

## Evaluation and grouping of lentil genotypes to salinity stress in the greenhouse

J. Nabati<sup>\*1</sup>, N. Kahrom<sup>2</sup>, A. Nezami<sup>3</sup>

1- Department of Legume, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.  
2- Department of Range Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Iran, 3- Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

(Received: May 17, 2022- Accepted: July 2, 2022)

### ABSTRACT

Salinity is one of the main reasons of reduction in plant growth and production. One of the most low-cost ways to use saline soil and water is cultivating resistant plants to salinity. We designed an experiment to evaluate salinity resistance of 107 genotypes of *Lens culinaris* under control conditions. The experiment was designed in completely randomized blocks with three replications in 12dS.m<sup>-1</sup> NaCl. The results indicated that four weeks after salt stress, thirty nine genotypes showed survival rate of 76-100% and nine genotypes had a 100% survival. Based on factor analysis, four factors explained 72% of changes in data, which first and second factors explained the most changes in data variants included survival percent, contents of chlorophyll a, contents of chlorophyll b, carotenoids, chlorophyll a/chlorophyll b, total content of phenol, content of proline, DPPH, Na/K, and dry matter. Then, we used these two factors to determine distribution and distinguish best genotypes in results which were MLC250, MLC263, MLC281, MLC285, MLC286, MLC291, MLC292, MLC294, MLC296, MLC299, MLC300, MLC301, MLC307, MLC311, MLC314, MLC316, MLC323, MLC327, MLC357, MLC362, MLC363, MLC364 and MLC371. According to the cluster analysis, genotypes were classified into 5 groups. The third and fifth group showed the best results in survival percent and other traits; therefore, we suggest these genotypes use for salt tolerance breeding programs in lentil.

**Keywords:** Carotenoid, chlorophyll, cluster analysis, proline, survival percent.

### ارزیابی تحمل به شوری و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس در گلخانه

جعفر نباتی<sup>\*</sup>، نسترن کهرم<sup>۲</sup>، احمد نظامی<sup>۳</sup>

۱- گروه بقولات، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲- گروه مرتع، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ۳- گروه آگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد  
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۱)

### چکیده

شوری از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد و تولید گیاهان است. یکی از راهکارهای کم‌هزینه به منظور استفاده منابع آب و خاک شور، زراعت گیاهان متحمل به شوری است. این مطالعه به منظور ارزیابی تحمل به شوری ۱۰۷ ژنوتیپ عدس در شرایط گلخانه به صورت آبکشت انجام شد. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۹۹ با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد. نتایج نشان داد که چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، ۳۹ ژنوتیپ دارای بقای ۷۶-۱۰۰ درصد و ۹ ژنوتیپ دارای بقای ۱۰۰ درصد بودند. براساس تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل در مجموع ۷۲ درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول و دوم بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند. شامل صفات درصد بقا، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، Cha/Chb، محتوای فنول کل، محتوای پرولین، DPPH، Na/K و ماده خشک بودند. سپس از این دو عامل، به منظور به دست آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر استفاده شد و ژنوتیپ‌های MLC250، MLC263، MLC281، MLC285، MLC286، MLC291، MLC292، MLC294، MLC296، MLC299، MLC300، MLC301، MLC307، MLC311، MLC314، MLC316، MLC323، MLC327، MLC357، MLC362، MLC363، MLC364 و MLC371 به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به شوری معرفی شدند. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در پنج گروه، دسته‌بندی شدند که ژنوتیپ‌های گروه سوم و پنجم از نظر اکثر صفات مورد بررسی و بقا میانگین بالاتری در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند؛ بنابراین با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای، می‌توان از این ژنوتیپ‌ها برای تولید ژنوتیپ‌های جدید و به‌گزینی برای تحمل به شوری بهره جست.

واژه‌های کلیدی: بقا، پرولین، تجزیه خوشه‌ای، کاروتنوئیدها، کلروفیل.

## مقدمه

کاهش کیفیت منابع آب، موجب شورشدن خاک‌های زراعی شده و شوری به یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد و تولید گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا تبدیل شده است (Kaya et al., 2008). حد بحرانی نمک برای گیاهان ۰/۵ درصد وزن خاک خشک است و علت اصلی شوری در طبیعت، غلظت زیاد کاتیون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم و آمیون‌های کلر، سولفات و نیترات است (Kafi et al., 2010). در بسیاری از مناطق، شوری آب به حدی است که کاشت گیاهان زراعی رایج امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین یکی از راهکارهای کم‌هزینه به‌منظور استفاده از این منابع، زراعت گیاهانی است که نسبت به سطوح بالای شوری متحمل باشند (Kafi et al., 2010). عدس (*Lens culinaris Medikus*) متعلق به خانواده Fabaceae است که نقش مهمی در تغذیه انسان و حیوانات دارد. عدس به‌عنوان لگوم با تثبیت نیتروژن به باروری خاک کمک کرده و در تناوب زراعی با غلات در راستای کشاورزی پایدار اهمیت دارد (Muscolo et al., 2015). از طرفی اکثر حبوبات از جمله عدس حساس به تنش شوری هستند؛ باین‌وجود پژوهش‌ها حاکی از وجود تنوع در میان ژنوتیپ‌های عدس از نظر تحمل به شوری است (Pandey & Sengar, 2020; Subroto et al., 2018; Rahimi et al., 2009; Skliros et al., 2018).

ارزیابی تحمل به شوری ۱۰ ژنوتیپ عدس براساس ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکردی نشان داد که از نظر تحمل به شوری بین ژنوتیپ‌ها تنوع وجود دارد (Pandey & Sengar, 2020). تأثیر شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های عدس نشان داد که همه توده‌های عدس مورد مطالعه به سطح شوری بالا (۱۵۰ میلی‌مولار سدیم) حساس هستند (Subroto et al., 2018). در سایر پژوهش‌ها نیز ارقام

و ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در عدس مشاهده شد به‌طوری‌که برخی از ارقام تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر قابلیت تحمل به شوری را داشتند (Rahimi et al., 2009). پژوهش‌ها نشان داد که پاسخ‌های متابولیکی در عدس در اثر تنش شوری، به تنوع اندام و روش کاربرد تنش نیز بستگی دارد (Skliros et al., 2018). تأثیر کوتاه‌مدت قرارگرفتن عدس در معرض غلظت پایین نمک بر میزان رشد ساقه، تنش اکسیداتیو و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نشان داد که پیش‌تیمار شوری با غلظت پایین موجب افزایش تحمل به شوری در گیاه عدس می‌شود (Harb et al., 2017).

کلرید سدیم با ایجاد تنش اسمزی و سمیت یونی منجر به کاهش چشمگیر در محتوای کلروفیل، یون پتاسیم، آسیب شدید اکسیداتیو، و اختلال در هموستاز یونی می‌شود (Hossain et al., 2017). رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از جمله مولکول زیستی هستند که در فرآیند فتوسنتز نقش دارند و میزان آن‌ها در گیاهان زنده به‌عنوان عاملی مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang & Zhang, 2001). تنش شوری از جمله تنش‌هایی است که باعث تغییر در میزان این مولکول‌ها در سلول‌های گیاهی می‌شود. به‌این‌ترتیب که افزایش مقدار گونه‌های فعال اکسیژن طی تنش شوری باعث کاهش میزان رنگ‌دانه‌ها می‌شود. هم‌چنین رادیکال‌های سوپراکسید و محصول همراه آن‌ها یعنی پراکسید هیدروژن نیز می‌توانند باعث تجزیه رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شوند و به‌دنبال تجزیه این مولکول‌ها، ساختارهای تیلاکوئیدی در کلروپلاست ناپدید می‌شوند (Navari-Izzo, 1994). آسیب‌های اکسیداتیو بر DNA، پروتئین‌ها و دیگر مولکول‌های درشت تأثیرگذار است. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیب‌هایی هستند که می‌توانند از تولید رادیکال‌های آزاد جلوگیری کرده و آن‌ها را خنثی

و در نتیجه از ایجاد خسارت جلوگیری کنند. فنول‌ها از جمله متابولیت‌های ثانویه و ترکیب‌های مهم گیاهی هستند که معمولاً در پاسخ به تنش محیطی ایجاد می‌شوند. متابولیت‌های ثانویه مشتق‌شده از گیاهان مانند فنول و فلاونوئید دارای پتانسیل قوی برای پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد هستند (Aghakhah Razlighi *et al.*, 2018). توانایی فنول‌ها در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد به دلیل وجود گروه هیدروکسیل آن‌ها است که به‌عنوان دهنده‌ی هیدروژن یا الکترون، ترکیب‌های پایدار فنوکسیل تولید می‌کنند (Tabrizi & Koochaki, 2014). به‌طور کلی این مکانیسم‌ها در گونه‌های گیاهی و ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است که می‌توان از این تنوع در انتخاب لاین‌های متحمل استفاده کرد.

با توجه به کاهش منابع آب باکیفیت، همچنین آثار مفید زیست‌محیطی حبوبات به‌ویژه عدس در تناوب زراعی، هدف از پژوهش حاضر بررسی تحمل به شوری ۱۰۷ ژنوتیپ عدس برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری برای مطالعات تکمیلی و کشت در مناطق شور بود.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در شرایط آب‌کشت (هیدروپونیک) در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۹۹ انجام شد. تعداد ۱۰۷ ژنوتیپ عدس از بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد به‌نام کلکسیون عدس مشهد (MLC: Mashhad Lentil Collection) (جدول ۱)، با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و در تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم مورد مطالعه قرار گرفتند. باتوجه‌به اینکه تاکنون روی تحمل به شوری این ژنوتیپ‌ها مطالعه‌ای انجام نشده بود در این آزمایش غربالگری براساس شوری ۱۲ دسی‌زیمنس

بر متر صورت گرفت.

ابتدا بذرهای در پتری‌دیش با استفاده از آب مقطر جوانه‌دار شدند و سپس به محیط آبکشت در گلخانه‌ای با دمای روز و شب، به ترتیب ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد و با دامنه تغییر  $\pm 5$  درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. یک هفته پس از انتقال گیاهچه‌ها به گلخانه، تنش شوری اعمال شد. بستر مورد استفاده در این مطالعه، ماسه (به قطر یک تا دو میلی‌متر) بود و تغذیه با استفاده از محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) صورت گرفت. سامانه تغذیه به‌صورت بسته اعمال شد و محلول غذایی به‌صورت هفتگی جایگزین و میزان شوری محلول غذایی به‌صورت روزانه پایش و تنظیم شد. باتوجه‌به این‌که محلول هوگلند به‌واسطه دارا بودن عناصر غذایی، حدود ۲ دسی‌زیمنس بر متر هدایت الکتریکی ایجاد می‌کند (Kafi *et al.*, 2011)، مجموع هدایت الکتریکی محلول غذایی و تیمار شوری، ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بود.

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها (Dere *et al.*, 1998)، پرولین (Bates *et al.*, 1973)، فنول (Singleton & Rossi, 1965)، کربوهیدرات‌های محلول (Dubois *et al.*, 1951)، مالون‌دی‌آلدئید (Heath & Parker, 1968) و مهار رادیکال آزاد DPPH (Abe *et al.*, 1998) اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه درصد بقا، تعداد بوته‌های سبز شده پیش از اعمال تنش شوری ثبت شدند. پیش از برداشت نیز تعداد بوته‌های زنده ثبت و درصد بقا بر اساس معادله (۱) محاسبه شد.

$$\text{معادله (۱)} \quad S\% = (N_{4wt} \times 100) / N_{Pt}$$

که در آن، S: درصد بقا،  $N_{4wt}$ : تعداد بوته چهار هفته بعد از تنش و  $N_{Pt}$ : تعداد بوته پیش از تنش است.

براساس درصد بقا، ژنوتیپ‌های گوناگون به چهار گروه

برای آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از نرم‌افزار Minitab16 و برای تجزیه خوشه‌ای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارهای دوبعدی از نرم‌افزارهای SPSS19 و STATISTICA استفاده شد. برای تأیید صحت گروه‌بندی انجام‌شده از تجزیه واریانس چندمتغیره، تجزیه تابع تشخیص، استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت گروه‌ها از لحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد انجام گرفت.

۱۰۰-۷۶، ۷۵-۵۱، ۵۰-۲۶ و ۲۵-۰ درصد بقا طبقه‌بندی شدند. در انتها بوته‌ها برداشت و وزن خشک آن‌ها پس از ۴۸ ساعت قرارگیری در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. با استفاده از ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب‌شده که به مدت ۲۴ ساعت در اسیدنیتریک غلیظ هضم و یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته بود، میزان یون‌های سدیم و پتاسیم اندام‌های هوایی با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری شد (Tandon, 1995). برای تجزیه واریانس داده‌های درصدی تبدیل زاویه‌ای انجام شد و

جدول ۱- ژنوتیپ‌های عدس مورد مطالعه

Table 1. Lentil genotypes studied

No.	Seed bank ID	Origin	No.	Seed bank ID	Origin	No.	Seed bank ID	Origin	No.	Seed bank ID	Origin
1	MLC195	ILL7672	28	MLC265	Neyshabur	55	MLC298	Unknown	82	MLC330	Unknown
2	MLC221	ILL6466	29	MLC266	Callsitao	56	MLC299	Unknown	83	MLC332	Unknown
3	MLC237	ILL5562	30	MLC267	Laivd	57	MLC300	Unknown	84	MLC333	Unknown
4	MLC238	ILL5740	31	MLC268	Qaen	58	MLC301	Unknown	85	MLC334	Unknown
5	MLC239	ILL5729	32	MLC269	Gonabad	59	MLC302	Unknown	86	MLC335	Unknown
6	MLC240	ILL5728	33	MLC271	Birjand	60	MLC304	Unknown	87	MLC336	Unknown
7	MLC241	ILL5750	34	MLC272	Ferdows	61	MLC305	Unknown	88	MLC351	Unknown
8	MLC242	ILL5828	35	MLC273	Langar	62	MLC306	Unknown	89	MLC353	Unknown
9	MLC243	ILL20	36	MLC274	Birjand	63	MLC307	Unknown	90	MLC354	Unknown
10	MLC244	ILL5774	37	MLC275	Gilan	64	MLC308	Unknown	91	MLC355	Unknown
11	MLC246	ILL7706	38	MLC276	Sarakhs	65	MLC310	Unknown	92	MLC356	Unknown
12	MLC248	ILL7220	39	MLC281	Neyshabur	66	MLC311	Unknown	93	MLC357	Unknown
13	MLC249	ILL7211	40	MLC282	ILL263	67	MLC312	Unknown	94	MLC358	Unknown
14	MLC250	ILL4400	41	MLC283	ILL482	68	MLC313	Unknown	95	MLC359	Unknown
15	MLC251	Zabol	42	MLC284	ILL533	69	MLC314	Unknown	96	MLC360	Unknown
16	MLC252	Tabas	43	MLC285	ILL1929	70	MLC315	Unknown	97	MLC361	Unknown
17	MLC253	Gonabad	44	MLC287	ILL72	71	MLC318	Unknown	98	MLC362	Unknown
18	MLC254	Ferdows	45	MLC288	ILL1929	72	MLC320	Unknown	99	MLC363	Unknown
19	MLC255	Qaen	46	MLC289	ILL5894	73	MLC321	Unknown	100	MLC364	Unknown
20	MLC256	Kalat	47	MLC290	ILL7795	74	MLC322	Unknown	101	MLC365	Unknown
21	MLC257	Tengger	48	MLC291	Unknown	75	MLC323	Unknown	102	MLC366	Unknown
22	MLC258	Birjand	49	MLC292	Unknown	76	MLC324	Unknown	103	MLC367	Unknown
23	MLC259	Birjand	50	MLC293	Unknown	77	MLC325	Unknown	104	MLC368	Unknown
24	MLC260	Gilan	51	MLC294	Unknown	78	MLC326	Unknown	105	MLC369	Unknown
25	MLC261	Ashkhaneh	52	MLC295	Unknown	79	MLC327	Unknown	106	MLC370	Unknown
26	MLC263	Sarakhs	53	MLC296	Unknown	80	MLC328	Unknown	107	MLC371	Unknown
27	MLC264	Neyshabur	54	MLC297	Unknown	81	MLC329	Unknown			

MLC: کلکسیون عدس مشهد (بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد)، ILL: لاین بین‌المللی عدس.

MLC: Mashhad Lentil Collection (Seed Bank of Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad), ILL: Intrnational lentil Lins.

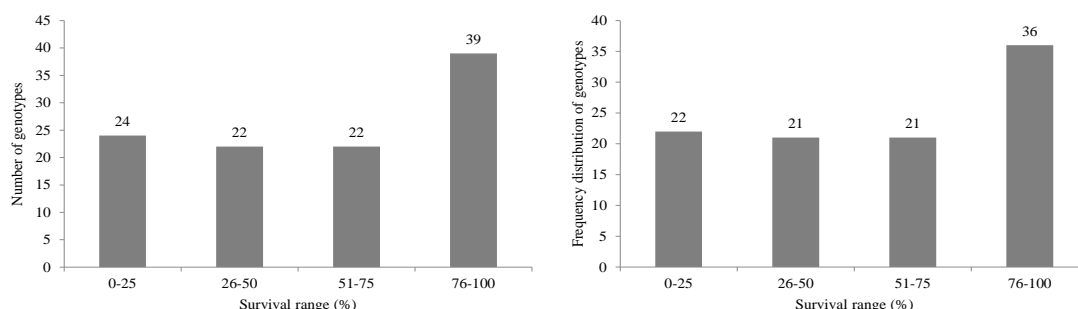
معنی‌داری میان ژنوتیپ‌های عدس از نظر درصد بقا

وجود داشت (جداول ۲، ۳، ۴ و ۵). بررسی درصد

## نتایج و بحث

بقا: چهارهفته پس از اعمال تنش شوری، تفاوت

درصد بود و ۲۲ درصد (۲۴ ژنوتیپ)، بقای ۲۵-۰ درصد داشتند (شکل ۱).



شکل ۱- تعداد (A) و درصد فراوانی نسبی (B) ژنوتیپ‌های عدس در دامنه‌های بقا، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم.

Figure 1. Number (A) and frequency (B) of lentil genotypes in survival ranges after four weeks of 12dS m<sup>-1</sup> NaCl salinity.

محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a/b، کاروتنوئیدها و کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های عدس نشان داد که در دامنه بقای بین ۱۰۰-۷۶ درصد در مقایسه با دیگر دامنه‌های بقا برتر بودند. در دامنه بقای بین ۲۵-۰ درصد کم‌ترین محتوای کلروفیل a، نسبت کلروفیل a/b، کاروتنوئیدها و کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در مقایسه با سایر دامنه‌های بقا مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۵). محتوای کلروفیل a، نسبت کلروفیل a/b، کاروتنوئیدها و کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد نسبت به دامنه بقای ۲۵-۰ درصد به ترتیب ۲/۱، ۲/۱، ۲/۵ برابر و ۶۶ درصد بیشتر بود ولی محتوای کلروفیل b در دامنه‌های مختلف بقا تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های MLC283، MLC334، MLC256 بیشترین محتوای کلروفیل a، MLC334، MLC195، MLC256 بیشترین محتوای کلروفیل b، MLC255، MLC318، MLC351، بیشترین نسبت کلروفیل a/b، MLC283، MLC258، MLC318 بیشترین محتوای کاروتنوئیدها و MLC334، MLC256، MLC283 بیشترین محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی را دارا بودند (جدول ۲).

فراوانی ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر تنش شوری نشان داد که بقای ۳۶ درصد (۳۹ ژنوتیپ) از ۱۰۷ ژنوتیپ ۱۰۰-۷۶

در میان ژنوتیپ‌ها، ۹ ژنوتیپ دارای بقای ۱۰۰ درصد و ۱۰ ژنوتیپ پس از چهار هفته اعمال تنش شوری، به‌طور کلی از بین رفتند (جدول ۱ و ۴). با توجه به این نتایج، به نظر می‌رسد که در شرایط تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در محیط هیدروپونیک، تنوع قابل توجهی از نظر تحمل به شوری در میان ژنوتیپ‌های عدس وجود دارد؛ اگرچه نباید از این نکته غافل شد که در شرایط آب‌کشت، وجود عناصر غذایی می‌تواند میزان تحمل به شوری را در گیاهان افزایش دهد؛ بنابراین تحمل ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تنش شوری در این شرایط لزوماً برابر با تحمل این سطح از تنش شوری در شرایط طبیعی نخواهد بود. از سوی دیگر، شوری اعمال شده در این بررسی، کلرید سدیم خالص بود که معمولاً در شرایط طبیعی، به‌ندرت شوری موجود در آب‌و خاک زراعی، از کلرید سدیم خالص است و معمولاً سایر عناصر مفید مانند پتاسیم در شرایط شور نیز همراه آب آبیاری است که در تعدیل اثرات تنش کارآمد است (Rasool et al., 2013). در مجموع و با وجود حساسیت بالای عدس به تنش شوری، وجود این تنوع در تحمل شوری می‌تواند امیدبخش باشد.

محتوای کلروفیل و رنگیزه‌های فتوسنتزی: بررسی

جدول ۲- اثر تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات مورد مطالعه عدس در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد

Table 2. Effect of salinity stress (12dS.m<sup>-1</sup>) on studied traits of lentil genotypes in the survival range of 76-100%

MLC	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
255	100	0.717	0.279	0.124	2.57	1.120	2.43	38.4	0.681	5.17	1.321	39.3	3.80
256	100	0.906	0.394	0.153	2.31	1.453	1.76	27.9	0.747	7.07	1.778	54.8	2.43
267	100	0.799	0.328	0.180	2.44	1.307	1.31	31.7	1.714	20.7	0.073	74.5	0.37
274	100	0.728	0.356	0.156	2.04	1.240	6.31	38.6	1.392	18.6	0.096	51.5	2.58
283	100	0.879	0.355	0.192	2.48	1.426	5.19	35.7	1.474	25.6	0.183	39.3	1.07
325	100	0.525	0.249	0.172	2.14	0.946	5.78	23.3	0.919	22.4	0.733	34.0	0.90
326	100	0.583	0.268	0.125	2.17	0.977	4.13	41.3	0.905	22.2	1.798	108.3	0.81
334	100	0.903	0.425	0.159	2.12	1.487	3.36	45.1	0.898	35.6	1.441	41.8	0.63
353	100	0.715	0.305	0.182	2.37	1.203	3.27	42.0	0.904	24.9	2.600	46.5	0.53
320	95	0.661	0.307	0.145	2.14	1.114	3.47	35.4	0.893	24.3	0.842	49.3	1.07
351	95	0.838	0.337	0.188	2.49	1.364	4.37	42.5	3.585	37.8	1.312	52.1	0.95
355	95	0.610	0.260	0.155	2.34	1.025	5.51	52.7	1.320	43.1	1.584	39.0	0.51
265	94	0.581	0.297	0.121	1.96	0.999	3.45	31.6	1.422	19.7	0.082	57.6	2.20
333	94	0.691	0.313	0.102	2.21	1.106	4.90	52.8	0.925	16.2	1.057	63.6	0.54
315	93	0.554	0.285	0.113	1.94	0.952	3.56	43.1	1.292	45.6	0.768	48.3	1.09
354	93	0.648	0.315	0.121	2.05	1.084	3.12	39.0	5.066	24.5	1.773	48.0	0.48
318	93	0.846	0.334	0.191	2.53	1.372	1.96	62.5	1.019	22.6	0.750	73.1	1.20
241	92	0.713	0.288	0.165	2.47	1.167	1.04	48.3	4.542	18.4	1.391	112.0	2.15
258	92	0.674	0.292	0.196	2.30	1.162	2.15	13.5	0.823	13.6	1.501	49.3	3.61
305	92	0.456	0.293	0.076	1.56	0.825	2.10	34.3	1.463	21.9	0.727	22.1	1.17
321	89	0.645	0.297	0.140	2.18	1.083	6.24	44.6	0.747	10.3	0.843	41.3	1.36
364	88	0.220	0.196	0.005	1.12	0.422	2.82	34.0	1.130	19.9	1.401	29.0	1.45
252	87	0.643	0.263	0.142	2.45	1.048	2.74	13.9	1.099	11.5	1.111	55.5	1.71
291	87	0.361	0.285	0.050	1.27	0.696	4.16	28.0	0.749	33.3	0.095	30.8	3.04
221	86	0.595	0.298	0.113	2.00	1.007	1.66	45.1	1.414	12.4	0.940	28.6	3.22
239	86	0.538	0.349	0.069	1.53	0.955	2.63	61.9	1.559	4.81	1.191	46.1	4.51
272	85	0.534	0.347	0.106	1.54	0.987	6.36	35.4	1.303	13.3	0.095	58.6	1.00
276	85	0.499	0.255	0.104	1.96	0.858	6.74	49.4	2.874	28.3	1.024	51.8	0.75
271	84	0.777	0.341	0.163	2.29	1.281	2.20	35.1	1.091	24.4	0.078	62.0	2.04
238	83	0.601	0.375	0.124	1.62	1.101	4.38	39.0	0.880	6.58	1.041	43.6	9.22
254	83	0.815	0.339	0.146	2.40	1.301	1.67	13.5	0.778	15.9	1.940	69.6	1.68
275	83	0.370	0.243	0.061	1.53	0.674	5.97	47.0	3.838	25.1	1.366	50.6	9.08
266	82	0.458	0.273	0.083	1.70	0.814	6.34	37.0	1.201	26.2	0.083	87.1	3.57
242	81	0.552	0.268	0.121	2.13	0.941	3.55	40.6	3.402	11.7	1.315	59.6	8.45
195	80	0.603	0.403	0.111	1.51	1.117	2.03	26.5	1.976	4.17	1.321	38.3	4.24
308	80	0.809	0.336	0.188	2.40	1.333	4.82	45.0	1.264	18.7	0.813	31.6	1.57
288	79	0.770	0.337	0.138	2.29	1.245	3.02	46.2	1.112	6.85	0.096	43.3	2.10
240	77	0.773	0.358	0.097	2.17	1.228	1.85	46.2	0.511	13.7	1.600	69.1	8.87
282	76	0.448	0.346	0.092	1.30	0.886	5.78	53.1	1.656	17.9	1.024	31.1	3.82
LSD <sub>0.05</sub>		0.075	0.059	0.033	0.377	0.122	2.25	6.47	0.423	3.92	0.410	20.28	2.37
P value		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
CV%		9.06	12.17	20.41	13.93	8.19	20.31	11.27	20.83	11.74	27.08	27.39	31.27

MLC: کلکسیون عدس مشهد، A: بقا (%)، B: کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، C: کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، D: کاروتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، E: نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، F: کل رنگ‌دانه‌ها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، G: پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، H: فنول کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، I: کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، J: مالون‌دی‌آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر)، K: مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، L: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، M: نسبت سدیم به پتاسیم، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار، C.V: ضریب تغییرات.

MLC: Mashhad Lentil Collection, A: Survival (%), B: Chlorophyll a (mg.gfw<sup>-1</sup>), C: Chlorophyll b (mg.gfw<sup>-1</sup>), D: Carotenoids (mg.gfw<sup>-1</sup>), E: Cha/Chb, F: Total pigments (mg.gfw<sup>-1</sup>), G: Proline (mg.gfw<sup>-1</sup>), H: Phenol (mg.gfw<sup>-1</sup>), I: Soluble carbohydrates (mg.gfw<sup>-1</sup>), J: MDA (nm.gfw<sup>-1</sup>), K: DPPH (mg.gfw<sup>-1</sup>), L: Shoot dry matter (mg.plant<sup>-1</sup>), M: Na/K, LSD: Least significant difference, C.V: Coefficient value.

همراه آن‌ها یعنی پراکسید هیدروژن نیز می‌توانند باعث تجزیه رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شوند و به دنبال تجزیه این مولکول‌ها، ساختارهای تیلاکوئیدی در کلروپلاست ناپدید می‌شود (Navari-Izzo, 1994). در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با دامنه بقای بالا قادر به حفظ رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی خود بودند که نشان‌دهنده توان بالای آن‌ها در حفظ ظرفیت فتوسنتزی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری عدس است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد بقا با محتوای کلروفیل a

رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از جمله مولکول‌های زیستی هستند که در فرآیند فتوسنتز نقش دارند و میزان آن‌ها در گیاهان زنده به‌عنوان یکی از عوامل مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang & Zhang, 2001). تنش شوری از جمله تنش‌هایی است که باعث تغییر در میزان این مولکول‌ها در سلول‌های گیاهی می‌شود. به این ترتیب که افزایش مقدار ترکیب‌های فعال اکسیژن طی تنش شوری باعث کاهش میزان کلروفیل‌ها می‌شود. هم‌چنین رادیکال‌های سوپراکسید و محصول

درصد بیش‌ترین محتوای پرولین در مقایسه با سایر دامنه‌های بقا مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۵). محتوای پرولین اندازه‌گیری شده در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد نسبت به دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد، ۳/۹ برابر بیش‌تر بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MLC300، MLC295، MLC293 بیش‌ترین محتوای پرولین را دارا بودند (جدول ۲).

کلروفیل b ( $r^2=0/53^{***}$ )، نسبت کلروفیل a/b ( $r^2=0/66^{***}$ )، کاروتنوئیدها ( $r^2=0/52^{**}$ ) وجود داشت که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این ویژگی‌ها بر درصد بقا در شرایط تنش شوری است (جدول ۶).  
**محتوای پرولین:** بررسی محتوای پرولین در ژنوتیپ‌های عدس نشان داد که در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد در مقایسه با دیگر دامنه‌های بقا این ویژگی از مقدار کمتری برخوردار بودند. در دامنه بقای ۲۵-۰

جدول ۳- اثر تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات مورد مطالعه عدس در دامنه بقای ۷۵-۵۱ درصد

Table 3. Effects of salinity stress (12dS.m<sup>-1</sup>) on studied traits of lentil genotypes in the survival range of 51-75%

MLC	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
281	75	0.315	0.315	0.060	1.27	0.623	13.3	36.5	1.419	16.0	0.084	43.6	3.49
289	73	0.542	0.542	0.110	1.98	0.925	6.35	35.3	2.393	25.8	0.127	49.8	7.68
365	73	0.720	0.720	0.075	1.97	1.222	4.67	55.6	1.726	11.9	2.460	19.3	2.27
327	72	0.347	0.347	0.051	1.42	0.643	6.24	27.3	0.915	24.2	0.799	28.8	5.79
249	71	0.924	0.924	0.188	2.33	1.511	1.74	49.7	1.415	11.2	1.768	45.3	6.63
287	71	0.442	0.442	0.055	1.57	0.779	6.42	45.0	1.593	14.9	0.095	46.8	2.25
310	71	0.662	0.662	0.147	2.16	1.113	4.26	38.7	1.287	14.6	0.612	34.0	2.62
285	69	0.207	0.207	0.076	1.06	0.472	17.01	18.8	0.952	17.1	0.091	32.1	8.15
237	67	0.555	0.555	0.145	1.16	1.185	1.87	21.6	1.922	3.85	1.310	27.8	5.84
294	67	0.309	0.309	0.058	1.31	0.603	8.57	39.7	0.613	34.4	0.089	48.1	2.81
322	67	0.456	0.456	0.101	1.83	0.806	7.20	30.6	0.855	22.3	0.640	49.6	2.84
369	67	0.583	0.583	0.107	1.36	1.121	1.57	25.8	1.064	22.5	1.183	20.0	2.74
358	64	0.489	0.489	0.103	1.55	0.908	4.15	35.4	1.358	15.8	1.800	43.5	2.01
312	63	0.743	0.743	0.157	2.24	1.232	3.86	34.3	1.750	21.5	0.640	47.1	2.91
273	60	0.428	0.428	0.073	1.55	0.778	3.59	46.1	0.525	18.6	0.091	65.8	8.09
264	59	0.327	0.327	0.029	0.97	0.691	4.44	41.6	1.509	35.5	0.093	44.0	7.12
297	59	0.564	0.564	0.095	1.73	0.986	5.65	30.4	1.325	20.4	0.679	43.8	1.76
323	59	0.349	0.349	0.087	1.47	0.674	10.87	27.0	0.888	38.1	0.571	40.6	4.71
299	58	0.471	0.471	0.058	1.78	0.794	5.00	34.7	1.477	6.64	0.518	31.5	4.50
244	56	0.668	0.668	0.160	1.98	1.165	5.62	49.8	0.484	8.64	1.208	63.6	8.84
306	53	0.712	0.712	0.153	2.43	1.158	3.26	46.0	2.188	35.3	0.778	42.6	3.96
243	53	0.577	0.577	0.116	1.69	1.036	5.26	51.1	1.760	18.0	1.268	44.1	10.47
LSD <sub>0.05</sub>		0.075	0.059	0.033	0.377	0.122	2.25	6.47	0.423	3.92	0.410	20.28	2.37
P value		0.001	0.001	0.001	0.001	0.0001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
C.V%		9.06	12.17	20.41	13.93	8.19	20.31	11.27	20.83	11.74	27.08	27.39	31.27

MLC: کلکسیون عدس مشهد، A: بقا (%). B: کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، C: کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، D: کاروتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، E: نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، F: کل رنگ‌دانه‌ها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، G: پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، H: فنول کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، I: کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، J: مالون‌دی‌آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر)، K: مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، L: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، M: نسبت سدیم به پتاسیم، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار، C.V: ضریب تغییرات.  
 MLC: Mashhad Lentil Collection, A: Survival (%), B: Chlorophyll a (mg.gfw<sup>-1</sup>), C: Chlorophyll b (mg.gfw<sup>-1</sup>), D: Carotenoids (mg.gfw<sup>-1</sup>), E: Cha/Chb, F: Total pigments (mg.gfw<sup>-1</sup>), G: Proline (mg.gfw<sup>-1</sup>), H: Phenol (mg.gfw<sup>-1</sup>), I: Soluble carbohydrates (mg.gfw<sup>-1</sup>), J: MDA (nm.gfw<sup>-1</sup>), K: DPPH (mg.gfw<sup>-1</sup>), L: Shoot dry matter (mg.plant<sup>-1</sup>), M: Na/K, LSD: Least significant difference, C.V: Coefficient value.

پرولین گیاه ( $r^2=0/53^{***}$ ) وجود داشت که نشان‌دهنده افزایش نیاز گیاه به پرولین در ژنوتیپ‌هایی با توان بقای کمتر در شرایط تنش شوری است (جدول ۶).  
**محتوای فنول کل:** بررسی محتوای فنول کل در ژنوتیپ‌های عدس نشان داد که در دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد در مقایسه با دیگر دامنه‌های بقا این میزان بیشتر بود اما تفاوت آن با دامنه بقای ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ زیاد نبود. در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد کمترین محتوای فنول

تنش‌های محیطی از جمله شوری موجب افزایش ذخیره پرولین در برگ گیاهان می‌شود. گیاهان تیمار شده با پرولین محتوای نسبی آب برگ و رشد بیشتری دارند (Bandurska, 1998). در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با دامنه بقای بالا میزان پرولین کمتری داشتند که نشان‌دهنده کنترل تنش به روش دیگری در ژنوتیپ‌های عدس مورد بررسی است. همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد بقا با میزان

۵۷ درصد بیش‌تر بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MLC241، MLC354، MLC275 بیش‌ترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول را دارا بودند (جدول ۲). با کمبود پتاسیم سوخت‌وساز نوری کاهش و میزان تنفس افزایش می‌یابد و نتیجه آن کاهش کربوهیدرات‌ها است (Falah et al., 2010). در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با دامنه بقای بالا محتوای کربوهیدرات‌های محلول بیش‌تری داشتند که نشان‌دهنده توان بالای آن‌ها در تحمل به شوری عدس است. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد بقا با محتوای کربوهیدرات‌های محلول ( $r^2=0/27^{**}$ ) وجود داشت که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این ویژگی‌ها بر درصد بقا در شرایط تنش شوری است (جدول ۶).

**محتوای مالون‌دی‌آلدئید:** بررسی محتوای مالون‌دی‌آلدئید در ژنوتیپ‌های عدس نشان داد که در دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد در مقایسه با دیگر دامنه‌های بقا این ویژگی کمتر بود اما نسبت به دو دامنه بقای ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ تفاوت چندانی نداشت. در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد بیش‌ترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید در مقایسه با سایر دامنه‌های بقا مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۵). محتوای مالون‌دی‌آلدئید در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد نسبت به دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد، ۵۶ درصد بیش‌تر بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MLC335، MLC329، MLC263 بیش‌ترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید را دارا بودند (جدول ۲).

کل در مقایسه با سایر دامنه‌های بقا مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۵). محتوای فنول کل در دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد نسبت به دامنه‌های بقای ۲۵-۰، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد، به‌ترتیب ۷۳، ۱۰ و ۵ درصد بیش‌تر بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MLC246، MLC336، MLC330 بیش‌ترین محتوای فنول کل را دارا بودند (جدول ۲). گروه‌های OH فنلی از گروه‌های ارجح برای ازدست‌دادن پروتون از اشکال اکسیدشده تک‌الکترونی هستند. پایداری رادیکال‌های فنوکسیل منتج از آن‌ها باعث افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی و توانایی بیش‌تر ترکیب‌های دارای گروه‌های هیدروکسیل متعدد برای حذف رادیکال‌های آزاد اکسید شده است، همچنین از تشکیل رادیکال‌های آزاد ناشی از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری به‌عمل می‌آورد (Zargoosh et al., 2019). در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با دامنه بقای بالا محتوای فنول کل بیش‌تری داشتند که نشان‌دهنده توان بالای آن‌ها در تحمل به شوری عدس است. همچنین محتوای فنول کل با کلروفیل a، محتوای کربوهیدرات‌های محلول و ماده خشک همبستگی مثبت و با محتوای پرولین همبستگی منفی داشت (جدول ۶).

**محتوای کربوهیدرات‌های محلول:** بررسی محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ژنوتیپ‌های عدس نشان داد که ژنوتیپ‌های موجود در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد در مقایسه با دیگر دامنه‌های بقا از نظر محتوای کربوهیدرات‌های محلول برتر بودند. در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد کم‌ترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول در مقایسه با سایر دامنه‌های بقا مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۵). محتوای کربوهیدرات‌های محلول در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد نسبت به دامنه بقای ۲۵-۰ درصد، و



جدول ۴- اثر تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات مورد مطالعه عدس در دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد

Table 4. Effects of salinity stress (12dS.m<sup>-1</sup>) on studied traits of lentil genotypes in the survival range of 26-50%

MLC	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
259	50	0.388	0.244	0.097	1.60	0.729	3.31	30.8	0.536	13.76	0.771	68.3	7.85
269	50	0.275	0.179	0.078	1.53	0.532	4.28	47.1	0.752	14.90	0.094	69.1	3.96
328	50	0.912	0.347	0.183	2.63	1.442	3.89	46.7	0.921	23.13	0.966	72.5	3.32
246	47	0.386	0.326	0.115	1.18	0.827	3.56	61.4	0.655	0.88	1.013	69.5	12.36
290	47	0.269	0.231	0.042	1.16	0.542	6.36	42.0	0.736	10.43	0.093	48.0	7.87
336	47	0.377	0.260	0.090	1.46	0.727	15.80	56.5	0.857	11.31	2.264	29.1	5.46
307	46	0.347	0.237	0.078	1.46	0.662	1.99	43.0	1.155	18.65	0.506	40.5	3.92
359	46	0.384	0.219	0.072	1.78	0.674	3.20	50.1	1.098	53.73	1.661	31.1	3.95
253	45	0.744	0.392	0.160	1.91	1.296	3.41	25.1	0.842	7.72	1.562	43.0	6.87
257	45	0.361	0.259	0.114	1.40	0.734	4.96	32.4	0.515	7.90	1.419	44.6	10.38
268	43	0.564	0.284	0.107	1.99	0.955	4.65	23.9	0.752	17.61	0.081	60.0	5.85
367	40	0.796	0.410	0.089	1.94	1.295	6.20	46.1	2.946	30.55	1.219	21.1	3.57
330	38	0.848	0.347	0.220	2.44	1.415	6.89	53.6	0.529	17.51	1.223	43.6	4.75
332	38	0.471	0.235	0.102	2.01	0.808	10.62	36.2	0.397	14.99	0.739	77.6	5.25
250	35	0.458	0.200	0.112	2.29	0.769	5.09	14.9	0.253	18.40	0.831	78.5	6.77
248	33	0.608	0.341	0.122	1.79	1.070	2.35	44.8	1.060	7.98	0.899	39.1	7.14
284	33	0.521	0.357	0.070	1.46	0.949	11.57	42.2	1.470	19.85	0.076	45.1	4.67
357	33	0.471	0.279	0.093	1.69	0.843	3.91	36.2	0.897	27.78	1.794	40.8	4.92
360	29	0.710	0.371	0.079	2.06	1.160	3.20	44.2	1.378	21.61	2.080	20.8	3.98
261	27	0.534	0.304	0.115	1.76	0.953	5.33	38.4	0.543	2.84	1.316	76.1	5.10
313	27	0.653	0.335	0.230	1.98	1.218	5.46	46.1	1.569	17.71	0.677	45.0	5.83
370	27	0.732	0.326	0.119	2.27	1.177	0.78	40.2	0.992	13.74	1.119	30.5	4.46
LSD <sub>0.05</sub>		0.075	0.059	0.033	0.377	0.122	2.25	6.47	0.423	3.92	0.410	20.2	2.37
P value		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
CV%		9.06	12.17	20.41	13.93	8.19	20.31	11.27	20.83	11.74	27.08	27.3	31.27

MLC: کلکسیون عدس مشهد، A: بقا (%)، B: کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، C: کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، D: کاروتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، E: نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، F: کل رنگدانه‌ها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، G: پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، H: فنول کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، I: کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، J: مالون‌دی‌آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر)، K: مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، L: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، M: نسبت سدیم به پتاسیم، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار، C.V: ضریب تغییرات.

MLC: Mashhad Lentil Collection, A: Survival (%), B: Chlorophyll a (mg.gfw<sup>-1</sup>), C: Chlorophyll b (mg.gfw<sup>-1</sup>), D: Carotenoids (mg.gfw<sup>-1</sup>), E: Cha/Chb, F: Total pigments (mg.gfw<sup>-1</sup>), G: Proline (mg.gfw<sup>-1</sup>), H: Phenol (mg.gfw<sup>-1</sup>), I: Soluble carbohydrates (mg.gfw<sup>-1</sup>), J: MDA (nm.gfw<sup>-1</sup>), K: DPPH (mg.gfw<sup>-1</sup>), L: Shoot dry matter (mg.plant<sup>-1</sup>), M: Na/K, LSD: Least significant difference, C.V: Coefficient value.

مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۵). میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد نسبت به دامنه بقای ۷۵-۵۱ درصد، ۳۳ درصد بیشتر بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MLC360، MLC336، MLC357 بیش‌ترین میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH را دارا بودند (جدول ۲).

اکسیژن تحت شرایط خاص ممکن است به‌صورت تک-الکترون درآمده و تولید رادیکال آزاد کند. زمانی‌که اکسیژن به‌صورت تک‌الکترون درمی‌آید به آن اکسیژن فعال می‌گویند (Pietta, 2000). کلرید سدیم با تنش اسمزی منجر به آسیب شدید اکسیداتیو و اختلال در هموستاز یونی می‌شود (Hossain et al., 2017). در شرایط تنش شوری، تنش‌های ثانویه مانند تنش اکسیداتیو نیز بروز می‌کند که تولید و تجمع

گسترش آسیب اکسیداتیو با کاهش شاخص پایداری غشا و افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید که یکی از محصولات پراکسیداسیون لیپیدهاست، مشخص می‌شود (Firoozeh et al., 2019). در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با دامنه بقای بالا محتوای مالون‌دی‌آلدئید کمتری داشتند که نشان‌دهنده توان بالای آن‌ها در تحمل به شوری عدس است. همچنین همبستگی معنی‌داری بین درصد بقا با محتوای مالون‌دی‌آلدئید گیاه وجود نداشت؛ اما همبستگی مثبتی با محتوای پرولین نشان داد (جدول ۶).

**مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH:** بررسی میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که در دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد و دامنه بقای ۷۵-۵۱ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH بیشترین

۲ و ۵). وزن خشک اندام‌های هوایی در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد نسبت به دامنه بقای ۲۵-۰ درصد، ۴۲ درصد بیشتر بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MLC241، MLC326، MLC266 بیشترین میزان ماده خشک را دارا بودند (جدول ۲).

در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با دامنه بقای بالا، میزان وزن خشک اندام‌های هوایی بیش‌تری داشتند که نشان‌دهنده توان بالای آن‌ها در تحمل به شوری عدس است. هم‌چنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد بقا با میزان پرولین گیاه ( $r^2 = -0.53^{**}$ ) وجود داشت که نشان‌دهنده کاهش نیاز به پرولین در ژنوتیپ‌هایی با توان بقای بیش‌تر در شرایط تنش شوری است (جدول ۶).

**Na/K**: نسبت Na/K در ژنوتیپ‌های عدس در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد در مقایسه با دیگر دامنه‌های بقا بیشتر بود. در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد کمترین میزان نسبت Na/K در مقایسه با سایر دامنه‌های بقا مشاهده شد (جدول‌های ۱ و ۴). نسبت Na/K در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد نسبت به دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد، ۲/۸ برابر بیشتر بود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MLC302، MLC366، MLC304 بیش‌ترین نسبت Na/K را دارا بودند (جدول ۲).

سیتوسول سلول‌های گیاهی به‌طور معمول حاوی ۱۰۰-۲۰۰ میلی‌مولار یون پتاسیم و ۱-۱۰ مولار یون سدیم است. این نسبت Na/K برای بسیاری از عملکردهای متابولیکی سلول مناسب است؛ بنابراین، غلظت کم سدیم یا نسبت کم Na/K در سیتوسول سلول برای بقا گیاه در شرایط تنش شوری ضروری است (Zhang et al., 2018).

رادیکال‌های فعال، به اکسیدشدن پروتئین‌ها و لیپیدهای غشای سلولی و در نتیجه مرگ سلول منجر می‌شوند (Molassiotis et al., 2006).

سامانه دفاع آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های گیاهی شامل آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی مانند آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و گلوکاتیون ریدوکتاز و آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی مانند مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH، پرولین، فنول‌ها و کاروتنوئیدها می‌شوند که به حذف این رادیکال‌های فعال منجر می‌شوند (Gunes et al., 2007).

به‌طور کلی ژنوتیپ‌های متحمل، دارای ظرفیت بهتر آنتی‌اکسیدانی به‌منظور حفاظت خود در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از شوری دارند (Bandeoglu et al., 2004). پژوهش‌های پیشین نشان داده است که استفاده از استات سدیم، آسیب اکسیداتیو و غشا را در جوانه‌های عدس کاهش می‌دهد (Shahadathosseini et al., 2019). در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با محتوای پرولین بالا، مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH کمتری داشتند که نشان‌دهنده کنترل تنش توسط پرولین است. هم‌چنین همبستگی معنی‌داری بین درصد بقا با مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH گیاه وجود نداشت؛ اما با محتوای رنگ‌دانه‌ها (کلروفیل a و b، کاروتنوئیدها) همبستگی مثبت مشاهده شد (جدول ۶).

**وزن خشک اندام‌های هوایی**: بررسی وزن خشک اندام‌های هوایی در ژنوتیپ‌های عدس نشان داد که در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد در مقایسه با دیگر دامنه‌های بقا این ویژگی بیشتر بود. در دامنه بقای ۲۵-۰ درصد کمترین میزان وزن خشک اندام‌های هوایی در مقایسه با سایر دامنه‌های بقا مشاهده شد (جدول‌های

جدول ۵- اثر تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات مورد مطالعه عدس در دامنه بقای ۰-۲۵ درصد

Table 5. Effects of salinity stress (12dS.m<sup>-1</sup>) on studied traits of lentil genotypes in the survival range of 0-25%

MLC	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
263	20	0.211	0.215	0.003	0.80	0.688	3.33	39.77	0.982	52.71	0.091	56.2	6.60
292	19	0.180	0.333	0.051	0.82	0.540	20.61	15.41	1.571	39.09	0.081	45.0	6.29
335	18	0.322	0.525	0.059	1.47	1.392	16.31	48.23	1.589	65.77	1.033	22.3	8.63
361	17	0.586	0.394	0.082	1.96	1.240	23.93	14.71	1.062	30.46	1.906	35.5	2.96
260	13	0.238	0.264	0.053	1.14	0.477	4.04	41.68	1.586	10.91	1.425	59.7	6.00
356	11	0.506	0.217	0.087	1.43	0.448	5.81	41.95	1.126	34.50	2.776	40.2	5.50
293	10	0.217	0.219	0.010	0.73	0.600	28.98	26.70	0.973	17.00	0.083	57.5	9.92
366	10	0.541	0.321	0.063	1.21	0.989	6.43	33.45	0.639	25.42	1.152	16.2	14.89
304	9	0.191	0.210	0.034	0.82	0.501	23.69	36.38	0.564	26.14	0.464	77.2	11.33
363	7	0.273	0.359	0.014	1.06	0.952	10.25	10.33	2.426	45.26	1.849	20.7	4.45
295	0	0.432	0.309	0.054	1.15	0.536	28.23	18.51	0.754	12.57	0.807	33.3	6.96
298	0	0.096	0.448	0.072	0.39	1.052	22.85	32.29	1.696	25.64	0.622	24.2	5.87
300	0	0.199	0.233	0.057	0.65	0.458	26.58	0.00	2.158	0.00	0.721	27.8	7.21
301	0	0.160	0.258	0.036	0.65	0.544	7.75	0.00	0.745	10.30	0.356	19.0	8.40
302	0	0.188	0.376	0.050	0.64	0.863	15.99	0.00	3.470	28.86	0.571	60.8	16.27
311	0	0.160	0.250	0.021	0.67	0.418	0.00	20.65	0.000	0.00	0.000	39.0	5.47
314	0	0.152	0.324	0.045	0.52	0.579	0.00	17.65	0.000	15.00	0.551	30.5	1.48
329	0	0.196	0.244	0.016	0.74	0.440	20.01	45.31	0.000	64.95	0.680	33.3	7.88
362	0	0.150	0.302	0.053	0.47	0.540	17.30	0.00	0.000	0.00	2.906	19.0	6.34
371	0	0.105	0.238	0.030	0.48	0.420	0.00	0.00	1.801	0.00	0.592	42.2	2.73
LSD <sub>0.05</sub>		0.075	0.059	0.033	0.377	0.122	2.25	6.47	0.423	3.92	0.410	20.28	2.37
P value		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
CV%		9.06	12.17	20.41	13.93	8.19	20.31	11.27	20.83	11.74	27.08	27.39	31.27

MLC: کلکسیون عدس مشهد، A: بقا (%)، B: کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)، C: کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)، D: کاروتنوئیدها (میلی گرم بر گرم وزن تر)، E: نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، F: کل رنگدانه‌ها (میلی گرم بر گرم وزن تر)، G: پروتئین (میلی گرم بر گرم وزن تر)، H: فنول کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)، I: کربوهیدرات‌های محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)، J: مالون‌دی‌آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر)، K: مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (میلی گرم بر گرم وزن تر)، L: وزن خشک اندام هوایی (میلی گرم در بوته)، M: نسبت سدیم به پتاسیم، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار، C.V: ضریب تغییرات.  
MLC: Mashhad Lentil Collection, A: Survival (%), B: Chlorophyll a (mg.gfw<sup>-1</sup>), C: Chlorophyll b (mg.gfw<sup>-1</sup>), D: Carotenoids (mg.gfw<sup>-1</sup>), E: Cha/Chb, F: Total pigments (mg.gfw<sup>-1</sup>), G: Proline (mg.gfw<sup>-1</sup>), H: Phenol (mg.gfw<sup>-1</sup>), I: Soluble carbohydrates (mg.gfw<sup>-1</sup>), J: MDA (nm.gfw<sup>-1</sup>), K: DPPH (mg.gfw<sup>-1</sup>), L: Shoot dry matter (mg.plant<sup>-1</sup>), M: Na/K, LSD: Least significant difference, C.V: Coefficient value.

کلروفیل a، کاروتنوئیدها، نسبت Cha/Chb، محتوای فنول کل با بار منفی و محتوای پروتئین و نسبت Na/K با بار منفی بود.

عامل دوم حدود ۱۳/۰۹ درصد تغییرات را توجیه کرد که شامل محتوای کلروفیل b و مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH با بار منفی و ماده خشک با بار مثبت بود. عامل سوم ۱۰/۲۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل کربوهیدرات‌های محلول و محتوای مالون دی‌آلدئید با بار منفی بود. عامل چهارم ۷/۷۴ درصد از تغییرات را توجیه کرد که ماده خشک و نسبت Na/K با بار منفی بیشترین تأثیر را در این عامل داشت (جدول ۷).

در شرایط تنش شوری، تلاش گیاهان به شکلی است که نسبت Na/K در سیتوسل را به نفع پتاسیم تغییر دهند. در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌هایی با دامنه بقای بالا، نسبت Na/K کمتری داشتند که نشان‌دهنده توان بالای آن‌ها در تحمل به تنش شوری است. همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد بقا با نسبت Na/K گیاه ( $r^2 = -0.58^{***}$ ) مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیر منفی افزایش سدیم و جایگزینی آن به جای یون‌های پتاسیم بر درصد بقا در شرایط تنش شوری است (جدول ۶).

**تجزیه به عامل‌ها:** از طریق تجزیه به عامل‌ها می‌توان به تأثیر شرایط تنش بر اهمیت گروه‌بندی صفات پی برد. ضرایب عامل‌ها بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برآورد شد (جدول ۷). عامل اول حدود ۴۰/۶۵ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل درصد بقا، محتوای

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های عدس در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر

Table 6. Correlation matrix of lentil genotypes properties in 12 dS.m<sup>-1</sup>

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	10	J	K	L
A	1												
B	0.58**	1											
C	0.11 <sup>ns</sup>	0.61**	1										
D	0.53**	0.83**	0.38**	1									
E	0.66**	0.89**	0.21*	0.81**	1								
F	0.52**	0.90**	0.71**	0.84**	0.82**	1							
G	-0.53**	-0.47**	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.41**	-0.49**	-0.43**	1						
H	0.37**	0.41**	0.15 <sup>ns</sup>	0.28**	0.42**	0.37**	-0.30**	1					
I	0.27**	0.25**	0.20*	0.12 <sup>ns</sup>	0.22*	0.24*	-0.10 <sup>ns</sup>	0.31**	1				
J	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.03 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>	0.23*	0.15 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	1			
K	0.02 <sup>ns</sup>	0.28**	0.28**	0.20*	0.22*	0.29**	-0.12 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>	1		
L	0.28**	0.19*	-0.22*	0.27**	0.36**	0.14 <sup>ns</sup>	-0.20*	0.25**	0.10 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.15 <sup>ns</sup>	1	
M	-0.58**	-0.42**	-0.03 <sup>ns</sup>	-0.36**	-0.49**	-0.36**	0.39**	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	1

A: بقا، B: کلروفیل a، C: کلروفیل b، D: کاروتنوئیدها، E: نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، F: کل رنگ‌دانه‌ها، G: پرولین، H: فنول کل، I: کربوهیدرات‌های محلول، J: مالون‌دی‌آلدئید، K: مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH، L: وزن خشک اندام هوایی، M: نسبت سدیم به پتاسیم. ns: عدم معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد، \*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و \*\*: معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد.

A: Survival, B: Chlorophyll a, C: Chlorophyll b, D: Carotenoids, E: Cha/Chb, F: Total pigments, G: Proline, H: Phenol, I: Soluble carbohydrates, J: MDA, K: DPPH, L: Dry matter, M: Na/K, ns, \* and \*\*: non-significant and significant in the probability levels of 5%, & 1%, respectively.

جدول ۷- تجزیه به عامل‌ها برای ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش شوری

Table 7. Factor analysis for lentil genotypes under salinity stress

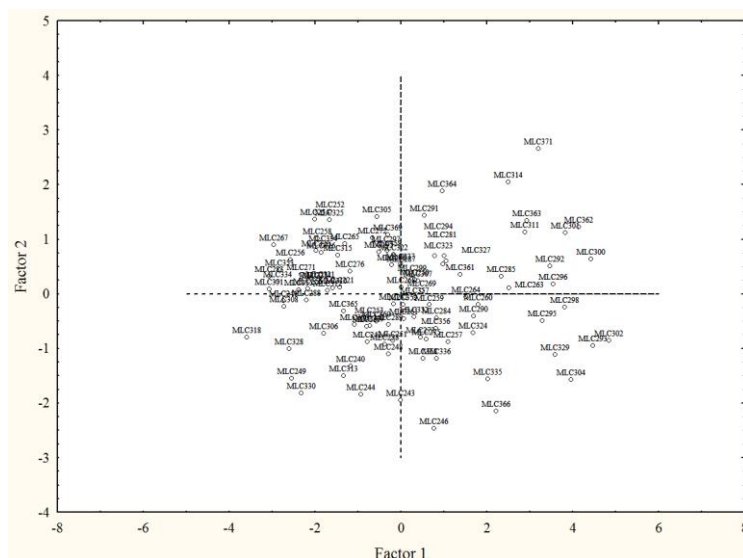
Traits	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Survival	-0.734	0.391	0.044	0.221
Cha	-0.952	-0.195	-0.016	-0.062
Chb	-0.486	-0.728	-0.098	-0.119
Carotenoids	-0.855	-0.071	0.176	-0.121
Cha/Chb	-0.909	0.152	0.020	-0.015
Total pigment	-0.929	-0.307	-0.003	-0.090
Proline	0.607	-0.227	-0.279	-0.147
Phenol	-0.496	0.222	-0.455	-0.269
Soluble carbohydrates	-0.318	0.059	-0.635	-0.071
MDA	0.112	0.154	-0.766	0.242
DPPH	-0.283	-0.495	-0.072	0.197
Dry matter	-0.293	0.620	0.091	-0.540
Na/K	0.537	-0.317	-0.059	-0.654
Eigen value	5.285	1.702	1.335	1.006
Cumulative variance (%)	40.651	53.739	64.005	71.745

MLC362، MLC363، MLC364 و MLC371 از نظر

عامل‌های اول و دوم به‌عنوان ژنوتیپ‌های با تحمل بالا به تنش معرفی شدند (شکل ۲).

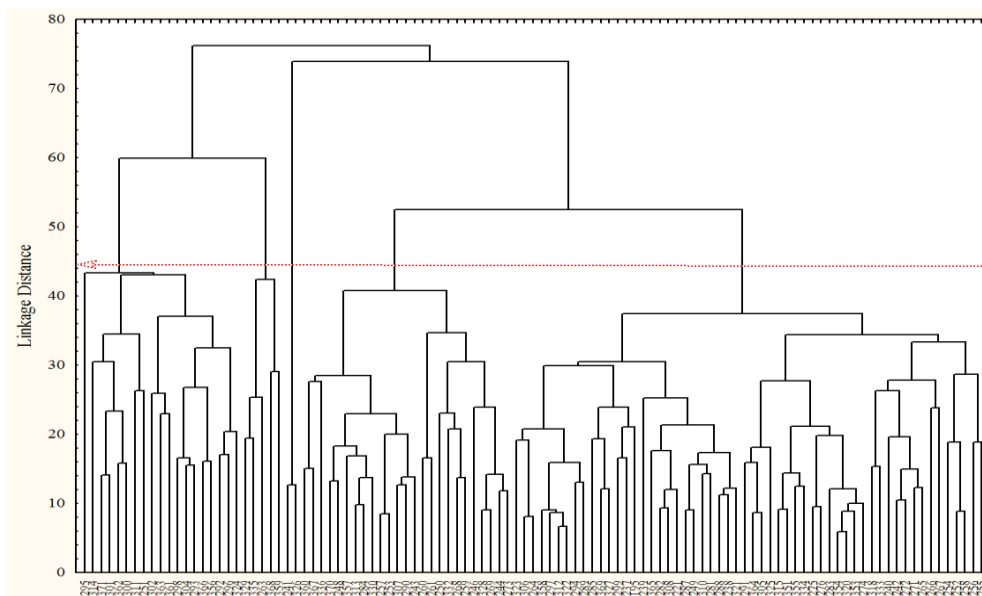
**تجزیه خوشه‌ای:** به‌منظور تعیین میزان قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر مبنای صفات مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و با استفاده از فاصله اقلیدسی انجام شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش شوری نشان داد که ۱۰۷ ژنوتیپ مورد بررسی به پنج گروه تقسیم‌بندی شدند (شکل ۳). گروه‌های پنج‌گانه به‌ترتیب شامل ۱۹، ۵، ۲، ۲۵ و ۵۶ ژنوتیپ بودند.

باتوجه‌به اینکه دو عامل اصلی اول و دوم به‌ویژه عامل اول بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند و صفات درصد بقا، محتوای کلروفیل a، کاروتنوئیدها، نسبت Cha/Chb، محتوای فنول کل، محتوای پرولین و نسبت Na/K از این صفات برای به‌دست‌آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد (شکل ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های MLC250، MLC263، MLC281، MLC285، MLC286، MLC291، MLC292، MLC294، MLC296، MLC299، MLC300، MLC301، MLC307، MLC311، MLC314، MLC316، MLC323، MLC327 و MLC357



شکل ۲- پراکنش ژنوتیپ‌های عدس بر اساس دو عامل اصلی اول و دوم.

Figure 2. Distribution of lentil genotypes on the basis of the first and the second components.



شکل ۳- دندوگرام مربوط به گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس با استفاده از صفات مورد مطالعه.

Figure 3. Classifying dendrogram in lentil genotype based on studied traits.

نتیجه گرفت بین بردار میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است. به این ترتیب، ژنوتیپ‌های قرارگرفته در درون گروه‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های قرارگرفته در گروه‌های متفاوت از نظر صفات مورد بررسی شباهت بیشتری با هم داشته و گروه‌بندی به‌طور صحیح انجام شده است.

به‌منظور تأیید تفاوت بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چند-متغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر انجام شد به‌طوری‌که گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شدند که در آن، آماره ویلکس لامبدا (Wilks' Lambda) در هر چهار متغیر در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۸)؛ بنابراین، می‌توان

جدول ۸- تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، آماره ویلکس لامبدا در ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش شوری  
Table 8. Analysis variation of multi variables based on unbalanced completely randomized design (CRD) Wilks' Lambda in lentil genotype under salinity stress

Function	df	Wilks' Lambda	Chi-square	Probability level
1	48	0.022	370	0.000
2	33	0.182	166	0.000
3	20	0.368	97.5	0.000
4	9	0.694	35.7	0.000

کانونیک بیان‌کننده واریانس مشترکی است که متغیرهای اندازه‌گیری شده با متغیرهای کانونیک دارند و می‌تواند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر معادله کانونیک مورد استفاده قرار گیرد (Cruz-Castillo *et al.*, 1994). برای توجیه توابع تشخیص از ضرایب تشخیص استاندارد شده استفاده می‌شود. این ضرایب تأثیر، هر صفت را پس از حذف اثرات سایر صفات در توابع تشخیص به دست می‌دهد؛ بنابراین اثرات خالص هر صفت را در تابع تشخیص محاسبه می‌کند. ضرایب استاندارد شده کانونیک صفات بقاء، محتوای کلروفیل a و نسبت Na/K در معادله اول تشخیصی کانونیک قابل توجه است (جدول ۱۰). از طرفی ضرایب صفات محتوای کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a/b، محتوای پرولین و فنول کل در دومین معادله تشخیصی کانونیک بالا بود (جدول ۱۰). این نتایج نشان می‌دهد که این صفات بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها دارند. در ادامه از متغیرهای کانونیک معنی‌دار اول و دوم برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد (شکل ۴). باتوجه به شکل ۴، ژنوتیپ‌های عدس در پنج گروه گروه‌بندی شدند و در هر گروه تنوع ژنتیکی درون گروهی کمی نسبت به تنوع ژنتیکی بین گروهی مشاهده شد.

به منظور بررسی صحت گروه‌بندی‌های به دست آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده شد (جدول ۹). نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌ها به طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و بجز گروه‌های یک و پنج که به ترتیب پنج و دو درصد ژنوتیپ‌ها در گروه خود قرار نگرفته‌اند؛ سایر گروه‌ها، ۱۰۰ درصد در گروه خود قرار گرفتند. در تجزیه تابع تشخیص کانونیک، دو متغیر اول کانونیک که مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند، در مجموع ