میزان پروتئین در همین آزمایش هماهنگ است.

#### پروتئین

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان پروتئین نشان می دهد که میزان این عامل بیوشیمیایی در ژنوتیپ هایی که تحت تأثیر آلودگی شته روسی قرار گرفتند نسبت به ژنوتیپ های شاهد (آزمایش بدون آلودگی) کاهش یافته است. بر اساس نتایج به دست آمده میزان پروتئین کل در ژنوتیپ های مقاوم نسبت به ژنوتیپ های حساس در هر دو آزمایش (با آلودگی و بدون آلودگی) بیشتر است (شکل ۳). این افت میزان پروتئین نشان می دهد که آلودگی ایجاد یک شرایط تنش برای تمام ژنوتیپ ها کرده است، به طوری که

(Niraz et al., 1985). فنل ها ارتباط بالایی با واکنش های دفاعی گیاه در مقابل شته های غلات دارند که این به دلیل سمیت بالای آن ها برای حشرات (شته ها) می باشد (Todd et al., 1985). بنابراین شاید بتوان گفت گیاهان در واکنش به آلودگی ناشی از شته روسی گندم به تولید بیشتر مواد فنلی می پردازند. هم چنین بررسی نتایج نشان می دهد که در بعضی از ژنوتیپ های حساس (اورجی کازرون) بعد از آلودگی میزان فنل در مقایسه با ژنوتیپ های مقاوم تر به مقدار بیشتری در برگ تجمع یافته است. این نتایج مخالف با بعضی گزارش ها در این زمینه است (Van der Westhuizen and Pretorius., 1995). این موضوع شاید به این دلیل باشد که ژنوتیپ حساس بیشتر مورد حمله شته واقع می شود. بنابراین نسبت به ارقام مقاوم بیشتر تحریک شده و واکنش بیشتری به این محرک (شته روسی) نشان می دهد که این واکنش به صورت افزایش در میزان فنل کل تجلی پیدامی کند. دلیل احتمالی دیگر این است که درصد ترکیب فنلی خاصی در ایجاد مقاومت تأثیر بیشتری دارد در ارقام مقاوم بیشتر از ارقام حساس باشد.

#### کل آمینو اسیدهای آزاد

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان کل آمینواسیدهای آزاد نشان می دهد که مقدار این عامل بیوشیمیایی در هر دو آزمایش (با آلودگی و بدون آلودگی) به طور

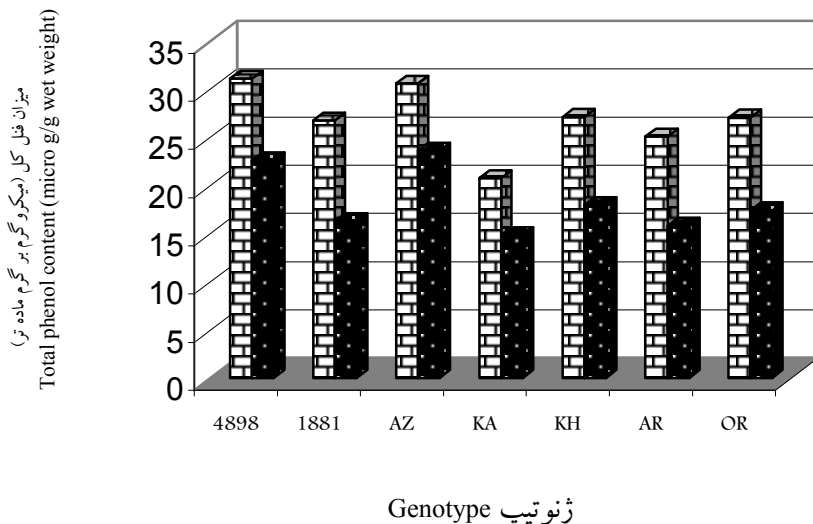
جدول ۱- مقادیر نرمال شده اجزاء مقاومت و شاخص مقاومت گیاهی در ژنوتیپ های گندم

Table1. Normalized indices for components of resistance and Plant Resistance Index(PRI) of wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	مکانیسم Mechanism	آنتی بیوز Antibiosis X	آنتی زنوز Antixenosis Y	تحمل Tolerance Z	شاخص مقاومت گیاهی* (PRI)
4898	۴۸۹۸	0.21	0.31	0.20	76.80
1881	۱۸۸۱	0.42	0.25	0.30	31.75
آزادی Azadi		0.63	0.40	0.26	15.26
Karaj	کرج ۲	0.53	0.77	0.28	8.75
II					
Khazar	خزر ۱	0.97	0.31	1.00	3.32
I					
اروند		0.63	0.60	0.86	3.08

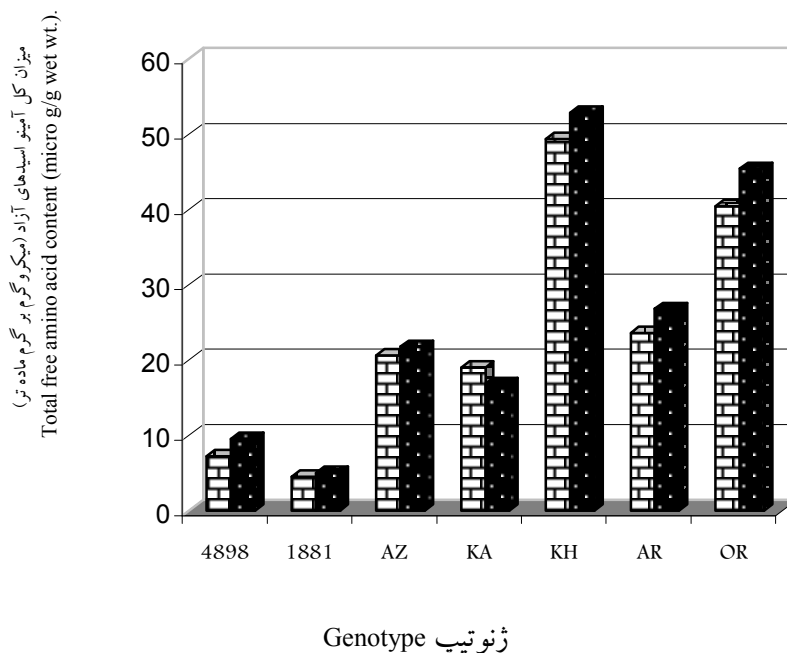
Arvand				
Orejy-e-Kazeroon اورجی کازرون	1.00	1.00	0.90	1.11

\*شاخص مقاومت گیاهی: عکس حاصلضرب (1/X.Y.Z) سه جزء مقاومت است، که هرچه مقدار آن بیشتر باشد نشان دهنده مقاومت بیشتر است.  
\*PRI: Plant Resistance Index, (1/X.Y.Z). Higher PRI Indicates greater resistance.



شکل ۱- میانگین مقادیر فنل کل اندازه گیری شده در مراحل مختلف نمونه برداری در برگ های آلوده و غیر آلوده (شاهد) به شته روسی گندم

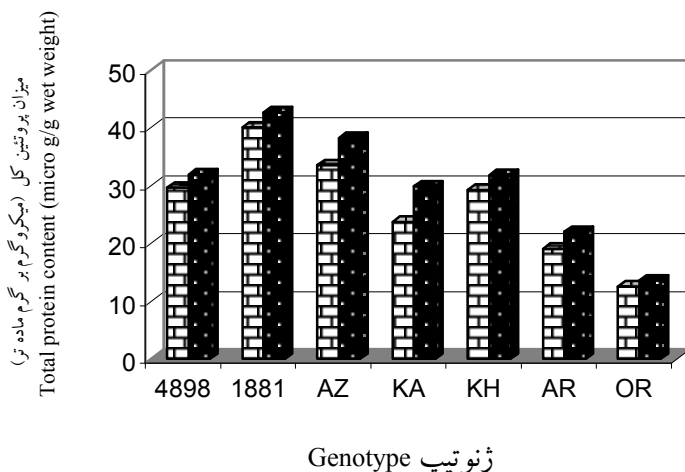
Fig.1. Mean of total phenol contents at different sampling stages in infested and non-infested wheat leaves with Russian wheat aphid



