Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۳۲۳-۱۳۳۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1651.1369

مقاله پژوهشی

بررسی تحمل و مقاومت به تنش غرقابی در ژنوتیپ‌های مختلف سویا

سمیه حسنی[1*]، سراله گالشی[2]، ابراهیم زینلی[3]، بنیامین ترابی[4]، محمد خادم پیر[5]
۱. دانشجوی دکترا اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳. دانشیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴. استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵. دانشجوی دکترا فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۶

چکیده

در ایران اطلاعات کافی در مورد ژنوتیپ‌های متحمل به تنش غرقاب در گیاه سویا که عملکرد بالایی در شرایط تنش غرقابی داشته باشند، وجود ندارد. بر این اساس این آزمایش به‌منظور انتخاب ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های سویا متحمل به تنش غرقاب در کشور بر اساس عملکرد، اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در هوای آزاد با ۳ تکرار و دو فاکتور (الف) تنش غرقاب (بدون تنش غرقاب و ۱۵ روز تنش غرقاب)، و (ب) ژنوتیپ (۳۱ ژنوتیپ سویا) در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. زمان اعمال دوره غرقابی در مرحله ۵ برگی (V5) بود. نتایج این آزمایش نشان داد تنش غرقاب عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که عملکرد دانه در ژنوتیپ-های مختلف ۴۰/۶ تا ۶۱/۷ درصد و عملکرد بیولوژیک نیز ۱۷ تا ۴۴ درصد طی ۱۵ روز تنش غرقاب کاهش پیدا کرد. بیشترین عملکرد دانه پس از ۱۵ روز تنش غرقاب در ژنوتیپ‌های ۳۲۶ و ۸۲۷ و کمترین عملکرد دانه پس از ۱۵ روز تنش غرقاب در ژنوتیپ‌های ۱۱۴ و ۹۳۷ مشاهده شد. نتایج این آزمایش همچنین نشان داد شاخص‌های تحمل به تنش GMP، MP و STI همبستگی بسیار بالایی با عملکرد دانه در شرایط تنش دارند و می‌توان از این سه شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش و عدم تنش استفاده کرد. بر اساس شاخص‌های SSI، STI، MP و GMP ژنوتیپ‌های ۸۵۹، ۸۲۷ و ۳۲۶ مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها از میان ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: **تنش غرقابی، ژنوتیپ‌های متحمل، شاخص‌های تحمل به تنش، عملکرد دانه**

مقدمه

سویا جایگاه مهمی در بین گیاهان صنعتی در کشور و به‌خصوص در استان گلستان دارد، به‌طوری‌که بر اساس گزارش دفتر آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی (Agricultural Jihad Statistics, 2016)، کل سطح زیر کشت سویا در کشور در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ برابر ۸۰ هزار هکتار بوده است که از این سطح ۲۰۰ هزار تن دانه سویا تولید شده است. طی سال زراعی مذکور کشت سویا به‌طور عمده فقط در سه استان (گلستان، مازندران و اردبیل) صورت گرفته است. استان گلستان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ با اختصاص ۷۶ درصد از کل سطح زیر کشت سویای کشور و ۷۵ درصد از کل تولید دانه این محصول به خود در جایگاه نخست تولید سویا در کشور قرار دارد (Agricultural Jihad Statistics, 2016). این موضوع ازیک‌طرف نشان‌دهنده نقش مهم این محصول در زندگی و اقتصاد کشاورزان استان است و از طرف دیگر ضرورت انجام مطالعات گسترده در جهت رفع مشکلات

* نگارنده پاسخگو: سمیه حسنی. پست الکترونیک: hasani_s80@yahoo.com
www.SID.ir

Archive of SID

موجود در فرآیند تولید این محصول باارزش را نشان می‌دهد (Khadempir, 2013).

مشکل تنش غرقابی گریبان گیر حدود ۱۲ درصد از اراضی قابل‌کشت دنیا و تقریباً یک‌میلیون هکتار از اراضی زیر کشت ایران است (Heidari et al, 2013). این پدیده به دلیل افزایش بارندگی، بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی، تهیه نامناسب زمین، آبیاری بیش‌ازحد نیاز، سیلاب، نفوذپذیری پایین خاک و شیب کم به وجود می‌آید (Khadempir, 2013). در طول دوره غرقابی، تبادل گاز بین خاک و هوا تقریباً مختل می‌شود، چون انتشار گاز در آب ده هزار مرتبه کاهش می‌یابد (Galeshi et al, 2000). در این حالت اکسیژن موجود در خاک و ریزوسفر به‌وسیله ریشه تخلیه‌شده و خاک دارای مشکل کاهش یا فقدان اکسیژن می‌شود (Ghobadi et al, 2006). عامل اصلی تنش برای گیاه در خاک‌های غرقاب کمبود اکسیژن است (Brisson et al, 2002; Malekahmadi et al, 2005; Ashraf, 2012).

تنش غرقابی باعث کاهش وزن خشک گیاهچه، غلظت کلروفیل، غلظت پتاسیم برگ ژنوتیپ‌های گندم شد. کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوی کلروفیل و فعالیت آنزیم کاتالاز و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانت‌های پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، از دیگر اثرات تنش غرقاب بر گیاه گندم گزارش شده است (Rahnama et al, 2011). رابرستون و همکاران (Robertson et al, 2009) نشان داده‌اند که خروج پنجه‌های جدید به‌واسطه آب ماندگی در گندم تا ۹ روز به تأخیر می‌افتد و وزن خشک ساقه‌ها ۳۷ درصد و عملکرد دانه ۳۲ درصد نسبت به شاهد کمتر می‌شود. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که تنش غرقابی باعث کاهش عملکرد به میزان ۴۵- ۳۷ درصد در گندم (Rahnama et al, 2011)، ۳۵/۹ درصد در سویا (Jiang et al, 2008; Kadempir, 2013) و ۵۰-۲۰ درصد در کلزا (Chang et al, 2006; Rasouli et al, 2013) شده است. شدت اثرات غرقاب بر روی عملکرد گیاهان زراعی، بستگی به مرحله رشدی گیاه دارد (Yavas et al, 2012). گزارش‌های متعددی در رابطه با اثرات سوء تنش غرقاب بر گیاهان موجود است (Tourani, 2013; Kadempir, 2013; Kodabakhshi, 2014; Mazloum Striker, 2012; Nishiuchi et al, 2012; Gall et al, 2015; Hossain et al, 2011).

متخصصین فیزیولوژی معتقدند برای بازدهی بیشتر در اصلاح ژنوتیپ‌ها متحمل به تنش باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش مؤثرند شناسایی نموده و آن‌ها را علاوه بر عملکرد دانه به‌عنوان معیارهای انتخاب مورداستفاده قرارداد (Farshadfar et al, 2001). هدف اصلی این آزمایش‌ها انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که به هر دو شرایط فوق سازگار باشند. یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مقاومت، شاخص حساسیت به تنش (SSI) است که توسط فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) پیشنهاد شده است. هر چه مقدار این شاخص برای یک ژنوتیپ کمتر باشد، آن ژنوتیپ مقاومت بیشتری به تنش دارد. انتخاب بر اساس شاخص (SSI) باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد نسبتاً پایین در شرایط عادی و عملکرد بالا در شرایط تنش می‌گردد. به‌طورکلی ژنوتیپ‌های دارای شاخص حساسیت (SSI) بیشتر از یک، حساس قلمداد می‌شوند. روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص تحمل (TOL) را ارائه داد. مقادیر بالای شاخص تحمل (TOL) بیانگر حساسیت بیشتر به تنش بوده و هر چه مقدار آن کمتر باشد، مطلوب‌تر است. شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شدند. شاخص (GMP) حساسیت کمتری به اختلاف عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارد، بنابراین کمتر تحت تأثیر عملکرد نسبتاً بالا در یکی از محیط‌ها قرار می‌گیرد و معیار مناسبی برای تشخیص ژنوتیپ‌هایی با تولید مطلوب در هر دو محیط تنش و نرمال است. فرناندز و رینولدز (Fernandez and Reynolds, 2000) بر این عقیده بود که شاخص تحمل به تنش (STI) شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها جهت دستیابی به عملکرد بالا تحت شرایط تنش است. این شاخص، ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش هستند را از سایر گروه‌ها جدا می‌کند. بوسلاما و اسچاپااوگ (Bouslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری عملکرد (YSI) و گاووزی و همکاران (Gavuzzi et al, 1997) شاخص عملکرد را معرفی کردند. شاخص عملکرد (YI) موجب رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها برحسب میزان عملکرد تولیدی آن‌ها در محیط تنش می‌گردد. شاخص پایداری عملکرد (YSI) نشان‌دهنده میزان مقاومت ژنتیکی ژنوتیپ به تنش است، درنتیجه ژنوتیپی با میزان بالای شاخص عملکرد باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تولید نماید. خانقاه و همکاران (Khanghah et al, 2004) برای

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ در بین ۱۵ ژنوتیپ سویای وارداتی به تنش خشکی از شاخص‌های تحمل به تنش استفاده کردند. شیخ و همکاران (Sheikh et al, 2008) برای شناسایی ژنوتیپ‌های گندم متحمل به تنش غرقابی آزمایشی را به انجام رساندند. آن‌ها در بررسی خود در مرحله پر شدن دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان در استان گلستان نتیجه گرفتند که در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی گندم، ژنوتیپ مغان ازنظر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله در شرایط ماندابی در سطح بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفت.

