Archive of SID

Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 88, No. 2, March 2021
DOI: 10.22092/jaep.2020.125198.1268

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۸، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط بوته‌میری فوزاریومی و ماکروفومینایی کنجد با برخی صفات مهم زراعی در شرایط مزرعه

حمید صادقی گرمارودی✉، سعداله منصوری، مجید غلامحسینی

موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹)

چکیده

قارچ‌های بیماری‌زای ماکروفومینا و فوزاریوم از جمله مهم‌ترین عوامل ایجادکننده بوته‌میری در ایران و جهان هستند که باعث ایجاد خسارت گسترده‌ای می‌شوند. در این پروژه، ۲۵ رقم و ژنوتیپ امیدبخش کنجد شامل ١٤ لاین در مرحله سازگاری، چهار لاین پیشرفته برای معرفی و شش رقم تجاری شامل اولتان، داراب یک، دشتستان دو، هلیل، ناز تک‌شاخه و ناز چندشاخه در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در خزانه آلوده در مزرعه ٤٠٠ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج کاشته شدند. هر ژنوتیپ در هر تکرار در یک خط دو متری کاشته شد. سطوح مقاومت به بیماری در بین ژنوتیپ‌ها به صورت درصد بوته‌میری در مرحله رسیدگی اندازه‌گیری شد. وقوع بوته میری در تمام ژنوتیپ‌ها مشاهده گردید. رقم دشتستان۲ با بیشترین میزان بوته‌میری به‌عنوان حساسترین رقم تعیین گردید. لاین‌های در دست معرفی ۱۰-۹۲ و ۱۰-۹۰ با کمترین میزان بوته‌میری (کمتر از ۲۰ درصد) در گروه ژنوتیپ‌های مقاوم دسته‌بندی شدند. آزمون همبستگی بین پنج صفت مرتبط با عملکرد با درصد بوته‌میری نشان داد که بوته‌میری با صفت تعداد دانه در کپسول بیشترین میزان همبستگی را دارد. همچنین، ارتباط معنی‌داری بین طول کپسول با درصد بوته‌میری مشاهده شد ولی ضریب همبستگی بین این دو صفت پایین بود. ارتباط معنی‌داری بین وزن هزاردانه، میزان کلروفیل برگ‌ها در مرحله گلدهی (عدد سبزینگی) و وزن کپسول بدون دانه با درصد بوته‌میری مشاهده نگردید.

واژه‌های کلیدی: بوته‌میری کنجد، ، فوزاریوم، ماکروفومینا

Studying the relationship between Fusarium and Macrophomina wilt diseases and some important crop traits measured in sesam field

H. SADEGHI GARMARODI✉, S. MANSHOURI, M. GHOLAMHOSINI
Seed and Plant Improvment Insatitute, Oilseed Crop Research Department, Karaj, Iran

Abstract

The fungi, *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium oxysporum* are the main causal agents of sesame wilt making a great loss in Iran and worldwide. In this research, 25 cultivars and genotypes of sesame including 14 yield comparison test lines, four improved lines and six commercial cultivars (Dashtestan2, Darab1, Halil, Naz-uniculm and Naz branched grew in 3 replicates in randomized complete blocks in a hotspot field in 400-ha farm of Seed and Plant Improvement Institute (SPII) in Karaj. Each genotype was cultivated in two meters length. Disease scores were recorded at the maturity stage. The results showed that all genotypes were affected by disease to some extent among which Dashtestan 2 had the highest mean of disease score. The lines 92-10 and 90-10 with the lowest record of wilting (less than 20%) were grouped as resistant lines. Correlation analysis between five important agronomic traits related to yield with wilt disease data showed that damping-off data has a significant correlation with the number of seeds per capsule. Although a significant correlation was observed between wilting with capsule length, the coefficient was low. There was a non-significant correlation between wilt disease and 1000 seed weight, SPAD no. and capsule weight without seeds.

Keywords: Fusarium, Macrophomina, sesame, wilt

✉ **hsgarmaroodi@gmail.com**

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در سال ۲۰۱۶، نزدیک به ۶/۱ میلیون تن دانه روغنی کنجد تولید شده است. در طی یک دوره ۲۰ ساله از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶، پنج کشور عمده تولید کننده کنجد به‌ترتیب عبارت بوده‌اند از چین، هندوستان، میانمار، سودان و نیجریه (FAO, 2018). عملکرد گزارش شده برای کنجد معمولاً پائین و یا حتی بسیار پائین (۵۱۸ کیلوگرم در هکتار) می باشد. البته عملکرد واقعی بسیار بیش از این مقدار است؛ زیرا مقدار قابل توجهی از دانه تولید شده در اثر ریزش به‌هدر می رود. در کشورهای تولیدکننده، کشت کنجد عمدتاً به‌صورت دیم صورت می‌گیرد و میزان تولید به‌شدت وابسته به میزان بارندگی و شرایط آب و هوائی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین معضلات کشت کنجد در ایران بیماری بوته‌میری و پوسیدگی ریشه و طوقه این گیاه می‌باشد. عوامل متعدد قارچی و شبه قارچی باعث این بیماری می‌شوند. مشاهدات میدانی نگارندگان در مهم‌ترین مناطق کشت کنجد کشور شامل مغان (استان اردبیل)، گلستان، فارس، یزد، خوزستان و کرمان دو قارچ *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich و *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesame* Schlecht ex Fr. مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای خاکزاد کنجد محسوب می‌شوند.

قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* (FOS) از نظر میزبانی بسیار تخصصی عمل می‌کند و فقط به گیاه کنجد حمله می‌کند. این عامل بیماری‌زا اولین بار توسط بنی‌هاشمی در سال ۱۳۶۰ از یک مزرعه کنجد در بوشهر جدا شده و بذرزاد بودن قارچ عامل بیماری اثبات گردید (Basirnia and Banihashemi, 2006). به‌هرحال به‌دلیل برداشت سنتی کنجد (به‌صورت کوبیدن کپسول‌ها)، مواد همراه بذر هم نقش مهمی در انتقال بیماری و افزایش زادمایه بیماری در اول فصل ایفاء می‌کنند.

بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طوقه کنجد به‌عنوان مهمترین بیماری خاکزاد کنجد در بسیاری از نقاط دنیا شناخته شده است (Jyothi *et al*., 2011). دمای ۳۰ درجه سلسیوس دمای بهینه برای توسعه بیماری فوزاریومی است (Gaikwad and Paschpande, 1992). رطوبت بالای خاک به‌واسطه آبیاری هم این بیماری را گسترش می‌دهد (Jyothi *et al*., 2011). در کشورهای هند و چین که از مراکز اصلی کاشت کنجد هستند، این بیماری مهم‌ترین بیماری قارچی کنجد محسوب می‌گردد (Li, *et al*., 2012; Jyothi *et al*., 2011).