شکل ۲- میانگین مقادیر کل آمینواسیدهای آزاد اندازه گیری شده در مراحل مختلف نمونه برداری در برگ های آلوده

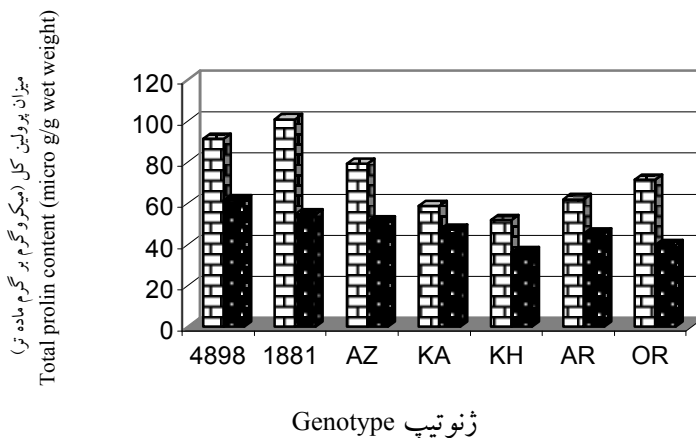
و غیر آلوده (شاهد) به شته روسی گندم

Fig.2. Mean of total free amino acids contents at different sampling stages in infested and non-infested wheat leaves with Russian wheat aphid



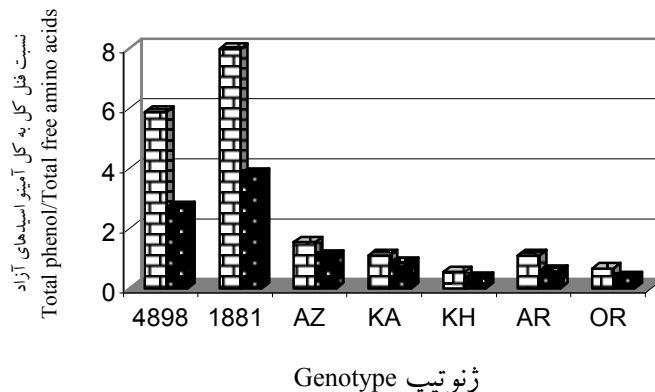
شکل ۳- میانگین مقادیر پروتئین کل اندازه گیری شده در مراحل مختلف نمونه برداری در برگ های آلوده و غیر آلوده (شاهد) به شته روسی گندم

Fig.3. Mean of total protein contents at different sampling stages in infested and non-infested wheat leaves with Russian wheat aphid



شکل ۴- میانگین مقادیر پرولین کل اندازه گیری شده در مراحل مختلف نمونه برداری در برگ های آلوده و غیر آلوده (شاهد) به شته روسی گندم

Fig.4. Mean of total proline contents at different sampling stages in infested and non-infested wheat leaves with Russian wheat aphid



شکل ۵- میانگین مقادیر نسبت فنل کل به کل آمینواسیدهای آزاد اندازه گیری شده در مراحل مختلف نمونه برداری در برگ های آلوده و غیر آلوده (شاهد) به شته روسی گندم

Fig.5. Mean of ratio total phenol to total free amino acid contents at different sampling stages in infested and non-infested wheat leaves with Russian wheat aphid

می دهد که میزان این عامل بیوشیمیایی در تمام ژنوتیپ ها که تحت تاثیر آلودگی شته روسی قرار گرفتند نسبت به تیمار شاهد (آزمایش بدون آلودگی) افزایش یافته است (شکل ۴) این نتایج بیانگر این مطلب هستند که آلودگی توسط شته روسی باعث ایجاد تنش در تمام ژنوتیپ های مقاوم و حساس شده است. البته باید توجه داشت که میزان افزایش پرولین آزاد در ارقام مقاوم نسبت به ارقام حساس مشهودتر است. پرولین و دیگر ترکیبات نیتروژن دار که طی شرایط تنش تجمع می یابند عمل سم زدایی سلول از آمونیاک را انجام می دهند (Puritch and Barker, 1967). از طرفی آمونیاک به عنوان یک انتقال دهنده قوی الکترون ممکن است در شرایط تنش در برگ های گندم ایجاد شود (به علت تغذیه شته روسی گندم). بنابراین می توان نتیجه گرفت که گندم مقاوم به دلیل میزان بالای پرولین توانایی بهتری در سم زدایی در مقایسه با گندم حساس

گیاه قسمتی از پروتئین های محلول خود را به عامل های بیوشیمیایی مؤثر در مقاومت تبدیل می کند. (Van der Westhuizen and Botha, 1993). در اثر تغذیه شته روسی تغییرات پروتئینی در گندم های مقاوم به وجود می آید هنگام تغذیه سه نوع پلی پتید با وزن های تقریبی ۳۲، ۳۳ و ۳۵ کیلودالتون در ژنوتیپ مقاوم به وجود آمده و شاهد حساس فاقد چنین تغییراتی بوده است. به طور کلی تشکیل پلی پتیدهایی که در اثر حمله شته روسی ایجاد می شود، نقش مهمی در مقاومت دارند (Rafi et al., 1996). بنابراین می توان عنوان کرد که بیشتر از آنچه میزان (کمیت) پروتئین های محلول در مقاومت مؤثر باشند، نوع (کیفیت) این ترکیبات مهم هستند لذا، میزان پروتئین نمی تواند ملاک دقیقی برای انتخاب باشد.

#### پرولین

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان پرولین آزاد نشان

نسبت به ژنوتیپ های شاهد افزایش یافته است. هم چنین این نسبت در ژنوتیپ های مقاوم در مقایسه با ژنوتیپ های حساس از سطح بالاتری برخوردار است (شکل ۵). این نتایج با یافته های نیراز و همکاران (Niraz et al., 1985) هماهنگ است. ترکیبات فنلی در مکانیسم های دفاعی نقش موثری دارند. از طرفی میزان بالای آمینواسید های آزاد نیز از نقطه نظر تغذیه ای برای حشرات مفید می باشد. با توجه به این مطالب باید ارقامی که نسبت به شته ها مقاوم تر هستند از ارزش فنل کل به آمینواسید های آزاد بالاتری برخوردار باشند که نتایج حاصل از این تحقیق نیز این موضوع را ثابت می کند.

داشته باشد. در ضمن پرولین به تنهایی نیز سیستم های غشایی سلول را حفاظت می کند (Heber et al., 1971). در آزمایش بدون آلودگی (تیمار شاهد) میزان پرولین آزاد در ارقام مقاوم نسبت به ارقام حساس در سطح بالاتری قرار دارد (شکل ۴) که این موضوع با گزارش هایی که در این زمینه وجود دارد هماهنگ است (Van der Westhuizen and Pretorius, 1995).

#### نسبت فنل کل به کل آمینواسید های آزاد

نسبت فنل کل به کل آمینواسید های آزاد معیاری است برای انتخاب ارقام مقاوم که به این نسبت اصطلاحاً شاخص سمیت گویند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان این نسبت در ژنوتیپ های آلوده شده