تعیین پارامترهای حساسیت به غرقابی و سازوکارهای تحمل و بقای گیاهان و انتخاب روش‌های اصلاحی به توسعه بهتر فعالیت‌های مدیریتی در برابر تنش غرقابی کمک خواهد کرد (Khadempir, 2013). در زمان کشت سویا و به دنبال آن بارندگی‌های بهاره در زمان جوانه‌زنی و مراحل ابتدایی رشد سویا به‌خصوص در خاک‌های رسی که زهکشی پایینی دارند، مشکل غرقابی پیش می‌آید (Tuorani, 2013). وقوع تنش غرقاب در این مرحله موجب ایجاد گیاهچه‌های ضعیف، سطح برگ کم و وزن خشک ریشه کمتر در مزرعه می‌شود که این امر درنهایت باعث کاهش عملکرد و تولید دانه‌های چروکیده در مزرعه می‌شود (Yong et al, 2010). ازآنجاکه استان‌های گلستان، مازندران و گیلان از مناطق مهم تولید محصول سویا می‌باشند و با توجه به این‌که سویا به شرایط غرقابی حساس است نیز به علت بارندگی و شرایط غرقابی که در این استان‌ها معمول است. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش غرقابی دارای اهمیت فراوان است. در این راستا این آزمایش به‌منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف سویا به تنش غرقابی و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ به شرایط غرقاب بر اساس عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ به‌صورت گلدانی با گلدان‌هایی با دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌منظور بررسی تحمل به تنش غرقابی در ژنوتیپ‌های سویا با استفاده از صفات اجزای عملکرد، عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل و مقاومت به تنش انجام شد. کاشت تمام ژنوتیپ‌ها در ۲۰ اردیبهشت انجام شد؛ و آخرین تاریخ برداشت برابر ۱۷ آبان‌ماه بود. میزان بارش در طول فصل رشد برابر ۱۴۲ میلی‌متر بود. بالاترین دما در ۱۹ تیرماه (۴۲/۴ درجه سانتی‌گراد) اتفاق افتاد و کمترین دما در ۶ آبان (۶/۳ درجه سانتی‌گراد) بروز کرد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و دو فاکتور ۱- دوره تنش ۲- ژنوتیپ، انجام شد. فاکتور اول شامل دو سطح (۰ و ۱۵ روز غرقاب) و فاکتور دوم در ۳۱ سطح بر اساس جدول ۱ بود.تمام گلدان‌ها با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* تلقیح شدند. کودهای نیتروژن، پتاس، فسفر و عناصر ریزمغذی در حد مطلوب (حد معمول منطقه (یک مرحله محلول‌پاشی عناصر میکرو بعد شروع پر شدن دانه، ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌عنوان استارتر، ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار)) به خاک اضافه شد. زمان اعمال دوره غرقابی در مرحله رویشی (V5) بود.

در این آزمایش صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۶ بوته برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد انتخاب شدند. همچنین در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) سویا نیز محاسبه شد. بدین‌صورت که ابتدا ۶ بوته به داخل آزمایشگاه انتقال داده شد و در آون در دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شد و پس از ثابت شدن وزن بوته‌ها خارج‌شده و با ترازو (دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شدند و پس‌ازآن اجزای عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی برداشت از ۶ بوته برای اندازه‌گیری عملکرد دانه استفاده شد، در این مرحله تنها غلاف‌های بوته‌های سویا برداشت شد و پس‌ازآنتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از پوسته جداشده و با ترازو توزین شدند. در انتها شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به دست آمد (Khadempir, 2013).

در این آزمایش به‌منظور محاسبه شاخص‌های تحمل و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، از شاخص‌های زیر استفاده شد:

شدت تنش[1] (SI) (Fischer and Maurer, 1978):

[1] Stress Index

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مشخصات ژنوتیپ‌های مورداستفاده در این آزمایش (ژنوتیپ‌ها از مرکز تحقیقات کشاورزی ساری تهیه شد)

Table 1. Specifications of cultivars used in this experiment (cultivars from Sari Agricultural Research Center)

ردیف No	کد Code	اسم بانک ژن Genebank name	Genotype name	نام ژنوتیپ
1	114	us	Williams	ویلیامز
2	133	us	Clark63	کلارک ۶۳
3	139	us	Hill	هیل
4	184	us	Dayer	دایر
5	194	-	Gorgan3	گرگان ۳
6	202	germany	Dr.esycok	-
7	320	brazil	O32	O32
8	321	brazil	O33	O33
9	322	-	BP	بی پی
10	323	-	SAHAR	سحر
11	326	-	JK	ساری-جی کا
12	352	-	Burke	بورک
13	353	-	Burnette	-
14	434	USA	Rampage	-
15	443	USA	Coles	کولز
16	558	TU	ARCG558	-
17	564	TU	ARCG564	-
18	569	TU	ARCG569	-
19	572	TU	ARCG572	-
20	581	TU	ARCG581	-
21	793	TU	ARCG793	-
22	797	TU	ARCG797	-
23	813	TU	ARCG813	-
24	817	TU	ARCG817	-
25	823	TU	ARCG823	-
26	827	TU	ARCG827	-
27	859	DEU	Peragis St.	-
28	860	SUN	Vajva	-
29	864	DEU	BORA	بورا
30	937	BEL	Soja brun harif U 486	-
31	333	-	DPX	کتول

$$SI=1-(\bar{Y}s/\bar{Y}p) \quad [۱]$$

شاخص تحمل[۲] (TOL) (Rosielle and Hamblin, 1984):

$$TOL= (Yp-Ys) \quad [۲]$$

شاخص حساسیت به تنش[۳] (SSI) (Fischer and Maurer, 1978):

$$SSI= [1-(Ys/Yp)]/SI \quad [۳]$$

شاخص تحمل به تنش[۴] (STI) (Fernandez, 1992):

$$STI= (Yp.Ys)/(\bar{Y}p)^2 \quad [۴]$$

میانگین بهره‌وری[۵] (MP) (Rosielle and Hamblin, 1984):

$$MP= (Yp.Ys)/2 \quad [۵]$$

میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (Fernandez, 1992)

$$GMP= (Yp.Ys)^{1/2} \quad [۶]$$

[2] Tolerance Index
[3] Susceptible Stress Index
[4] Tolerance Index Stress
[5] Mean Productivity

www.SID.ir

Archive of SID

در این معادلات Yp عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys عملکرد ژنوتیپ در محیط دارای تنش، $\bar{Y}p$ متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، $\bar{Y}s$ متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش هستند.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش غرقاب، ژنوتیپ و اثر متقابل تنش غرقاب و ژنوتیپ بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین نتایج جدول ۲ نشان داد تعداد دانه در غلاف تنها تحت تأثیر معنی‌دار ژنوتیپ و تنش غرقاب بود و شاخص برداشت نیز تنها تحت تأثیر معنی‌دار ژنوتیپ و غرقاب قرار گرفت (جدول ۲).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش غرقاب و ژنوتیپ دامنه تغییرات تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ‌های مختلف در روز اول تنش غرقاب (شاهد بدون تنش غرقاب) بین ۶۶/۷ تا ۳۹/۹ عدد غلاف در بوته متغیر بود، به‌طوری‌که بیشترین تعداد غلاف در بوته در روز اول تنش غرقاب (شاهد بدون تنش غرقاب) در ژنوتیپ ۳۲۶ (۶۶/۶ عدد غلاف) و ژنوتیپ ۸۲۷ (۶۶/۷ عدد غلاف) مشاهده شد و کمترین تعداد غلاف در بوته در شرایط عدم تنش غرقاب در ژنوتیپ ۴۳۴ (۳۹/۹ عدد غلاف) به دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش غرقاب و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته نشان داد تنها ۵ ژنوتیپ تعداد غلافی بیشتر از ۶۰ عدد در بوته دارند و بیشتر ژنوتیپ‌ها بین ۵۰ تا ۶۰ عدد غلاف در بوته داشتند (جدول ۳). در ۱۵ روز تنش غرقاب دامنه تغییرات تعداد غلاف در بوته سویا بین ۳۴/۷ تا ۱۸/۷ عدد غلاف متغیر بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته سویا در شرایط ۱۵ روز تنش غرقاب در ژنوتیپ ۳۲۶ (۳۴/۷ عدد غلاف) و کمترین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ ۱۱۴ (۱۸/۷ عدد غلاف) مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تنش غرقاب و ژنوتیپ بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا

Table 2. Analysis of variance effect of flooding stress and cultivar on yield components, seed yield and biological yield of soybeans

S.O.V منابع تغییر	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن صد دانه 100-seed wieght	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	شاخص برداشت Harvest index
تنش غرقاب Flooding stress (F.S)	1	23108.3**	8376.6**	32834.0**	663.4**	0.036*	0.4229**
ژنوتیپ Cultivar (C)	30	270.9**	85.1**	157.7**	28.7**	0.334**	0.0053**
غرقاب ×ژنوتیپ F.S× C	30	36.2**	9.6**	22.5**	1.3*	0.043ns	0.0008 ns
خطا Error	124	8.4	2.4	6.2	0.7	0.055	0.0008
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		6.0	8.0	6.2	5.3	9.2	7.2

ns غیر معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

ns, * and **, non significance and significance at 5 and 1% level, respectively.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تنش غرقاب توانسته است به‌شدت تعداد غلاف در بوته سویا را کاهش دهد و باعث شود طی ۱۵ روز تنش غرقاب تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ‌ها مختلف ۴۳ تا ۵۷/۵ درصد کاهش پیدا کند. این امر نشان-دهنده آن است که تقریباً در تمام ژنوتیپ‌ها تنش غرقاب بعد از ۱۵ رو تقریباً ۵۰ درصد و بیشتر تعداد غلاف در بوته را کاهش داده است. همچنین بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش غرقاب دامنه تغییرات وزن صد دانه سویا بین ۱۸/۹ تا ۱۰/۸ گرم متغیر بود، بیشتر ژنوتیپ‌های سویا موردمطالعه در این آزمایش در شرایط بدون تنش غرقاب وزن صددانه‌ای بین ۱۷ الی ۲۰ گرم داشتند. بیشترین وزن صد دانه سویا در شرایط بدون تنش غرقاب در

www.SID.ir

Archive of SID

ژنوتیپ ۳۲۶ (۱۸/۹ گرم) و کمترین وزن صد دانه سویا در ژنوتیپ ۱۱۴ (۱۰/۸ گرم) مشاهده شد. محققان بیان کرده‌اند تنش غرقاب با کاهش سطح برگ، کلروفیل برگ، کاهش سطح ریشه و دلایل دیگر ابتدا باعث کاهش رشد و فتوسنتز گیاه زراعی شده و پس‌ازآن اجزای عملکرد را کاهش می‌دهند. درواقع تنش غرقاب مستقیماً بر اجزای عملکرد اثر نمی‌گذارد در ابتدا باعث کاهش شاخص‌های رشدی و صفات ظاهری (مورفولوژیک) گیاه زراعی شده، سپس باعث کاهش اجزای عملکرد می‌شود (Tourani, 2013; Rasouli, 2011; Kadempir, 2013). سلیمان و همکاران (Suleiman et al, 2007) بیان کردند شاخص‌های رشدی در لگوم‌ها و غلات زمستانه (باقلا، نخود، نخود علوفه‌ای، یولاف، باقلای مصری زرد، باقلای مصری باریک برگ، عدس) در شرایط تنش غرقاب به‌شدت افت پیدا می‌کند. مطابق نتایج ایشان طی دوره غرقاب محتوای نیتروژن بخش هوایی گیاهان نیز به‌شدت کاهش پیدا می‌کند، مجموع این عوامل باعث کاهش اجزای عملکرد و پس‌ازآن کاهش عملکرد گیاه زراعی شد.

مطابق نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف، بیشترین تعداد غلاف در بوته به ترتیب در ژنوتیپ ۳۳۳ با ۳/۱ عدد دانه در غلاف و در ژنوتیپ‌های ۸۲۷ و ۳۲۶ با ۳ عدد دانه در غلاف مشاهده شد. کمترین تعداد دانه در غلاف سویا در ژنوتیپ ۴۳۴ با ۲/۱ عدد دانه در غلاف به دست آمد (جدول ۴). بیشتر ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش تعداد دانه در غلافی بین ۲/۲ تا ۲/۶ داشتند و ازاین‌جهت بین ژنوتیپ‌ها اختلاف چندانی وجود نداشت.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش غرقاب و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا

Table 3. Comparison of the effect of Flooding stress and cultivar on pod number per plant, 100 seed weight, seed yield and biological yield of soybean

تنش غرقاب (روز) Flooding stress (day)	کد ژنوتیپ Code cultivar	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن صد دانه 100 seed weight	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant
0	**114**	46.1 mn	18.6 m	14.8 lm	43.8 lmn
0	**133**	59.4 defgh	22.1 jkl	18.8 bcdefg	54.0 defgh
0	**139**	59.8 defgh	28.9 cdef	18.9 bcdef	55.4 defgh
0	**184**	61.9 defg	27.4 efg	19.6 bcde	56.0 def
0	**194**	63.9 cd	28.6 def	20.2 b	57.3 cd
0	**202**	63.0 cde	27.1 efgh	19.9 bcd	56.6 de
0	**320**	62.8 cde	27.4 ef	19.9 bcd	56.3 de
0	**321**	63.6 cd	28.5 def	20.1 bc	57.2 cd
0	**322**	62.4 cdef	26.5 fghi	19.7 bcd	55.7 defg
0	**323**	54.0 a	24.0 ij	17.2 ghijk	51.4 fghij
0	**326**	76.1 a	35.3 a	23.8 a	66.7 a
0	**352**	62.9 cde	30.5 cd	19.9 bcd	55.7 defg
0	**353**	57.9 efghi	28.3 def	18.4 cdefgh	51.5 fghij
0	**434**	43.3 n	18.6 m	14.0 m	39.9 n
0	**443**	52.2 jlk	21.9 jkl	16.7 ijk	46.9 jklm
0	**558**	55.9 hijk	24.3 hij	17.8 fghij	50.3 hijk
0	**564**	53.3 ijkl	22.6 jk	17.0 hijk	48.2 ijkl
0	**569**	56.8 ghij	23.6 ij	18.1 efghij	51.1 ghijk
0	**572**	57.5 fghij	24.4 ghi	18.3 defghi	52.3 efghi
0	**581**	51.3 kml	23.7 ij	16.4 jkl	46.7 lmk
0	**793**	63.0 cde	30.1 cde	19.9 bcd	55.6 defg
0	**797**	53.0 ijkl	21.6 jkl	16.9 hijk	47.2 jklm
0	**813**	67.7 bc	31.7 bc	18.6 bcdefgh	61.4 bc
0	**817**	56.0 hijk	23.7 ij	17.8 fghij	51.2 ghijk
0	**823**	64.1 cd	30.6 cd	20.2 b	53.5 defgh
0	**827**	74.7 a	34.7 a	23.4 a	66.7 a
0	**859**	72.7 ab	35.1 a	22.8 a	63.3 ab
0	**860**	48.1 lmn	19.6 klm	16.0 kl	44.4 lmn
0	**864**	46.7 mn	19.4 lm	15.8 kl	42.6 mn
0	**937**	44.3 n	19.4 lm	15.0 lm	42.9 mn
0	**333**	73.6 a	33.9 ab	23.1 a	64.5 ab

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued.

تنش غرقاب (روز) Flooding stress (day)	کد ژنوتیپ Code cultivar	عملکرد بیولوژیک biological yield	عملکرد دانه seed yield	وزن صد دانه 100 seed weight	تعداد غلاف در بوته pod number per plant
15	114	29.8 lk	7.7 o	10.9 m	18.7 l
15	133	36.5 efgh	9.5 lmno	13.8 fghi	23.3 cdef
15	139	36.4 efghi	13.8 cdefg	15.2 defg	31.5 cd
15	184	37.7 defg	12.0 defghi	14.4 defg	24.0 cd
15	194	39.4 cde	12.8 cdefgh	15.6 def	27.2 cd
15	202	38.2 def	12.0 efghijk	15.1 def	23.7 cdef
15	320	39.1 cde	12.1 fghijk	15.2 defg	24.6 c
15	321	41.1 bcd	14.4 cde	15.7 de	28.2 bc
15	322	38.0 def	12.6 defghij	15.8 de	27.2 cd
15	323	33.8 ghijk	11.4 hijkl	13.4 ijk	24.0 cdefgh
15	326	46.6 a	21.0 a	18.9 a	34.7 a
15	352	36.5 efghi	14.8 cd	15.4 def	27.1 bc
15	353	38.0 def	13.8 cdefg	14.2 ghij	26.4 cdefg
15	434	36.6 efg	7.9 no	10.9 m	19.9 jk
15	443	29.9 kl	10.4 klmn	13.2 jk	23.7 fghijk
15	558	38.9 cde	12.4 fghijk	15.6 def	25.2 cdefghij
15	564	34.6 fghij	9.6 klmno	12.9 k	21.8 defghijk
15	569	36.3 efghi	10.7 kmjl	14.1 ghij	26.1 cdefgh
15	572	41.5 bcd	11.8 gkfijh	14.8 efgh	23.6 cdef
15	581	30.9 jk	10.2 ijkl	14.6 efgh	20.4 jk
15	793	38.1 def	14.0 cdef	15.8 de	26.8 cde
15	797	32.6 ijk	9.4 klmn	13.7 hijk	20.3 ghijk
15	813	40.9 bcd	15.5 bc	17.2 c	31.8 a
15	817	32.7 ijk	10.6 ghijkl	15.5 def	22.6 cdefghi
15	823	37.9 edf	11.7 cd	16.2 cd	26.4 cdef
15	827	44.8 ab	20.1 a	18.3 ab	33.2 a
15	859	42.7 abc	18.7 ab	17.7 b	31.4 ab
15	860	30.3 k	8.8 o	12.9 k	21.4 fghijk
15	864	26.1 l	8.9 o	12.7 kl	20.8 k
15	937	26.2 l	7.7 o	11.7 lm	20.5 hijk
15	333	44.2 ab	17.5 b	18.0 ab	32.8 a

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

The mean of the same letters in each column is not significant at 5% probability level

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر تنش غرقاب بر تعداد دانه در غلاف تنش غرقاب باعث کاهش ۷/۶ درصدی در تعداد دانه در غلاف سویا شد، به‌طوری‌که تعداد دانه در غلاف سویا در شرایط بدون تنش غرقاب و تنش غرقاب به ترتیب برابر ۲/۶ و ۲/۴ بود (جدول ۵). دیویس و همکاران (Davies et al, 2000) با مطالعه اثر تنش غرقاب بر باقلای مصری بیان کردند تنش غرقاب باعث کاهش تبادل گازی برگ شده و با افزایش مدت تنش غرقاب روزنه‌ها بسته‌شده و درنهایت باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه می‌شوند، این امر درنهایت کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را باعث شد. اسمیتروس و همکاران (Smethurst et al, 2005) در تحقیقی اثر تنش غرقاب بر یونجه را موردبررسی قرار دادند ایشان بیان کردند عناصر غذایی موجود در برگ به‌ویژه نیتروژن در گیاه یونجه در مواجهه با تنش غرقاب به‌شدت کاهش پیدا می‌کند، ایشان همچنین بیان کردند تنش غرقاب باعث کاهش شدید در محتوای کلروفیل برگ نسبت به شاهد شد که درنهایت تولید مواد فتوسنتزی کاهش پیدا کرد و عملکرد بیولوژیک با افت شدید مواجه شد، ایشان بیان کردند تعداد شاخه در بوته و تعداد نیام در بوته یونجه بذری در اثر تنش غرقاب به‌شدت کاهش پیدا کرد. غرقابی موجب تغییراتی در اجزای عملکرد، ظرفیت غلاف، عملکرد زیستی و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Rasouli, 2011). بنگ و همکاران (Bange et al, 2004) در پنبه گزارش نمودند که تنش غرقابی تعداد غوزه‌ها را کاهش داده و درنهایت سبب کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد گردید. کاهش در تعداد غوزه‌ها متناسب با کاهش در سطح برگ، دریافت نور و تولید ماده‌ی خشک در گیاه بود. پالتا و همکاران (Palta et al, 2010) در نخود گزارش نمودند که تنش غرقابی وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف را کاهش داد.

استودارد و همکاران (Stoddard et al, 2006) بیان کردند مناسب‌ترین راه برای غربالگری در رابطه با تنش-های محیطی غیرزنده استفاده از ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های متفاوت است که بر این اساس ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های حساس، نیمه حساس و متحمل شناسایی شوند. نتایج آزمایش اثر ماندابی روی ژنوتیپ‌های مختلف ماش نشان داد که ماندابی باعث کاهش ماده خشک و تسهیم آن‌ها شد که درنهایت موجب کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه گردید. این کاهش در ژنوتیپ‌های حساس بیشتر از ژنوتیپ‌های مقاوم بود. همچنین در همه ژنوتیپ‌ها، ماندابی باعث جلوگیری از گلدهی، غلاف‌دهی و افزایش پژمردگی در گل‌ها و غلاف‌ها شد. تعداد گل و غلاف در ژنوتیپ حساس ماش بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت و در ژنوتیپ مقاوم، ماندابی بیشتر باعث پژمردگی جوانه‌های گل و غلاف شد (Kumar et al, 2013). حاجی-مرادخانی (Hajimoradkhani, 2016) در پژوهشی اثر تنش غرقاب را بر خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌ها غالب سویا در استان گلستان (ویلیامز، گرگان ۳، سحر، کتول، ساری) موردبررسی قرار دادند، ایشان بیان کردند تنش غرقاب به‌طور معنی‌داری تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا را کاهش داد. ایشان بیان کردند ژنوتیپ‌های که توانسته بودند طی تنش غرقاب سطح برگ بیشتری را حفظ کنند درنهایت اجزای عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌ها دیگر داشتند. ایشان نتیجه گرفتند تمام ژنوتیپ‌ها موردمطالعه بین ۷۰ تا ۴۰ درصد کاهش در اجزای عملکرد طی تنش غرقاب داشتند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد ژنوتیپ‌های مورداستفاده در این مطالعه واکنش متفاوتی در برابر تنش غرقاب داشتند به-طوری‌که تعداد غلاف در بوته بین ۴۳ تا ۵۸ درصد، تعداد دانه در غلاف ۰ تا ۱۷ درصد و وزن صد دانه بین ۷ تا ۲۷ درصد کاهش پیدا کرد. بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد ژنوتیپ‌های مختلف دارای واکنش مختلف در برابر تنش غرقاب می‌باشند و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های متحمل طی ۱۵ روز تنش غرقاب کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند. نکته مهم در رابطه با تغییرات اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف طی تنش غرقاب این مورد است که تنش غرقاب در ابتدا باعث کاهش شدید در تعداد غلاف در بوته ژنوتیپ‌های مختلف شده و پس‌ازآن به مقدار کمتر ابتدا تعداد دانه در غلاف را کاهش داده و در ادامه وزن صد دانه سویا را کاهش می‌دهد. ازاین‌رو برای انتخاب ژنوتیپ مناسب متحمل به شرایط غرقاب باید ابتدا ژنوتیپ‌هایی که دارای اجزای عملکرد دانه بالاتری هستند را انتخاب کرد.

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش غرقاب، ژنوتیپ و اثر متقابل تنش غرقاب و ژنوتیپ بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین نتایج جدول ۲ نشان داد تنها اثر ژنوتیپ و تنش غرقاب بر شاخص برداشت سویا معنی‌دار بود (جدول ۲).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش غرقاب و ژنوتیپ بر عملکرد دانه سویا در ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش عملکرد دانه سویا در شرایط بدون تنش بین ۱۸/۶ الی ۳۵/۳ گرم در بوته متغیر بود. این دامنه تغییرات نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مورداستفاده دارای عملکردهای بسیار متفاوتی می‌باشند که می‌تواند برای غربالگری و کشت ژنوتیپ‌های پر محصول بسیار مفید باشد. در شرایط بدون تنش غرقاب بیشترین عملکرد دانه در ژنوتیپ ۳۲۶ با ۳۵/۳ گرم در بوته و کمترین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های ۴۳۴ و ۱۱۴ با عملکرد ۱۸/۶ گرم در بوته مشاهده شد (جدول ۳). بیشتر ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش عملکرد دانه‌ای بین ۲۰ تا ۳۰ گرم در بوته و تعداد کمی از ژنوتیپ‌ها عملکردی بالای ۳۰ گرم در بوته داشتند (جدول ۳). اعمال ۱۵ روز تنش غرقاب باعث کاهش ۴۰ تا ۶۲ درصدی در عملکرد دانه سویا شد. تنها ۲ ژنوتیپ طی ۱۵ روز تنش غرقاب کاهش عملکردی کمتر از ۴۵ درصد داشتند سایر ژنوتیپ‌ها طی این مدت تنش غرقاب بالای ۴۵ درصد کاهش عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۳). این امر نشان‌دهنده آن است که تقریباً تمام ژنوتیپ‌ها سویا به‌صورت شدیدی تحت تأثیر اثرات مخرب تنش غرقاب قرار می‌گیرند و باعث می‌شود عملکرد دانه طی ۱۵ روز تنش غرقاب به‌شدت افت کند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت سویا

Table 4. Comparison of mean effect of cultivar on number of seeds per pod and soybean harvest index

کد ژنوتیپ Code cultivar	شاخص برداشت Harvest index	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
114	0.31 ^{n}	2.2 ^{hi}
133	0.33 ^{m}	2.4 ^{defgh}
139	0.43 ^{bcde}	2.5 ^{efg}
184	0.40 ^{efghi}	2.6 ^{cdef}
194	0.39 ^{efghij}	2.7 ^{cde}
202	0.38 ^{ijk}	2.6 ^{cde}
320	0.38 ^{hijk}	2.6 ^{cde}
321	0.40 ^{efghi}	2.9 ^{abc}
322	0.39 ^{efghij}	2.7 ^{cde}
323	0.40 ^{efghi}	2.4 ^{defg}
326	0.46 ^{abc}	3.0 ^{ab}
352	0.45 ^{abcd}	2.6 ^{def}
353	0.43 ^{bcde}	2.5 ^{defgh}
434	0.34 ^{lm}	2.1 ^{i}
443	0.39 ^{egfhijk}	2.4 ^{defghi}
558	0.38 ^{ijkl}	2.4 ^{defgh}
564	0.37 ^{ijk}	2.3 ^{defghi}
569	0.36 ^{klm}	2.5 ^{defgh}
572	0.36 ^{klm}	2.4 ^{defgh}
581	0.42 ^{defg}	2.3 ^{defghi}
793	0.42 ^{defg}	2.6 ^{def}
797	0.37 ^{ijk}	2.3 ^{defghi}
813	0.42 ^{cdef}	2.5 ^{defg}
817	0.39 ^{efghij}	2.4 ^{defgh}
823	0.44 ^{bcd}	2.5 ^{defg}
827	0.46 ^{ab}	3.1 ^{ab}
859	0.48 ^{a}	2.8 ^{bcd}
860	0.36 ^{klm}	2.4 ^{defghi}
864	0.38 ^{ijk}	2.3 ^{ghi}
937	0.39 ^{efghij}	2.2 ^{ghi}
333	0.48 ^{a}	3.0 ^{a}

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

The mean of the same letters in each column is not significant at 5% probability level

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر تنش غرقاب بر تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت سویا

Table 5. Comparison of mean effect of Flooding stress on number of seeds per pod and soybean harvest index.

تنش غرقاب روز	شاخص برداشت Harvest index	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
0	0.44 ^{a}	2.6^{a}
15	0.34^{b}	2.4^{b}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

The mean of the same letters in each column is not significant at 5% probability level

در شرایط بدون تنش غرقاب بیشترین عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ‌های ۳۲۶، ۸۲۷، ۳۲۳ و ۳۳۳ مشاهده شد که به ترتیب دارای عملکرد بیولوژیک ۷۶/۱، ۸۲۷، ۷۴/۰ و ۷۳/۵ گرم در بوته بودند، کمترین عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون تنش غرقاب در ژنوتیپ‌های ۹۳۷ و ۴۳۴ به دست آمد که به ترتیب ۴۴/۲ و ۴۳/۳ گرم در بوته بود. بیشتر ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش عملکرد بیولوژیکی بین ۵۵ تا ۶۵ گرم در بوته در شرایط طبیعی داشتند (جدول ۳). در ۱۵ روز

www.SID.ir

Archive of SID

تنش غرقاب ژنوتیپ‌های مختلف کاهش ۱۵/۴ تا ۴۴ درصدی در عملکرد بیولوژیک داشتند. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیک در ۱۵ روز تنش غرقاب در ژنوتیپ ۳۲۶ برابر ۴۶/۶ گرم در بوته بود و کمترین عملکرد بیولوژیک در ۱۵ روز تنش غرقاب برابر ۲۶/۱ بود و در ژنوتیپ‌های ۸۶۴ و ۹۳۷ مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد دامنه تغییرات شاخص برداشت بین ۰/۳۱ الی ۰/۴۸ است. بیشترین شاخص برداشت در ژنوتیپ-های ۳۳۳ و ۸۵۹ مشاهده شد و کمترین شاخص برداشت مربوط به ژنوتیپ‌ها ۱۱۴، ۱۳۳ و ۴۳۴ بود (جدول ۴). همچنین نتایج جدول ۵ نشان داد طی تنش غرقاب شاخص برداشت سویا از ۴۸ درصد به ۳۸ درصد کاهش پیدا می‌کند.

تنش غرقابی ازجمله تنش‌هایی است که بر گیاهان وحشی و زراعی اثرگذار بوده و محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی به‌خصوص در نواحی مرطوب است. خادم‌پیر (Khadempir, 2013) و تورانی (Tourani, 2013) افت شدید عملکرد را در سویا ناشی از تنش غرقاب گزارش کردند. آن‌ها همچنین اعلام داشتند، هر چه تنش نزدیک‌تر به مرحله زایشی اتفاق بیافتد میزان خسارت آن بر عملکرد بیشتر خواهد بود. در گیاه لوبیا نیز، ماندابی باعث کاهش رشد، ماده خشک کل، میزان فتوسنتز و تشکیل غلاف شد (Cleik and Turhan, 2011). در نخود ماندابی ۱۲ روزه بعد از ۲۶ روز کاشت (مرحله رویشی) باعث کاهش عملکرد دانه برای ژنوتیپ کابلی ۵۴ درصد و ژنوتیپ دسی ۴۴ درصد شد (Romina et al, 2014). در ماش ماندابی ۹ روزه باعث کاهش فتوسنتز به میزان ۶۳ درصد و عملکرد دانه به مقدار ۵۲ درصد شد (Palta et al, 2010). مسگریو و دینگ (Musgrave and Ding, 2002) در گندم تحت تنش غرقابی بیان نمودند که غرقابی منجر به کاهش سطح برگ، سرعت رشد آن و کاهش عملکرد دانه می‌گردد. همچنین این محققین در تحقیقی مشابه کاهش ۴۵ درصدی در عملکرد گندم را اعلام نمودند، آن‌ها بیان نمودند که تعداد دانه مهم‌ترین جزء عملکرد است که تحت تأثیر تنش غرقابی قرار می‌گیرد. قبادی و همکاران (Ghobadi et al, 2006) گزارش کردند که دوره‌های مختلف تنش غرقابی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) در سه مرحله رشدی یک‌برگی، سه برگی و شروع ساقه رفتن در گندم، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت را کاهش داد. مطالعه تنش غرقاب بر شبدر زیرزمینی در منطقه گرگان نشان داد که غرقابی موجب کاهش ۱۶۰۸ کیلوگرم در هکتار ماده‌ی خشک و ۶۳/۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت‌شده در بافت گیاه گردید (Galeshi et al, 2000). نجفی و همکاران (Najafi et al, 2012) در ذرت علوفه‌ای کاهش عملکرد را طی تنش غرقاب گزارش کردند. حاجی مرادخانی و همکاران (Hajimoradkhani, 2016) با بررسی اثر تنش غرقاب بر عملکرد دانه و بیولوژیک ژنوتیپ-های مختلف سویا بیان کردند تنش غرقاب در تمام ژنوتیپ-های موردمطالعه باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا شد. ایشان دلیل این امر را در ابتدا کاهش اجزای عملکرد دانه سویا به‌خصوص تعداد غلاف در بوته بیان کردند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا طی تنش غرقاب در ژنوتیپ‌ها مختلف به‌طور متفاوتی تغییر می‌کند، بدین‌صورت که در ژنوتیپ‌های مختلف عملکرد دانه بین ۴۰ تا ۶۲ درصد و عملکرد بیولوژیک بین ۱۵/۴ تا ۴۴ درصد طی ۱۵ روز تنش غرقاب کاهش پیدا کرد. درواقع این امر نشان‌دهنده آن است که ژنوتیپ‌های مختلف در مواجهه با تنش غرقاب تحمل متفاوتی دارند، بنابراین باید برای مکان‌هایی که احتمال وقوع تنش غرقاب وجود دارد از ژنوتیپ‌هایی که طی تنش غرقاب کمتر دچار کاهش عملکرد بیولوژیک و دانه می‌شوند استفاده کرد.

شاخص‌های مقاومت و تحمل به تنش

محققان بیان کرده‌اند برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش‌های محیطی تنها اندازه‌گیری عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش کافی نیست و می‌توان برای دقت بیشتر برای غربالگری ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش‌های محیطی از شاخص‌های تحمل و مقاومت به تنش استفاده کرد تا با کارایی و دقت بیشتری ژنوتیپ‌های گیاه زراعی ازنظر تنش موردنظر غربال شوند (Yong et al, 2010; Stoddard et al, 2006; Farshadfar et al, 2000; Talebi et al, 2009). بر این اساس در این آزمایش نیز علاوه بر بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش شاخص‌های مقاومت و تحمل به تنش نیز موردبررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ بر شاخص‌های مقاومت به تنش و تحمل به تنش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین کمترین مقدار برای شاخص TOL در ژنوتیپ‌های ۸۶۴، ۸۶۰، ۴۳۴ و ۱۱۴

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده شد که به ترتیب برابر ۱۰/۵، ۱۰/۸، ۱۰/۷ و ۱۰/۹ بودند.

بیشترین مقدار برای شاخص TOL در ژنوتیپ ۸۲۳ مشاهده شد که برابر ۱۸/۹ بود (جدول ۷). در رابطه با شاخص TOLبیان شده است، هر چه شاخص TOL برای ژنوتیپی بیشتر باشد آن ژنوتیپ به تنش حساس‌تر است و هر چه ژنوتیپی شاخص TOL کمتری داشته باشد مقاومت بیشتری نسبت به تنش دارد.

نتایج این آزمایش نشان داد ۱۱ ژنوتیپ از ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش شاخص TOL کمتر از ۱۳ دارند که به کمترین شاخص TOL موجود در بین ژنوتیپ‌ها (۱۰/۵) نزدیک‌تر است و سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه شاخص TOL بالای ۱۳ دارند، همچنین باید بیان کرد میانگین ژنوتیپ‌های مختلف ازنظر شاخص TOL ۱۳/۸ بود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت بیشتر ژنوتیپ‌ها ازنظر شاخص TOL حساس به تنش غرقاب می‌باشند. محققان بیان کرده‌اند ژنوتیپ‌هایی که شاخصSSI بیشتری از ۱ داشته باشند حساس به تنش محسوب می‌شوند (Farshadfar et al, 2000; Talebi et al, 2009). بنابر نتایج مقایسه میانگین تنها ۳ ژنوتیپ شاخصSSI کمتری از ۱ دارند، پس با توجه به نتایج مقایسه میانگین برای شاخص SSI بیشتر ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش ازنظر شاخص SSI حساس به تنش می‌باشند، البته باید به این نکته توجه داشت که ۶ ژنوتیپ نیز دارای شاخص SSI بین ۱ تا ۱/۰۸ داشتند که نیمه حساس به تنش محسوب می‌شوند. همچنین باید عنوان کرد ۱۴ ژنوتیپ شاخص SSI کمتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها برای شاخص SSI (12/1) داشتند (جدول ۷).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین مقدار برای شاخص STI در ژنوتیپ‌های ۸۳۷، ۸۵۹ و ۳۲۶ مشاهده شد که به ترتیب دارای شاخص STI برابر ۱/۰۲، ۰/۹۵ و ۱/۰۹ بودند. کمترین مقدار برای شاخص STI در ژنوتیپ-های ۱۱۴، ۴۳۴، ۸۶۰، ۸۶۴ و ۹۳۷ به ترتیب با شاخص STI برابر ۰/۲۱، ۰/۲۱، ۰/۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۲۲ مشاهده شد. در رابطه با شاخص STI بیان شده است مقدار بالا برای این شاخص نشان‌دهنده تحمل بیشتر این ژنوتیپ‌ها در برابر تنش است. بر اساس نتایج این آزمایش فقط ۱۴ ژنوتیپ شاخص STI بالاتر یا مساوی ۰/۴۹ داشتند و مابقی ژنوتیپ‌ها دارای شاخص STI کمتر از ۰/۴۹ بودند، این امر نشان دنده آن است که ازنظر شاخص STI بیشتر ژنوتیپ‌های سویا موردمطالعه در این آزمایش دارای حساسیت نسبت به تنش غرقاب می-باشند (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد مقدار شاخص MP و GMP برای ژنوتیپ‌های مختلف تقریباً مشابه است. بیشترین مقدار برای شاخص‌های MP و GMP در ژنوتیپ‌های ۳۲۶، ۸۳۷،۸۵۹ و ۳۲۳، کمترین مقدار برای شاخص-های MP و GMPدر ژنوتیپ‌های ۹۳۷، ۸۶۴، ۴۳۴ و ۱۱۴ مشاهده شد. در رابطه با شاخص‌های MP و GMP بیان شده است ژنوتیپ‌هایی که دارای مقدار بیشتری از شاخص MP و GMPباشند، نسبت به تنش مقاوم‌تر می‌باشند. ازنظر این دو شاخص تنها ۴ ژنوتیپ دارای مقاومت بالا نسبت به تنش غرقاب بودند (جدول ۷).

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ بر شاخص‌های تحمل و مقاومت به تنش (شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP))

Table 6. Analysis of variance of cultivar on tolerance and stress resistance indices (Tolerance Index (TOL), Stress Sensitivity Index (SSI), Stress Tolerance Index (STI), Maen Productivity (MP), Geometric Productivity Mean (GMP))

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	GMP	MP	STI	SSI	TOL
Cultivar	ژنوتیپ	1	51.86**	19433**	0.16**	0.029**	12.82**
Error	خطا	30	3.45	1276	0.01	0.015	2.53
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	10.3	20.0	20.0	11.1	11.2

** significance at 5 and 1% level

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر شاخص‌های تحمل و مقاومت به تنش (شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP))

Table 7. Comparison of the mean of the effect cultivar on tolerance and stress resistance indices (Tolerance Index (TOL), Stress Sensitivity Index (SSI), Stress Tolerance Index (STI), Maen Productivity (MP), Geometric Productivity Mean (GMP)

کد ژنوتیپ Code cultivar	GMP	MP	STI	SSI	TOL
114	12.0 ^{p}	71.8 ^{q}	0.21^{o}	1.24^{abc}	10.9^{i}
133	14.5 ^{mnop}	105.3^{mnopq}	0.31^{lmno}	1.21^{abcd}	12.6^{efghi}
139	20.0 ^{cdef}	199.4^{defgh}	0.58^{defgh}	1.11 ^{abcde}	15.1^{bcde}
184	18.1^{efghijk}	165.37^{fghijkl}	0.48 ^{fghijk}	1.19^{abcd}	15.4^{bcd}
194	19.2^{cdefgh}	183.5^{efghi}	0.53 ^{efghi}	1.17^{abcde}	15.8^{bc}
202	18.0^{efghijk}	162.27^{ghijklm}	0.47 ^{fghijkl}	1.18 ^{abcde}	15.1^{bcde}
320	18.2^{efghij}	167.17^{fghijk}	0.49 ^{efghij}	1.18 ^{abcde}	15.3^{bcd}
321	20.3^{cdef}	206.1^{defg}	0.60^{defg}	1.04^{cdefg}	14.0^{bcdefgh}
322	18.3^{dfeghij}	169.7^{efhgijk}	0.49^{efghij}	1.11 ^{abcde}	13.9 ^{bcdefgh}
323	16.5^{hijklm}	136.^{8iomlknj}	0.40^{iklmj}	1.11^{abcde}	12.6^{feihg}
326	27.2^{a}	374.1^{a}	1.09^{a}	0.86^{g}	14.3 ^{bcdefg}
352	21.2^{cd}	226.1^{de}	0.66^{de}	1.09^{bcdef}	15.7^{bc}
353	19.8^{cdefg}	196.7^{defgh}	0.57 ^{defgh}	1.08 ^{bcdef}	14.5^{bcdefg}
434	12.1^{op}	73.5^{q}	0.21^{o}	1.21^{abcd}	10.7^{i}
443	15.1^{klmno}	114.9^{pqomlkn}	0.33^{jklmno}	1.11 ^{abcde}	11.5^{hi}
558	17.4^{efghijk}	151.27^{hijklmn}	0.44^{ghijkl}	1.03^{cdefg}	11.9^{ghi}
564	14.7^{lmnop}	108.6^{klmnopq}	0.32 ^{klmno}	1.22^{abcd}	13.0^{defghi}
569	15.8^{ijklmn}	126.3^{ijklmnopq}	0.37^{ijklnmo}	1.16 ^{abcde}	12.9 ^{defghi}
572	16.9^{ghijklm}	144.9 ^{hijklmno}	0.42^{hijklm}	1.10^{bcdef}	12.6^{efghi}
581	15.5^{jklmn}	122.2^{jklmnopq}	0.36 ^{jklmno}	1.21^{abcd}	13.5^{cdefgh}
793	20.5^{cde}	214.3^{def}	0.62^{def}	1.14 ^{abcde}	16.1^{b}
797	14.2^{mnop}	102.2^{nopq}	0.30^{mno}	1.21^{abcd}	12.3^{fghi}
813	22.1^{bc}	245.0^{cd}	0.71^{cd}	1.08^{bcdef}	16.2^{b}
817	15.8^{jklmn}	127.3^{ijklmnopq}	0.37^{ijklmno}	1.18 ^{abcde}	13.1^{defghi}
823	18.8^{defghi}	180.5^{higefj}	0.53^{efghij}	1.31^{a}	18.9^{a}
827	26.4^{a}	349.1^{a}	1.02^{ab}	0.89^{fg}	14.6f^{bcde}
859	25.5^{a}	327.4^{ab}	0.95^{ab}	0.98^{efg}	16.4^{b}
860	13.1^{nop}	86.8^{opq}	0.25^{no}	1.17 ^{abcde}	10.8^{i}
864	13.1^{nop}	86.5^{pq}	0.25^{no}	1.15 ^{abcde}	10.5^{i}
937	12.2^{op}	75.3^{q}	0.22^{o}	1.28^{ab}	11.7^{hi}
333	24.4^{ab}	298.0^{a}	0.87^{bc}	1.02^{defg}	16.4^{ab}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

The mean of the same letters in each column is not significant at 5% probability level

به‌طورکلی بر اساس نتایج این آزمایش ازنظر شاخص‌های SSI، STI، MP و GMP ژنوتیپ‌های ۸۵۹، ۸۲۷ و ۳۲۶ دارای تحمل زیاد نسبت به تنش غرقاب می‌باشند؛ به‌عبارت‌دیگر ژنوتیپ‌های ۸۵۹، ۸۲۷ و ۳۲۶ ازنظر شاخص‌های SSI ، STI، MPو GMP مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها از میان ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش می‌باشند. ازنظر شاخص TOL ژنوتیپ‌های ۹۳۷، ۸۶۴، ۸۶۰، ۴۳۴ و ۱۱۴ ژنوتیپ‌های متحمل به تنش غرقاب بودند. محققان بیان کردند عملکرد دانه در گیاهان زراعی مهم‌ترین صفت و افزایش آن هدف اصلی بوده و موردتوجه زیاد اصلاح‌کنندگان گیاهان و فیزیولوژیست‌های گیاهان زراعی است (Sattar et al, 2003). عملکرد دانه تابع شرایط متعددی نظیر تاریخ کاشت، تراکم، مقدار کود، آبیاری، تیپ رشد، شرایط خاک و آب‌وهوا است. با تغییر این شرایط مقدار عملکرد ژنوتیپ‌ها تغییر می‌نماید، ولی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس از طریق شاخص‌های مقاومت و حساسیت مشکل چندانی ایجاد نمی‌شود؛ زیرا مبنای محاسبه شاخص‌ها، نسبت عملکرد در شرایط تنش و شرایط طبیعی است (Abdolshahi et al, 2010).

بهترین شاخص برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شاخصی است که در هر دو شرایط تنش و عادی دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه باشد (Khalilzadeh

www.SID.ir

Archive of SID

and Karbalaii, 2002). طالبی و همکاران (Talebi et al, 2009) و صادق‌زاده اهری (Sadeghzadeahari, 2006) بیان کردند اگر افزایش عملکرد در هر دو محیط عادی و تنش موردنظر اصلاح‌کننده باشد، بهتر است گزینش بر اساس سه شاخص STI، MP و GMP انجام شود. فرناندز (Fernandez, 1992) نشان داد که استفاده از شاخص‌های GMP و STI با توجه به همبستگی‌های معنی‌دار و بالای موجود بین آن‌ها و عملکرد دانه در محیط‌های تنش و عادی به‌عنوان شاخص‌های مناسبی برای تخمین پایداری عملکرد و گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا قابل توصیه هستند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد بیشترین همبستگی بین عملکرد پتانسیل با شاخص‌های STI و GMP به ترتیب با مقدار ۰/۹۴ و ۰/۹۶ است. همچنین بر اساس نتایج جدول ۸ بیشترین همبستگی بین عملکرد در محیط تنش با شاخص‌های GMP، STI و MP بود که به ترتیب برابر ۰/۹۸، ۰/۹۷ و ۰/۹۷ بود (جدول ۸). این همبستگی بالا بین شاخص‌های GMP، STI و MP با عملکرد دانه در شرایط تنش نشان‌دهنده این امر است که می‌توان از این سه شاخص با اطمینان بالا برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش غرقاب استفاده کرد. همبستگی بالا و معنی‌دار بین شاخص‌های GMP، MP و STI با عملکرد در شرایط تنش توسط محققان دیگر نیز بیان شده است (Shafazadeh et al, 2004; Hajimoradkhani, 2013; Farshadfar et al, 2000).

جدول ۸. ضرایب همبستگی بین عملکرد پتانسیل، عملکرد تنش و شاخص‌های تحمل به تنش

Table 8. Correlation coefficients between potential yield, stress yield and stress tolerance indexes

	Yp	Ys	TOL	SSI	STI	MP	GMP
Yp	1						
Ys	0.90**	1					
TOL	0.75**	0.39**	1				
SSI	-0.48**	-0.80**	0.19**	1			
STI	0.94**	0.97**	0.51**	-0.68**	1		
MP	0.90**	0.97**	0.50**	-0.68**	0.99**	1	
GMP	0.96**	0.98**	0.54**	-0.69**	0.98**	0.98**	1

ns غیر معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، Yp عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys عملکرد ژنوتیپ در محیط دارای تنش.

ns, * and **, non significance and significance at 5 and 1% level, respectively.

Tolerance Index (TOL), Stress Sensitivity Index (SSI), Stress Tolerance Index (STI), Maan Productivity (MP), Geometric Productivity Mean (GMP), Yp Cultivar yield in Non-stressful Environment, Ys Cultivar yield In a stressed environment,

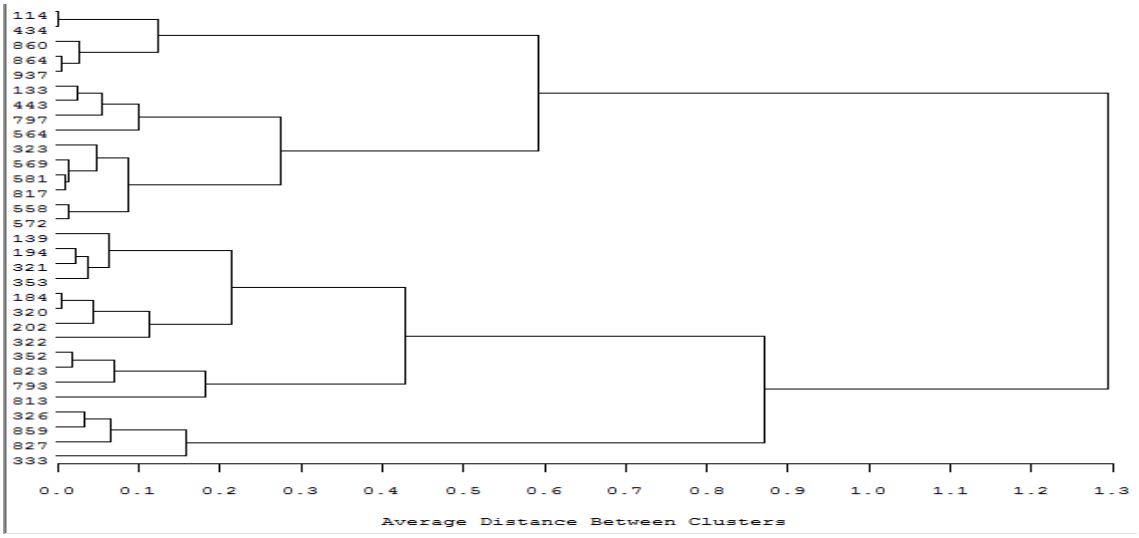
تجزیه کلاستر

نتایج تجزیه کلاستر برای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش نشان داد ژنوتیپ‌ها در فاصله میانگین ۰/۶ بین کلاسترها به ۳ گروه بزرگ تقسیم می‌شوند (شکل ۱) و پس‌ازآن در فاصله میانگین ۰/۳ بین کلاسترها ژنوتیپ‌ها به ۵ گروه بزرگ تقسیم شدند. بر اساس تجزیه کلاستر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های ۳۲۶، ۸۵۹، ۸۲۷ و ۳۳۳ که دارای عملکرد دانه بیشتری بودند در کمترین فاصله مکانی نسبت به یکدیگر قرار گرفتند و ژنوتیپ ۱۱۴ و ۴۳۴ با بیشترین فاصله از ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا قرار گرفتند. بر اساس نتایج شکل ۱ ژنوتیپ ۳۳۳ در فاصله ۰/۳ به‌تنهایی در یک خوشه قرار گرفت که نشان‌دهنده عملکرد دانه‌ی بالا برای این ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه است. در فاصله میانگین ۱ بین کلاسترها کل ژنوتیپ‌ها به دو دسته بزرگ تقسیم شدند که ۱۵ ژنوتیپ در خوشه ژنوتیپ‌ها با عملکرد پایین و ۱۶ ژنوتیپ در خوشه ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تقسیم‌بندی شدند (شکل ۱). در شرایط تنش در فاصله میانگین ۰/۵ بین کلاسترها ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا به دو خوشه مجزا و در فاصله ۰/۱ به ۴ خوشه مجزا تقسیم شدند (شکل ۲). ژنوتیپ‌های ۳۳۳ و ۸۵۹ در فاصله میانگین ۰/۲

www.SID.ir

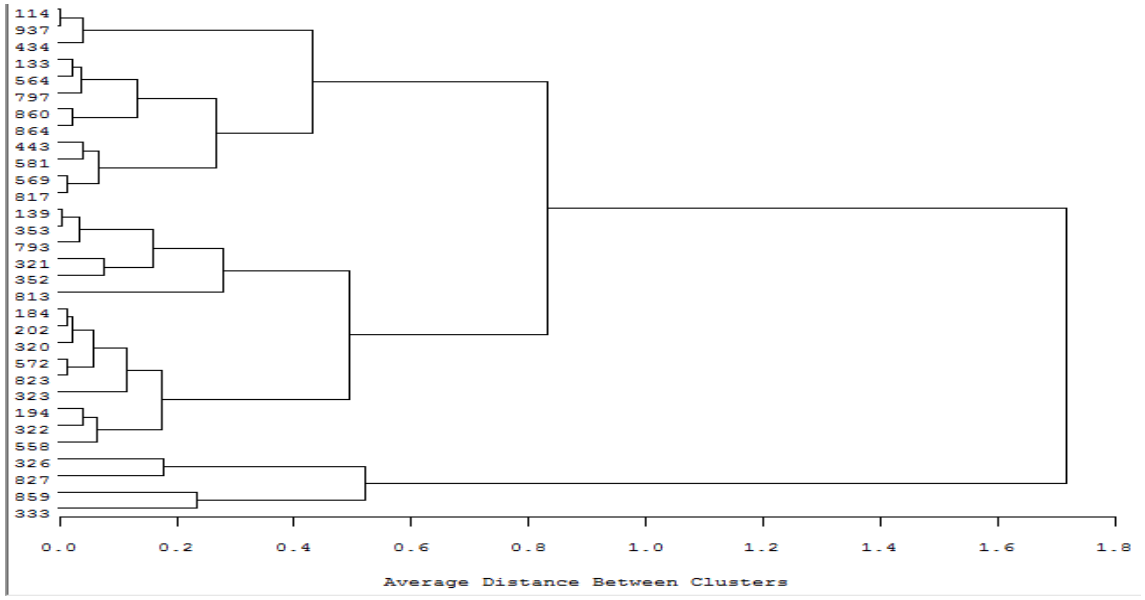
Archive of SID

به‌طور جداگانه در یک خوشه قرار گرفتند که نشان‌دهنده آن است که عملکرد این دو ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه بالاتر است. در فاصله میانگین ۰/۸ بین کلاسترها کل ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش به ۳ خوشه تقسیم شدند که ژنوتیپ‌های ۳۲۶، ۸۵۹، ۸۲۷ و ۳۳۳ در یک خوشه مجزا قرار گرفتند و سایر ژنوتیپ‌ها در دو خوشه مجزا دسته‌بندی شدند. این امر نشان‌دهنده آن است که ژنوتیپ-های ۳۲۶، ۸۵۹، ۸۲۷ و ۳۳۳ دارای عملکرد دانه بیشتر با اختلاف زیاد نسبت به سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه پس از ۱۵ روز تنش غرقاب می‌باشند (شکل ۲). همچنین نتایج شکل ۲ نشان داد ژنوتیپ ۱۱۴ همانند شرایط بدون تنش در شرایط تنش نیز دارای کمترین عملکرد دانه است.



شکل ۱. نتایج تجزیه کلاستر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش غرقاب

Fig. 1. Results of cluster analysis of seed yield in non-stressed conditions



شکل ۲. نتایج تجزیه کلاستر عملکرد دانه در شرایط تنش غرقاب

Fig. 2. Results of cluster analysis of seed yield in flooding stressed conditions

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این آزمایش تنش غرقاب و ژنوتیپ اثر معنی-داری بر اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا داشتند، به‌طوری‌که تنش غرقاب به مدت ۱۵ روز باعث کاهش شدید در اجزای عملکرد دانه سویا (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه) شد. همچنین بین ژنوتیپ‌های مختلف موردمطالعه در این آزمایش اختلاف زیاد ازنظر اجزای عملکرد دانه وجود داشت و ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط تنش و بدون تنش غرقاب در دسته‌های آماری مختلفی قرار گرفتند. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد تنش غرقاب عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، به‌طوری‌که عملکرد دانه طی ۱۵ روز تنش غرقاب در ژنوتیپ‌های مختلف بین ۴۰/۶ تا ۶۱/۷ درصد کاهش داد و عملکرد بیولوژیک را بین ۱۷ تا ۴۴ درصد کاهش داد. بیشترین عملکرد دانه پس از ۱۵ روز تنش غرقاب در ژنوتیپ‌های ۳۲۶ و ۸۲۷ مشاهده شد و کمترین عملکرد دانه پس از ۱۵ روز تنش غرقاب در ژنوتیپ‌های ۱۱۴ و ۹۳۷ به دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد شاخص‌های تحمل به تنش GMP، MP و STI همبستگی بسیار بالایی با عملکرد دانه در شرایط تنش دارند و می‌توان از این سه شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش و عدم تنش استفاده کرد. بر اساس شاخص‌های SSI، STI، MP و GMP ژنوتیپ‌های ۸۵۹، ۸۲۷ و ۳۲۶ مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها از میان ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش می‌باشند.

منابع

Abdolshahi, R., Amiri, M., Talei, A., Yazdi Samadi, B., 2010. Evaluation of bread wheat genotypes in terms of drought tolerance. Electronic Journal of Crop Production. 3, 159-141. [In Persian with English summary].

Ashraf, M.A., 2012. Waterlogging stress in plants: A review, African Journal of Agricultural Research. 7, 1976-1981.

Bange, M.P., Milroy, S.P., Thongbai, P., 2004. Growth and yield of cotton in response to waterlogging. Field Crops Research. 88, 129-142.

Bouslama, M., Schapaugh, W.T., 1984. Stress tolerance in soybeans. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 24, 933-937.

Brisson, N., Rebiere, B., Zimmer, D., Renalt, D., 2002. Response of the root system of winter wheat crop to waterlogging. Plant and Soil. 243, 43-55.

Celik, G., Turhan, E., 2011. Genotypic variation in growth and physiological responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to flooding. African Journal of Biotechnology. 10, 7372–7380

Davies, C.L., Turner, D.W., Dracup, M., 2000. Yellow lupin (*Lupinus luteus*) tolerates waterlogging better than narrow-leafed lupin (*L. angustifolius*). II. Leaf gas exchange, plant water status, and nitrogen accumulation. Australian Journal of Agricultural Research 51, 711–719.

Farshadfar, E. A., Zamani, M. R., Matlabi, M., Emam-jome, E. E., 2001. Selection for drought resistance chick pea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32, 65-77. [In Persian with English summary].

Fernandez, R.J., Reynolds, J.F., 2000. Potential growth and drought tolerance of eight desert grasses. Oecologia. 123, 90-98.

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research. 29, 897-912.

Galeshi, S., Modares Sanavi, A., Tahmasbi, Z., 2000. Influence of flooding stress on nitrogen growth and stabilization in Groundwater Clover (*Trifolium subterraneum*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 7, 107-112. [In Persian with English summary].

Gall, H., Philippe, F., Domon, J-M., Gillet, F., Pelloux, J., Rayon, C., 2015. Cell Wall Metabolism in Response to Abiotic Stress. Plants. 4, 112-166.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., Borghi, B., 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science. 77, 523-531.

www.SID.ir

Archive of SID

Ghobadi, M. A., Nadian, H., Beneficent, A., Fathi, A., Qarineh, M. H., 2006. Root growth, biological yield and grain yield in wheat genotypes under flood stress conditions at different stages of growth. Seedlings and Seeds. 22, 525-513. [In Persian with English summary].

Hajimoradkhani, p., 2016. Effect of flooding period on yield and yield components of soybean. Master's Degree in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources 131 p. [In Persian].

Heidari, M., Jamshid, P., 2010. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 5, 39-46.

Hossain, A., Uddin, S.N., 2011 Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. Australian Journal of Crop Science. 5, 1094-1101.

Jiang, D., Fan, X., Dai, T., Cao, W., 2008. Nitrogen fertilizer rate and post-anthesis waterlogging effects on carbohydrate and nitrogen dynamics in wheat. Plant and Soil 304, 301–314

Khadempir, M., 2013. Effect of flooding period on reproductive stage on some anatomical physiological characteristics and soybean yield. Master's Degree of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 125 p. [In Persian].

Khalilzadeh, Gh., Karbala'i Khayavi, H., 2002. Investigating the effects of dry and heat stress on advanced lines of durum wheat. The 7th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. pp. 563-564. [In Persian].

Khaneghah, H., Izanlou, A., Hossein Zadeh, A., Majnoun Hosseini, N., 2004. Determination of suitable indices of drought resistance in imported soybean cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science. 25, 33-45. [In Persian with English summary].

Khodabakhshi, A., 2014. Effect of P and P potassium mineral nutrition on nitrogen growth and stabilization in soybean under flooding conditions at growth stage (Pre-nodelation). Master's Degree of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 119 p. [In Persian].

Kumar, P., Pal, M., Joshit, R., Sairam, R.K., 2013. Yield, growth and physiological responses of mung bean (*Vigna radiat*e (L.) Wilczek) genotypes to waterlogging at vegetative stage. Physiology and Molecular Biology of Plants. 19, 209-220.

Malekahmadi, F., Kalantari, Kh.M. Torkzadeh, M., 2005. The effect of flooding stress on induction of oxidative stress and concentration of mineral element in pepper (*Caosicum annum*) plants. Iranian Journal of Biology. 18, 110-119. [In Persian with English summary].

Mazloum, M., 2014. The effect of mineral nutrition of phosphorus and potassium on growth and stabilization of nitrogen in soybean under flood conditions during vegetative stage (nodulation dimension). Master's Degree of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 132 p. [In Persian].

Musgrave, M.E., Ding, N., 2002. Evaluation wheat cultivars for waterlogging tolerance. Crop Science. 38, 90-97.

Najafi, N., Sarabulzadeh, A., 2012. Effect of sodium chloride salinity and soil flooding on growth characteristics of fodder corn in greenhouse conditions. Journal of Greenhouse Cultivation Science and Technology. 3, 34-20. [In Persian with English summary].

Nishiuchi, S., Yamauchi, T., Takahashi, H., Kotula, L., Nakazono, M., 2012. Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice. Rice 5, 2.

Nourmand-Moay'yed, F., Rostami, M.A., Ghonadha, M.R., 2002. Evaluation of drought stress indices at bread wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 22(4), 795-805. [In Persian with English summary].

Palta, J.A., Ganjeali, A., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., 2010. Effects of transient subsurface waterlogging on root growth, biomass and yield of chickpea. Agricultural Water Management. 97, 1469-1476.

Rahnama, A., James, R.A., Poustini, K., Munns, R., 2010. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. Functional Plant Biology. 37, 255-269.

Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., Ahmadi, A., Alizadeh, H., 2011. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticcum aestivum* L.) differing in salt tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science. 197, 21-30.

www.SID.ir

Archive of SID

Rasuli, F., 2011. Effect of waterlogging stress on physiological characteristics, yield and yield components in rapeseed (*Brassica napuse*). Master's Degree of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 119 p. [In Persian].

Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A., 2001. Application of physiology in wheat Breeding. CIMMIT. 139 p.

Robertson, D., Zhang, H., Palta, J. A., Colmer, T., Turner, N. C., 2009. Waterlogging affects the growth, development of tillers, and yield of wheat through a severe, but transient, N deficiency. Crop and Pasture Science. 60, 578–586.

Romina, P., Abeledo, L.G., Miralles, D.J., 2014. Identifying the critical period for waterlogging on yield and its components in wheat and barley. Plant and Soil. 378, 265-277.

Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science. 21, 943-946.

Sadeghzade-Ahari, D., 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land promising durum wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Science. 8, 30-45. [In Persian with English summary].

Sattar, A., Chowdhry, M.A., Kashif, M., 2003. Estimation of heritability and genetic gain of somemetric traits in six hybrids populations of spring wheat. Asian Journal of Plant Sciences. 2, 495-497.

Shafazadeh, M.K., Yazdansepas, A., Amini, A., Gonadah, M.R., 2004. Evaluation of end-season drought tolerance in promising winter and middle wheat genotypes using sensitivity and stress tolerance indices, Seedlings and Seed Journal. 2, 71-57. [In Persian with English summary].

Sheikh, F., Kalateh Arabi, M., Soghi, H., Taghi Bazi, M., Abroudi, M., 2008. The effect of water logging stress at filling stage on yield and yield components of wheat (*Triticum aistivum*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 1, 38-53.

Smethurst, C.F., Garnett, T., Shabala, S., 2005. Nutritional and chlorophyll fluorescence responses of lucerne (*Medicago sativa*) towaterlogging and subsequent recovery. Plant and Soil. 270, 31–45.

Stepien, P., Klobus, G., 2006. Water relations and photosynthesis in Cucumis sativus L. leaves under salt stress. Biologia Plantarum. 50, 610-616.

Stoddard, F.L., Balko, C., Erskine, W., Khan, H.R., Link, W., Sarker, A., 2006. Screening techniques and sources of resistance to abiotic stresses in coolseason food legumes. Euphytica. 147, 167–186.

Striker, G.G., 2012. Flooding stress on plants: anatomical, morphological and physiological responses. In: Mworia, J.K (ed.), Botany. IntechOpen. doi: 10.5772/32922.

Suleiman, Z., T. D., Colmer, S. P., Loss, B. D., Thomson, K. H. M., 2007. Growth responses of cool-season grain legumes to transient waterlogging. Australian Journal of Agricultural Research. 58, 406-412.

Talebi, R., Fayaz, F., Mohammad-Naji, A., 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Tritcum aestivum*. L). Plant Physiology. 35, 64-74.

Tuorani, M., 2013. Effect of flooding period on vegetative growth stage on some physiological and anatomical characteristics and soybean yield. Master's Degree in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 117 p. [In Persian].

Yavas, I., Unay, A., Aydin, M., 2012. The waterlogging tolerance of wheat varieties in western of Turkey. The ScientificWorld Journal Volume 2012, Article ID 529128, 7p.

Yong, C., Min, G Ye., Chong-shun, Z., Xue-kun, Z., Zhong, H., 2010. Combining ability and genetic effects of germination traits of (*Brassica napus* L.) under waterlogging stress conditions. Agricultural Sciences in China. 9 (7), 951-957

www.SID.ir