قارچ *Macrophomina phaseolina* (MP) عامل سوختگی گیاهچه، پوسیدگی ریشه و پوسیدگی زغالی در بیش از ۵۰۰ گونه گیاهی زراعی و غیر زراعی از جمله سویا، ذرت، کنجد و پنبه است (Wyllie, 1988). این بیماری بر روی کنجد بسیار مخرب بوده و خسارات زیادی را به این محصول وارد می‌کند (Deepthi *et al*., 2014). اندام‌های ریزسختینه قارچی به‌عنوان منشا اولیه زادمایه بیماری عمل می‌کنند و تا سه سال در خاک و تا ۹ سال در بذرهای انباری دوام دارند (Dhingra and Sinclair, 1978).

بیماری پوسیدگی زغالی مخصوص مناطق گرم و خشک است زیرا هوای گرم و خشک برای رشد بیماری مساعد بوده و کنجد هم به‌عنوان کشت دوم با اوج گرما روبرو خواهد شد. تشخیص بیماری در اوایل فصل مشکل است زیرا قارچ بیمارگر در ابتدا به‌صورت بیوتروف تغذیه می‌کند. علائم اولیه به‌صورت پژمردگی بروز می‌کند. مناطقی که زمستان‌های سرد دارند عمدتاً از این بیماری مصون هستند. علائم پوسیدگی زغالی در هوای گرم و خشک و یا زمانی‌که گیاه تحت تنش واقع میشود بروز می‌کند. بیماری ممکن است در اراضی آبی هم ظاهر شده و همزمان با رسیدگی محصول شدید شود. خصوصاً زمانیکه بعد از گلدهی، مزرعه آبیاری نشود. بیمارگر در طول فصل زراعی می‌تواند به گیاه حمله کند و اغلب باعث ضعف و ناتوانی میزبان می‌شود. در اوایل فصل تشخیص علائم بیماری کمی مشکل است و بیشتر به‌شکل پژمردگی مشاهده می‌گردد. در کنار روش‌های مختلف کنترل این بیماری استفاده از ارقام مقاوم جایگاه ویژه‌ای دارد که از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه و راحت‌تر است. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی در جهت غربال ارقام و لاین‌های کنجد به

www.SID.ir

Archive of SID

بیماری بوته‌میری کنجد صورت گرفته است. به‌دلیل اهمیت این بیماری در کشور، روش‌های مختلف برای آلوده‌سازی گیاه کنجد در آزمایشگاه و مزرعه به‌کار گرفته شده است. ارزیابی ژرم‌پلاسم کنجد در شرایط مزرعه برای مقاومت به بوته‌میری در سال‌های گذشته توسط صادقی و منصوری در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج انجام شده که در نتیجه آن لاین‌های مغان ۱۷، مغان ۱۹ و مغان ۱٤ واکنش مقاومت نشان دادند. همه ژنوتیپ‌ها به‌درجات مختلف به قارچ‌های ایجادکننده بوته‌میری آلوده شدند. اکثر ژنوتیپ‌ها و لاین‌ها حساس به بیماری بودند (Garmaroodi and Mansuri, 2018).

در تحقیق دیگری، واکنش ۲۸ ژنوتیپ (انتخابی از ارقام محلی یا دورگه) کنجد در شرایط مزرعه طی دو فصل متوالی به یک جدایه مهاجم ارزیابی گردید. بر اساس نتایج حاصله، تنوع زیادی در واکنش ژنوتیپ‌ها مشاهده گردید. تعداد زیادی از آنها واکنش‌های یکسانی طی دو سال متوالی از خود نشان ندادند. ژنوتیپ‌های S3 و S4 دارای سطوح بالای مقاومت و عملکرد خیلی پایین بودند؛ بنابراین لازم است در برنامه‌های اصلاح مقاومت به بیماری، عملکرد ژنوتیپ‌ها نیز مدنظر قرار گیرد (Albramaway *et al.*, 2008). در تحقیق مشابه دیگری از همین گروه، واکنش ٤٨ ژنوتیپ کنجد که از مناطق مختلف جغرافیائی جمع‌آوری شده بودند، در شرایط مزرعه به بیمارگرهای فوزاریوم و ماکروفومینا ارزیابی شدند. در تجزیه و تحلیل‌های آماری، تعداد شاخه‌ها و رنگ بذور با درصد آلودگی ارتباط معنی‌داری نشان می‌دادند. ترکیبات پلی‌فنلی که در رنگ‌بندی دانه‌ها موثر شناخته شده‌اند، ممکن است بر سازوکارهای مقاومت به بیماری هم موثر واقع شوند (Albramaway *et al.*, 2008).

ارتباط مقاومت به بیماری با صفات مهم زراعی در تحقیقات مطلبی (۱۳۷۸) در استان فارس نیز نشان داده‌شده است. درصد بیماری با درصد سبزشدن، پایان گلدهی، رسیدن ۱۰ کپسول اولیه و وزن هزار دانه بیمار در سطح یک درصد رابطه‌ی منفی ولی با طول کپسول در سطح پنج درصد رابطه‌ی مثبت نشان داد. یعنی ارقام و لاین‌هائی که زودرس‌تر بودند یا کپسول بلندتری داشتند بیشتر دچار بیماری شدند. توده بومی "ده‌زیر" مقاوم و رقم داراب-١٤ حساس شناخته شد (Motallebi, 1999).

واکنش ۱۷ ژنوتیپ کنجد به سه بیماری مهم سوختگی باکتریایی، پژمردگی فوزاریومی و فیلودی ناشی از نوعی فیتوپلاسما، در تحقیق انجام شده توسط بیلی در سال ۲۰۱۸ در ٦ مکان در کشور اتیوپی، طی دو سال بررسی گردید. درصد وقوع بیماری برای سه بیماری یاد شده به‌ترتیب عبارت بود از ۷۵، ۷۰ و ۲۵ درصد و شدت بیماری به‌ترتیب ۵۰، ۵۰ و ۱۰ درصد بود. ژنوتیپ‌های HuRC-2، Acc227880، Setil-1، Hirhir، HuRC-3، HuRC-4 و Acc202514 مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها به هر سه بیماری معرفی شدند. HuRC-4 به‌دلیل داشتن مقاومت به بیماری و عملکرد مناسب برای معرفی به کشاورزان انتخاب گردید (Belay *et al.*, 2018).

در تحقیقات گرمارودی و منصوری (۱۳۹۵) نیز واکنش ارقام پیشرفته کنجد به بیماری پوسیدگی زغالی در شرایط آزمایشگاهی انجام و نتایج حاکی از عدم وجود ژنوتیپ مقاوم در بین ارقام و لاین‌ها بود. در این تحقیق ارقام محلی مغان، هندی ۱۱و B5γM7 به این بیماری درجاتی از مقاومت را نشان دادند (Garmaroodi and Mansuri, 2014).

در ترکیه، ٢٦ ژنوتیپ کنجد در شرایط مزرعه طی پنج سال در برابر بیمارگر FOS ارزیابی شدند. به‌دلیل تغییرات زیاد در واکنش ژنوتیپ‌ها، داده‌های دو سال مورد تجزیه تحلیل‌های آماری قرار گرفتند. ژنوتیپ سانلیورفا-٦٣١٨٩ با متوسط آلودگی ٦/٦ درصد مقاوم‌ترین ژنوتیپ شناخته شد و نیمی از ژنوتیپ‌ها آلودگی زیر ۲۰ درصد نشان دادند (Kavak and Boydak, 2006). در تحقیق دیگری در ترکیه، واکنش ۲۵ ژنوتیپ مختلف کنجد به این بیمارگر نیز ارزیابی و نتایج حاکی از مقاومت کامل برخی ارقام به این بیمارگر بود (Silme and Cagiran, 2010).

بیماری پوسیدگی زغالی باعث خسارت سنگین به کنجد می شود. در ارزیابی‌های مزرعه‌ای این بیماری هیچ کدام از

www.SID.ir

Archive of SID

ژنوتیپ‌ها مقاومت کامل به بیماری نشان ندادند. تنها رقم PKDS-91 واکنش نسبتاً مقاوم نشان داد. ژنوتیپ‌های OSC366-1، SSD2-1 و OSC79 نسبتاً حساس بودند. قارچکش‌های متعددی در شرایط آزمایشگاهی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند. پودر ویتاواکس (Vitavax®) که از دو قارچکش سیستمیک کربوکسین (Carboxin®) و قارچکش محافظتی تیرام (Thiram®) هر کدام به نسبت ۳۷/۵ درصد تشکیل شده و نیز قارچکش پن‌فلوفن(Penflufen®) با غلظت ppm ۵۰۰ و تری‌سیکلازول در غلظت ppm ۱۰۰۰ باعث محافظت ۱۰۰ درصدی محصول از بیماری شدند. تیمار بذرها با پودر ویتاواکس بالاترین نرخ تندش بذر را نشان داد. ضدعفونی بذر با پودر ویتاواکس و پاشش برگی با قارچکش سیستمیک کاربندازیم (Carbendazim®) بیشترین اثر را در کنترل بیماری نشان داد (Deepthi *et al*., 2014).

انجام تحقیقات گوناگون در سراسر دنیا بر واکنش ژنوتیپ‌های کنجد به این بیماری حاکی از وجود منابع مقاومت به بیماری در ژرم‌پلاسم این محصول است. با توجه به اهمیت بوته میری های فوزاریومی و پوسیدگی زغالی در کشور، برنامه اصلاح ژنوتیپ‌های کنجد به این بیماری در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در حال اجراست. هدف از انجام این تحقیق، تعیین واکنش ارقام به هر دو بیماری به‌صورت هم‌زمان در شرایط مزرعه و یافتن ارتباط بین صفات زراعی کنجد و مقاومت به بیماری می‌باشد.

روش بررسی

در این پروژه، ۲۵ رقم و ژنوتیپ امیدبخش کنجد شامل ۱۴ لاین در مرحله سازگاری، چهار لاین پیشرفته برای معرفی و هفت رقم تجاری شامل اولتان، داراب یک، دشتستان دو، هلیل، یلوواید، ناز تک شاخه و ناز چندشاخه در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کاشته شدند (جدول ۱).

جدول ۱- مواد ژنتیکی کنجد مورد اسفاده برای ارزیابی به بوته‌میری در شرایط مزرعه.

Table 1. The sesame genetic materials using for wilt disease assessment in field

Genotypes or Cultivar names [a]	rows	Genotypes or Cultivar names [a]	rows
YCT #7	14	Ultan	1
YCT #8	15	Uniculm Naz	2
YCT #9	16	Branched Naz	3
YCT #10	17	Yellow White	4
YCT #11	18	Dashtestan2	5
YCT #12	19	Darab 1	6
YCT #13	20	Halil	7
YCT #14	21	YCT #1	8
IP-90-10	22	YCT #2	9
IP-91-10	23	YCT #3	10
IP-92-2	24	YCT #4	11
IP-92-10	25	YCT #5	12
		YCT #6	13

a. YCT stands for 1st year Yield Comparison Tests. IP stands for improved lines.

فاصله بین بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت ۱۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد .آبیاری با نوار تیپ (tape) صورت گرفت تا قطعات گیاهی آلوده که در زمین پخش شده بودند به نقاط همجوار منتقل نشده و نیز در مصرف آب صرفه‌جویی گردد. قطعات گیاهی آلوده که از مزارع کنجد در سال گذشته جمع‌آوری شده بودند را خرد کرده و پس از استقرار گیاهان در مزرعه بین ردیف‌های کاشت افزوده شد. بقایای گیاهی انواع بوته‌میری ناشی از پوسیدگی زغالی ناشی از ماکروفومینا و پوسیدگی یک طرفه ناشی از فوزاریوم در مزرعه به‌طور یکنواخت پخش شدند. درصد آلودگی براساس تعداد بوته‌های آلوده در هر ردیف محاسبه و شدت بیماری بر اساس مقیاس البراماوی و وحید (۲۰۰۹) ارزیابی شد. مقیاس مورد استفاده به شرح (جدول ۲) می‌باشد.

داده‌های درصد آلودگی با فرمول معکوس سینوس ($\sin^{-1}\sqrt{\ }$) تبدیل و واریانس آنها به همراه داده‌های خام سایر صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه و تحلیل شد.

طول کپسول با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای این منظور شش عدد کپسول در هر ردیف کاشت به‌طور تصادفی از بوته های مختلف انتخاب و اندازه‌گیری

www.SID.ir

Archive of SID

شد. میانگین تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه آنها اندازه‌گیری و محاسبه گردید. تعداد دانه در کپسول با دستگاه بذر شمارش Numigral- Chopin Technologies, France شد. میزان کلروفیل برگ‌ها در مرحله گلدهی با استفاده از دستگاه SPAD- Minolta 502 Meters, Japan اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عدد اسپد بر روی برگ‌های میانی شش بوته به‌صورت تصادفی صورت گرفت و میانگین هر تکرار محاسبه گردید. کلیه عملیات آماری در نرم افزار SAS انجام شد. آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها به‌کار رفت.

جدول ۲- مقیاس مورد استفاده برای اندازه گیری شدت بیماری و تعیین واکنش ارقام (El-Bramaway and Wahid, 2009).

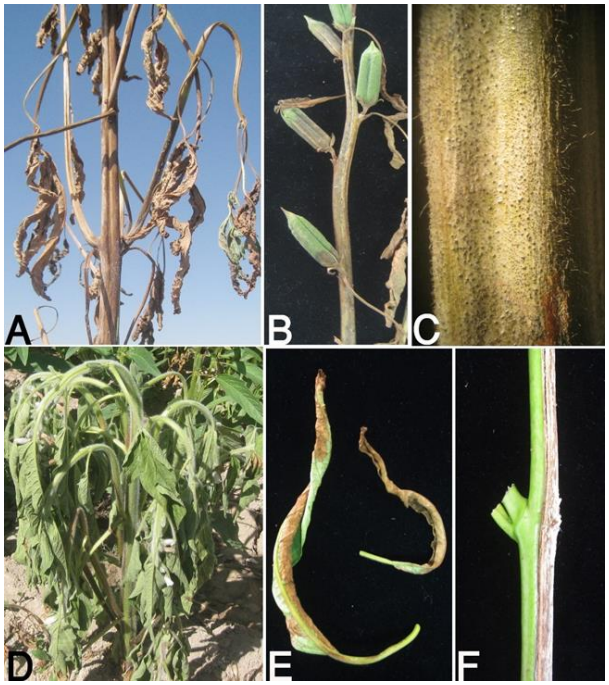
Table 2. The disease scale used to evaluate disease severity and genotypes reactions adapted from El-Bramaway and Wahid, 2009).

Scale No.	Cultivar Reaction	Percentage of damping-off
0	Immune	No damping-off
1	Resistant	1-20% damping-off
2	Moderately Resistant	20.1-40% damping-off
3	Moderately Susceptible	40.1-50% damping-off
4	Susceptible	50.1-75% damping-off
5	Highly Susceptible	More than 75% damping-off

نتایج و بحث

آلودگی در مراحل اولیه رشدی گیاه صورت می‌گیرد و در برخی موارد باعث بوته‌میری پیش- و پس- رویشی هم می‌شود. اساساً امکان آلودگی در تمام مراحل رشدی وجود دارد. در موارد متعددی در مزارع کشاورزان مشاهده شده است که برخی گیاهان با وجود اینکه علائم بوته‌میری را نشان نمی‌دهند ولی به محض بروز یک تنش گرمایی یا رطوبتی پژمرده شده و پس از مدتی خشک می‌شوند و یا در صورت زنده بودن، در آخر فصل علائم بارز بیماری مثل نکروز سیاه رنگ (برای پوسیدگی زغالی) و پوشش سفید میسلیومی یک‌طرفه روی ساقه (برای پوسیدگی فوزاریومی) مشاهده می‌شود (شکل ۱).

در برخی موارد تفکیک این دو بوته میری از یکدیگر امکان‌پذیر است ولی در بیشتر موارد، به آسانی امکان تفکیک در شرایط مزرعه به خصوص در شرایط معتدل کرج امکان ندارد. گاهی نیز هر دو عامل فوزاریوم و ماکروفومینا توأماً روی یک گیاه مشاهده می‌شود. این موارد با کشت نمونه های آلوده در شرایط آزمایشگاهی اثبات شدند. به همین دلیل، یک مقیاس ارزیابی برای هر دو بیماری به‌کار رفت. البته مشاهدات میدانی ما حاکی از این است که در برخی از نقاط گرم مثل بهبهان در خوزستان و یا بندر ترکمن در گلستان، بوته‌میری‌ها غالبا از نوع پوسیدگی زغالی هستند. ولی در شرایط معتدل مثل کرج هر دو نوع عامل بیماری در یک مزرعه قابل مشاهده هستند. این روش غربال توامان به دو یا چند عامل بیماری نوع خاصی از ارزیابی است که ارزیابی مرکب (composite evaluation) نامیده می‌شود که در آن مقاومت به بوته‌میری (kill resistance) اندازه‌گیری می‌گردد.



شکل ۱- علائم بوته‌میری در مزرعه در مرحله بلوغ. A، B و C پوسیدگی زغالی ناشی از قارچ ماکروفومینا را نشان می‌دهند. D، E و F علائم پژمردگی فوزاریومی کنجد که منجر به بوته‌میری و مرگ گیاه می‌شود را نشان می‌دهند.

Fig. 1. Symptoms of sesame wilt in the field at maturity stage. Plates A, B and C show the charcoal rot caused by Macrophomina fungus. Plates D, E and F show the symptoms of Fusarium wilt disease .

www.SID.ir

Archive of SID

این روش در مهمترین مرکز اصلاح ارقام کنجد در آمریکا (شرکت Sesaco) انجام می‌شود (Langham, 2006) که در هزینه و زمان صرفه‌جویی قابل توجهی به همراه دارد. از آنجائیکه عوامل مختلفی مثل ماکروفومینا، فوزاریوم و فیتوفترا باعث ایجاد بوته‌میری در کنجد می‌شوند، ارزیابی تک‌تک این قارچ‌ها در مزارع مختلف دشواری‌های زیادی به‌همراه دارد. به‌همین منظور، مقاومت به بوته‌میری به‌صورت مرکب صورت می‌گیرد. تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها (ارقام) در همه صفات اندازه‌گیری شده به‌جز وزن هزار دانه و وزن کپسول بدون دانه بوده است. (جدول۳). احتمالاً وقوع بیماری در تیمارها باعث کاهش اختلاف آنها در این صفات شده است. مقایسات میانگین صفات به شکل نمودارهای زیر نمایش داده شده‌اند (شکل‌های ۲ تا ۷). وقوع بوته‌میری در رقم دشتستان ۲ حداکثر مقدار ثبت شده را داشت. این رقم به‌عنوان خیلی حساس شناخته شد. ارقام و لاین‌های داراب ۱، لاین‌های سازگاری شماره ۱۳ و ۱۲، هلیل، لاین سازگاری شماره ۹، لاین پیشرفته ۱۰-۹۱، لاین سازگاری شماره ۱۰، یلووایت، لاین‌های سازگاری شماره ۷، ۸ و ۲ به‌ترتیب با بیشترین درصد بوته‌میری در گروه حساس و لاین‌های سازگاری شماره ۱ و ۱۱ و لاین پیشرفته ۲-۹۲ به‌عنوان نیمه‌حساس گروه‌بندی شدند. لاین سازگاری شماره ٤ (نظر)، ٦ و ١٤ و ارقام اولتان، نازچندشاخه و ناز تک‌شاخه و لاین‌های سازگاری شماره ۵ و ۳ به‌ترتیب با کمترین میزان بوته‌میری به‌عنوان نیمه‌مقاوم شناخته شدند. لاین امیدبخش نظر با ٢٠/٦ درصد آلودگی در مرز بین گروه‌های مقاوم و نیمه‌مقاوم قرار دارد. با تکرار آزمون و کاشت مجدد آن در خزانه شاید بتوان گروه آن را به‌طور قطعی تعیین کرد. دو لاین در دست معرفی ۱۰-۹۰ و ۱۰-۹۲ با کمترین درصد بوته‌میری در گروه ارقام مقاوم جای گرفتند(شکل ۲). در مقایسه‌های متعامد (جدول ٤) درصد بیماری بین گروه‌های مختلف ژنوتیپ‌ها مقایسه شد. میانگین درصد بوته‌میری لاین‌های سازگاری با ارقام تجاری و لاین‌های پیشرفته تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در بین لاین‌های سازگاری، لاین شماره ۱۱ از نظر درصد بوته‌میری نسبت به سایر لاین‌های سازگاری به‌طور معنی‌داری کمتر آلوده شد. لاین ۱۰-۹۰ به‌طور معنی‌داری مقاومتر از ارقام تجاری بود؛ درحالی‌که متوسط درصد بوته میری این لاین تفاوت معنی‌داری با متوسط درصد بوته میری سایر لاین‌های پیشرفته نداشت. متوسط درصد بوته‌میری این لاین از متوسط درصد بوته‌میری لاین‌های سازگاری نیز در سطح احتمال پنج درصد متفاوت بود (جدول ٤). بیشترین طول کپسول در لاین سازگاری شماره ۵ (پال)، رقم اولتان و لاین پیشرفته ۱۰-۹۲ ارزیابی شد (شکل ۳). درحالی‌که در لاین‌های سازگاری شماره ۱۳، ۱۱ و رقم ناز چندشاخه به‌ترتیب کمترین طول را از خود نشان داد. میانگین طول کپسول در مقایسات تمام گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد. اگرچه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین لاین‌های برجسته انتخابی (لاین پیشرفته ۱۰-۹۰ و لاین شماره ۱۱) با سایر لاین‌های گروه خود مشاهده شد (جدول ٤). میانگین وزن کپسول‌ها بدون دانه در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین از حروف گذاری روی نمودار خودداری گردید. بیشترین وزن کپسول به ترتیب در رقم اولتان، لاین سازگاری شماره ۵ (پال) و رقم ناز تک شاخه مشاهده شد. کمترین وزن کپسول بدون دانه به ترتیب در لاین سازگاری شماره ۱۱، لاین پیشرفته ۱۰-۹۰ و لاین سازگاری شماره ۷ مشاهده شد (شکل ٤). دو لاین برجسته ۱۰-۹۰ و لاین ۱۱ در گروه مربوطه خود تفاوت معنی‌داری از نظر صفت وزن کپسول بدون دانه نداشتند. همچنین مقایسات متعامد میانگین این صفت بین لاین‌های سازگاری با ارقام تجاری و پیشرفته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. ولی تفاوت میانگین این صفت در لاین‌های پیشرفته و لاین برجسته آنها، ۱۰-۹۰، با ارقام تجاری معنی‌دار بود.

بیشترین تعداد دانه در کپسول به ترتیب در رقم اولتان، لاین‌های سازگاری شماره ۸ و ۱۰ دیده شد. این در حالی است که کمترین آن به‌ترتیب در ارقام ناز چندشاخه، تک

www.SID.ir

Archive of SID

شاخه و لاین سازگاری شماره ۱۳ مشاهده گردید (شکل ۵). مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول بین گروه‌ها در هیچ موردی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳). وزن هزار دانه دومین صفتی بود که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشت. احتمالاً وجود آلودگی در خزانه بیمار تفاوت بین تیمارها را کم کرده است. بیشترین وزن هزار دانه

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات اندازه‌گیری شده.

Table 3. Analysis of variance (mean squares) for all measured traits.

Source of Variation [a]	SPAD NO.	1000 seeds weight	Seeds per capsule	Capsule weight without seeds	Capsule length	Damping off [b]	df
Replication	^{ns} 18.41	^{ns} 1.18	**197	^{ns} 0.002	**14.13	0.09 ^{ns}	2
Genotype	*23	^{ns} 0.54	**112	^{ns} 0.001	**11.89	**0.012	24
Error	10.94	0.38	34.85	0.0007	2.61	0.04	48
CV(%)	8.52	17.37	10.8	19.91	5.76	28.9	

a. ns، *و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد. **b**. تجزیه واریانس برای درصد بوته میری روی داده های تبدیل شده صورت گرفت.

جدول ٤- مقایسات متعامد بین صفات در سه گروه مختلف از ارقام و ژنوتیپ ها[a].

Table 4. Orthogonal comparison of traits in three different groups of cultivars and genotypes.

Compared groups		Measured traits					
		3. Capsule weight		2. Capsule length		1. damping off percentages	
C. cultivars	YCT lines [a]	0.15 ns	0.14	27.8 ns	28.2	0.51 ns	0.46
C. cultivars	I. lines	0.15 *	0.13	27.8 ns	28.2	0.51 *	0.34
C. cultivars	90-10 line	0.15 *	0.10	27.8 ns	26.4	0.51 **	0.17
YCT lines	I. lines	0.14 ns	0.13	28.2 ns	28.2	0.46 ns	0.34
YCT lines	90-10 line	0.14 *	0.10	28.2 ns	26.4	0.46 *	0.17
I. lines	90-10 line	0.13 ns	0.10	28.2 *	26.4	0.34 ns	0.17
Line No. 11	YCT lines	0.14 ns	0.14	30.3 *	28.2	0.21 *	0.46
		6. SPAD No.		5. 1000-seed weight		4. Seeds per capsule	
C. cultivars	YCT lines [a]	38 ns	39	3.82 *	3.47	53 ns	55
C. cultivars	I. lines	38 ns	39	3.82 *	3.37	53 ns	57
C. cultivars	90-10 line	38 ns	35	3.82 ns	3.25	53 ns	57
YCT lines	I. lines	39 ns	39	3.47 ns	3.37	55 ns	57
YCT lines	90-10 line	39 *	35	3.47 ns	3.25	55 ns	57
I. lines	90-10 line	39 **	35	3.37 ns	3.25	57 ns	57
Line No. 11	YCT lines	40 s	39	3.57 ns	3.47	61 ns	55

a. ژنوتیپ‌های شماره ۱ تا ۷ در جدول ۱ شامل ارقام تجاری، شماره‌های ۸ تا ۲۱ شامل لاین‌های سازگاری سال اول و شماره‌های ۲۲ تا ۲۵ شامل لاین‌های پیشرفته می‌باشند. در بین لاین‌های سازگاری لاین شماره ۱۱ (مقایسه عملکرد سال اول ٤/VI (نظر) و در بین لاین‌های پیشرفته لاین ۱۰-۹۰ به‌عنوان لاین برجسته در گروه خود انتخاب گردیدند و با سایر لاین‌های و گروه‌ها مقایسه شدند.

a. Genotypes nos. 1 to 7 in table 1 includes commercial cultivars; nos. 8 to 21 includes first year yield comparison test lines (YCT) and nos. 22 to 25 includes improved lines. Among yield comparison test lines, the line no. 11 (Nazar) and among improved lines, the line 90-10 were selected as prominent lines in their own group and compared with the others in orthogonal comparison.

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده پیرسونی بین صفات اندازه گیری شده (n=75).

Table 5. Pearson simple correlation coefficient between measured traits (n=75).

SPAD No.	1000-seeds weight	Seed no./capsule	Capsule weight without seeds	Capsule length	Damping-off percentages	
0.05^{ns}	-0.06^{ns}	-0.26*	-0.09^{ns}	-0.034**	1	Damping-off percentages
0.35**	0.23*	0.65**	0.49**	1		Capsule length
0.13^{ns}	0.24*	0.12^{ns}	1			Capsule weight without seeds
0.31**	0.16^{ns}	1				Seed no./capsule
0.05^{ns}	1					1000-seeds weight
1						SPAD No.

ns، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and ** : show non significant, significant at 5% and 1%, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

به‌ترتیب در لاین سازگاری شماره ۳، اولتان و لاین سازگاری شماره ۲ مشاهده گردید. کمترین وزن هزاردانه به‌ترتیب در لاینهای سازگاری شماره ۱۱، ۱۲ و ۱۳ ثبت گردید (شکل ٦). میانگین وزن هزاردانه در لاین‌های سازگاری و پیشرفته به‌طور معنی‌داری از ارقام تجاری متفاوت بود (جدول ۳).

عدد سبزینگی (عدد اسپد) بیشترین مقدار را به‌ترتیب در لاین‌های سازگاری شماره ۸، ۱۰ و ۱ به ثبت رساند. کمترین میانگین آن به ترتیب در ناز چندشاخه، لاین پیشرفته ۱۰-۹۰ و لاین سازگاری شماره ۵ (پال) مشاهده شد (شکل ۷).

میانگین عدد سبزینگی در لاین منتخب ۱۰-۹۰ به‌طور معنی‌داری از متوسط این صفت در لاین‌های سازگاری و پیشرفته در شرایط بیماری متفاوت بود (جدول ٤).

استفاده از بقایای بوته‌های کنجد آلوده به قارچ‌های فوزاریوم و ماکروفومینا به‌خوبی قادر به استقرار بیماری در خاک بود. هیچ نوع آلودگی در اوایل دوره رشدی مشاهده نشد. اگرچه بوته‌میری پیش و پس-رویشی گاهی مشاهده می گردید ولی در این تحقیق لحاظ نشدند. پس از استقرار بوته های کنجد در مزرعه تا هنگام رسیدگی به‌ندرت بوته‌میری مشاهده می‌گردید ولی با شروع دوره رسیدگی انواع بوته‌میری به‌طور گسترده‌ای رویت شدند. به‌هنگام یادداشت‌برداری از بوته‌میری‌ها، اگرچه بوته‌میری فوزاریومی و پوسیدگی زغالی تا حد زیادی از یکدیگر قابل تفکیک بودند (شکل ۱)، ولی در این پروژه بوته‌میری به‌طور اعم مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل واریانس داده‌های درصد آلودگی به بوته‌میری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها (ارقام) از نظر حساسیت به بیماری وجود دارد (جدول ۳). رقم دشتستان ۲ واکنش خیلی حساس به بیماری نشان داد (شکل ۲). البته تعداد بوته‌میری‌های ناشی از فوزاریوم بیش از دو برابر تعداد بوته‌میری های ناشی از پوسیدگی زغالی بود (۲۸ بوته فوزاریومی در برابر ۱۲ بوته پوسیدگی زغالی؛ داده‌ها نشان داده نشده).

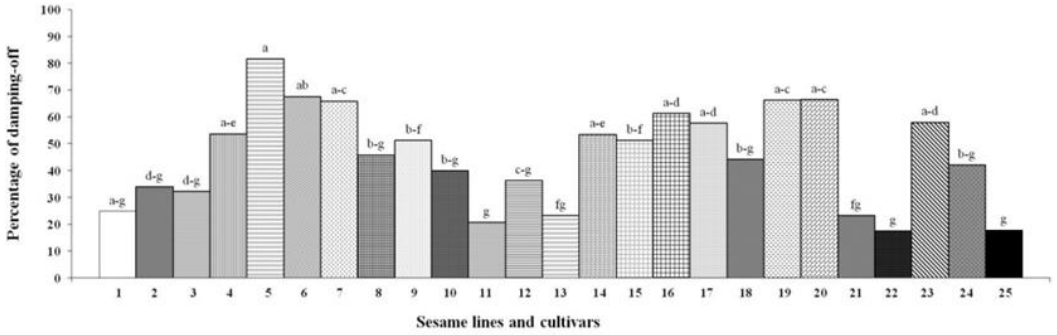
رقم داراب ۱، لاین‌های امیدبخش شماره‌های ۱۳ و ۱۲، رقم هلیل، لاین امیدبخش شماره ۹، لاین در دست معرفی ۱۰-۹۱، لاین امیدبخش شماره ۱۰، رقم یلوولایت، لاین‌های امیدبخش شماره ۷، ۲ و ۸ به ترتیب بیشترین حساسیت به بوته‌میری را نشان دادند و در گروه ژنوتیپ‌های حساس قرار گرفتند.

لاین‌های امیدبخش شماره های ۱ و ۱۱ و لاین در دست معرفی ۲-۹۲ به ترتیب با بیشترین میزان بوته‌میری در گروه نسبتاً حساس قرار گرفتند. لاین‌های امیدبخش شماره ٤ (نظر)، ٦ و ١٤، رقم اولتان، ناز چندشاخه، ناز تک شاخه، لاین امیدبخش شماره ۵ (پال) و لاین امیدبخش شماره ۳ به ترتیب کمترین میزان آلودگی را داشتند و در گروه ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم جای گرفتند. لاین‌های در دست معرفی ۱۰-۹۲ و ۱۰-۹۰ با کمترین میزان بوته‌میری (کمتر از ۲۰ درصد) در گروه ژنوتیپ‌های مقاوم دسته‌بندی شدند. اکثر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در این تحقیق لاین‌های امیدبخشی هستند که برای اولین بار مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. ارقام ناز چندشاخه و تک شاخه در تحقیق مشابه دیگری که در سال‌های ۸۳-۱۳۸۱ صورت گرفت، طی دو سال مشابه این تحقیق واکنش مقاوم و نسبتاً مقاوم نشان دادند ولی در سال دوم اجرا، به‌طور ناگهانی درصد آلودگی ژنوتیپ‌ها از جمله دو رقم یادشده افزایش یافت. همین روند برای رقم اولتان مشاهده گردید (Garmaroodi and Mansuri, 2018).

رقم دشتستان ۲ در آزمون ارزیابی مقاومت در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط آزمایشگاه به قارچ فوزاریوم مقاومت نشان می‌داد (Garmaroodi and Mansuri, 2016). ولی در این تحقیق در مرحله بلوغ و در مرحله رسیدگی حساسیت بالایی به بوته‌میری به‌خصوص به نوع فوزاریومی آن نشان داد. بنابراین به‌هنگام استفاده از روش‌های آزمایشگاهی بایدحتیاط کرد.

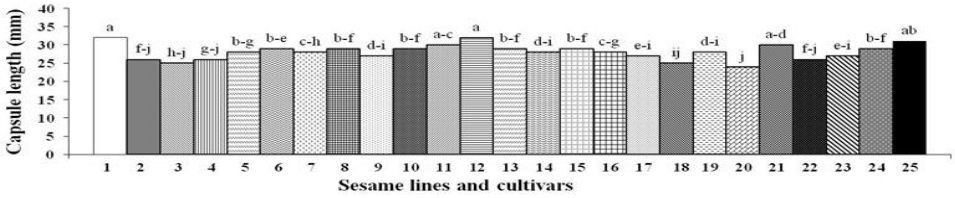
www.SID.ir

Archive of SID



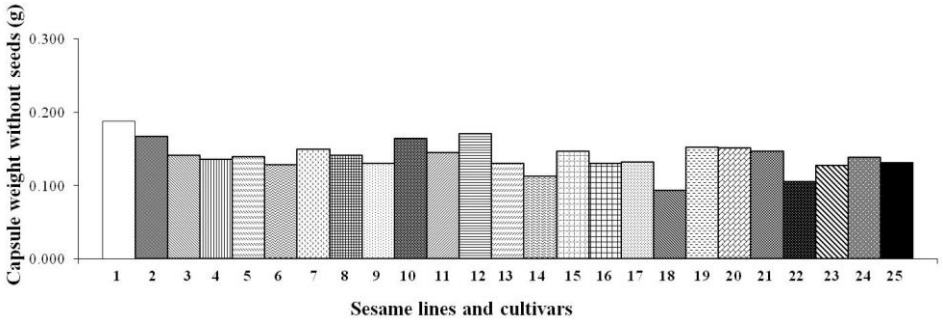
شکل ۲- مقایسه میانگین (آزمون LSD) درصد بوته میری بین ارقام و لاین‌های کنجد در خزانه بیماری.

Fig. 2. Mean comparison (LSD test) of wilting percentage among sesame lines and cultivars in hotspot field.



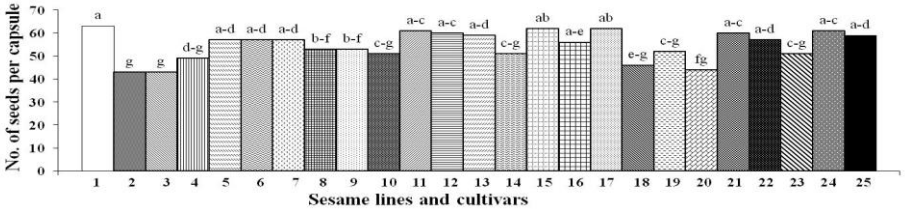
شکل ۳- مقایسه میانگین (آزمون LSD) طول کپسول بین ارقام و لاین‌های کنجد در خزانه بیماری.

Fig. 3. Mean comparison (LSD test) of capsule length among sesame lines and cultivars in hotspot field.



شکل ٤- مقایسه میانگین (آزمون LSD) وزن کپسول بدون دانه بین ارقام و لاین‌های کنجد در خزانه بیماری. از آنجائی که اختلاف بین وزن کپسول‌ها در بین تیمارها معنی‌دار نبود، در مقایسه میانگین از حروف برای دسته‌بندی استفاده نگردید.

Fig. 4. Mean comparison (LSD test) of capsule weight without seeds among sesame lines and cultivars in hotspot field. Since the differences were not significant among treatments, the grouping letters were not used.

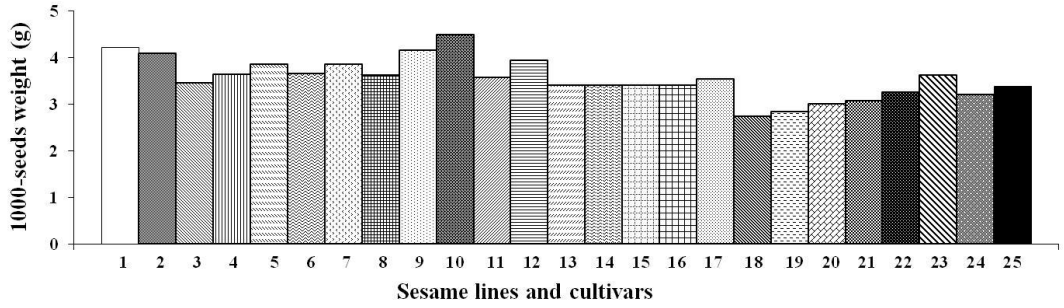


شکل ۵- مقایسه میانگین (آزمون LSD) تعداد دانه در هر کپسول بین ارقام و لاین‌های کنجد در خزانه بیماری.

Fig. 5. Mean comparison (LSD test) of seeds number per capsules among sesame lines and cultivars in hotspot field.

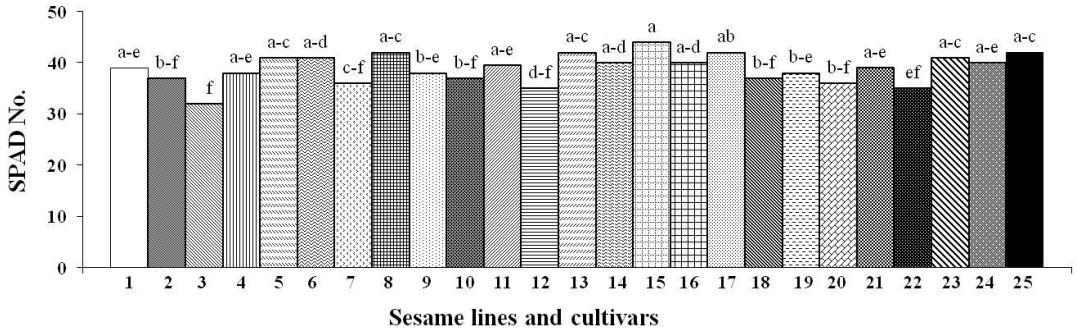
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- مقایسه میانگین (آزمون LSD) وزن هزار دانه بین ارقام و لاین‌های کنجد در خزانه بیماری. از آنجائی‌که اختلاف معنی‌دار نبود، در مقایسه میانگین از حروف برای دسته‌بندی استفاده نگردید.

Fig. 6. Mean comparison (LSD test) of 1000-seed weight among sesame lines and cultivars in hotspot field. Since the differences were not significant among treatments, the grouping letters were not used.



شکل ۷- مقایسه میانگین (آزمون LSD) سبزینگی برگ (عدد اسپد) بین ارقام و لاین‌های کنجد در خزانه بیماری.

Fig. 7. Mean comparison (LSD test) of chlorophyll quantity (SPAD number) among sesame lines and cultivars in hotspot field.

References

BASIRNIA, T., and Z. BANIHASHEMI. 2006**.** Seed transmission of *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesame* on *Sesamum indicum* in Fars province. Iranian Journal of Plant Pathology 42: 117-123 (In Persian with English abstract).

BELAY Y. 2018. Screening of Fusarium wilt, Bacterial blight and Phyllody disease resistant sesame genotypes in sesame growing area of northern Ethiopia. Journal of Agriculture and Ecology Research International, 15(2):1-12.

DEEPTHI, P., C.S. SHUKLA, K.P. VERMA, R.E. SIVA SANKAR. 2014. Identification of charcoal rot resistant lines of *Sesamum indicum* and chemical management of *Macrophomina phaseolina*. Medicinal Plants, International Journal of Phytomedicines and related industries 6(1):36-42.

DHINGRA, O.D. and J.B. SINCLAIR. 1975. Survival of *Macrophomina phaseolina* sclerotia in soil: effects of soil moisture, carbon: nitrogen ratios, carbon sources, and nitrogen concentrations. Phytopathology 65: 236-240.

www.SID.ir

Archive of SID

EL-BRAMAWAY, M.A.E.S., S.E.S. EL-HENDAWY and W.I.A. SHABAN. 2008. Assessing the suitability of morphological and phenological traits to screen sesame genotypes for Fusarium wilt and charcoal rot disease resistance. Journal of Plant Protection Research, 48 (4): 397-410.

FAOSTAT, 2016. FAO Statistics Service. www.faostat.fao.org. retrived on 2018/02/14.

GAIKWAD, S.J. and S.M. PACHPANDE. 1992. Effects of temperature on wilt of sesame caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami*. Journal of Maharastra Agricultural University,17: 76-78.

JYOTHI, B., N.A. ANSARI, Y. VIJAY, G. NURADHA, A. SARKAR, R. SUDHAKAR and E.A. SIDDIQ. 2011. Assessment of resistance to Fusarium wilt disease in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm. Australasian Plant Pathology, 40: 471-475.

KAVAK, H. and E. BOYDAK. 2006. Screening of the resistance levels of 26 sesame breeding lines to Fusarium wilt disease. Plant Pathology Journal, 5: 157-160.

LI, D.H., L.H. WANG, Y.X. ZHANG, H.X. LV, X. QI, W.L. WEI and X.R. ZHANG. 2012. Pathogenic variation and molecular characterization of Fusarium species isolated from wilted Sesame in China. African Journal of Microbiology Research 6(1): 149-154.

MOTALLEBI POUR, S. 1999. Identification of sources of resistance in sesame germplasm to Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesame*. Fars Agricultural Research Center, AREEO, Tehran, Iran. Project No. 113-11-12-7407.

GARMAROODI, H.S. and S. MANSURI. 2014. Primary evaluation of sesame germplasm for resistance to charcoal rot disease in laboratory condition. Seed and Plant Journal, 30-1(3). 493-505. (In Persian with English abstract).

GARMAROODI, H.S. and S. MANSURI. 2016. Reaction of improved sesame lines and cultivars to Fusarium wilt at *in vitro* and greenhouse condition. Applied Researches in Plant Protection, 5:59-70. (In Persian with English abstract).

GARMAROODI, H.S., S. MANSURI and M. SOLTANI. 2018. Response of some native and improved genotypes of sesame to damping off agens under field condition. Seed and Plant Journal, 33-1(4). 535-546. (In Persian with English abstract)

LANGHAM, D.R. 2006. Non-dehiscent sesame variety S28. US Patent, US 7,148,403 B2.

SILME, R.S. and M.İ. ÇAĞIRGAN. 2010. Screening for resistance to Fusarium wilt in induced mutants and world collection of sesame under intensive management. Turkish Journal of Field Crops, 15:89-93.

WYLLIE, T.D. 1988. Charcoal rot of soybeans current status. pages 106-113 In :Soybean Diseases of the North Central Region .Wyllie T.D. and Scott D.H.(eds.) American Phytopathological Society, St. Paul, MN. USA.٥

www.SID.ir