## References

## منابع مورد استفاده

- نعمت الهی، م. ۱۳۷۶. مقاومت به شته روسی گندم در ژنوتیپ های *Triticum* spp. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی شیراز: ۷۹ صفحه.
- Bates, L.S., R.P. Waldren, and I.D. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* **39**:205-207.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein- dye- binding. *Anal. Biochem.* **72**:248-254.
- Burd, J. D., and R. L. Burton. 1992. Characterization of plant damage caused by Russian wheat aphid. *J. Econ. Entomol.* **85**:2017-2022.
- Ciepiela, A. 1989. Biochemical basis of winter wheat resistance to the gram aphid, *Sitobion avenae*. *Entomol. Exp. Appl.* **51**:269-275.
- Dorschner, K. W., J. D. Ryan, R. C. Johnson and R. D. Eikenbary. 1987. Modification of host nitrogen levels by the greenbug (*Homoptera: Aphididae*): its role in resistance of winter wheat to aphid. *Environ. Ent.* **16(4)**:1007-1011.
- Formusoh, E. S., G. E. Wild, J. H. Hatchett, and R. D. Collins. 1994. Resistance to the Russian wheat aphid in wheat and wheat related hybrids. *J. Econ. Entomol.* **87**:241-244.
- Heber, U., L. Tyankova and K. A. Santarius. 1971. Stabilization and inactivation of biological membranes during freezing in the presence of amino acids. *Biochim. Biophys. Acta.* **241**:578-592.
- Kruger, G. H., and P. H. Hewitt. 1984. The effect of Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) extract on photosynthesis of isolated chloroplast: Preliminary studies. *Tech. Commun. Dep. Agric. Rep. S. Afr. No.*



191:34-37.

- Miller, H. L., and D. R. Porter. 1997. A technique to quantitatively measure the leaf streaking symptom of Russian wheat aphid infestation. *Crop Sci.* **37**:278-280.
- Niraz, S., B. Leszczynski, A. Ciepeila, A. Urbanska, and J. Warchol. 1985. Biochemical aspects of winter wheat resistance to aphid. *Insect Sci. Appl.* **6**:253-257.
- Puritch, G. S. and A. V. Barker. 1967. Structure and function of tomato leaf chloroplasts during ammonium toxicity. *Plant Physiol.* **42**:1229-1238.
- Rafi, M. M., R.S. Zemetra, and S. S. Quisenberry. 1996. Interaction between Russian wheat aphid (*Hom: Aphididae*) and resistant and susceptible genotypes of wheat. *J. Econ. Entomol.* **89**:239-246.
- Robinson, J. 1993. Productivity of barley infested with Russian wheat aphid. *Agron. J.* **171**:168-175.
- Seevers, P.M., and J. M. Daly. 1970. Studies on wheat stem rust resistance controlled at the Sr6 locus The role of phenolic compounds. *Phytopathol.* **60**:1322-1328.
- Smith, C. M., D. Schotzko, R. S. Zemerta, E. J. Souza, and S. Schroeder- Teeter. 1991. Identification of Russian wheat aphid (*Hom: Aphididae*) resistance in wheat. *J. Econ. Entomol.* **84**:328-332.
- Todd, G.W., A. Getahun, and D.D. Cress. 1971. Resistance in barley to the greenbug (*Schizaphis graminum*) toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substances. *Ann. Ent. Soc. Am.* **64**:718-722.
- Van der westhuizen, A. J., and F. C. Botha. 1993. Effect of the Russian wheat aphid on the composition and synthesis of water soluble proteins in resistant and susceptible wheat. *J. Agron. & Crop Sci.* **170**:322-326.
- Van der westhuizen, A.J., and E.Z. Pretorius. 1995. Biochemical and physiological responses of resistant and susceptible wheat to Russian wheat aphid infestation. *Cereal Res. Commun.* **23(3)**:305-313.
- Webster, J.A., K.J. Starks, and R.L. Burton. 1987. Plant resistance studies with *Diuraphis noxia* (*Homoptera: Aphididae*) a new United States wheat pest. *J. Econ. Entomol.* **80**:944-949.
- Weibull, J. 1987. Seasonal changes in the free amino acids of oat and barley phloem sap in relation to plant growth stage and growth of *Rhopalosiphum padi*. *Ann. Appl. Biol.* **111**:729-737.
- Worralled, W.D., and R.A. Scott. 1991. Differential reaction of Russian wheat aphid to various small grain host plants. *Crop Sci.* **31**:312-314.
- Yemm, E. W. and E. C. Cocking. 1955. The determination of amino-acids with ninhydrin. *Analyst.* **80**:209-213.
- Zwer, P. K., M. G. Mosaad, A. A. Elsideig, and R. W. Rickman. 1994. Effect of Russian wheat aphid on wheat root and shoot development in resistant and susceptible genotypes. *Crop Sci.* **34**:650-655.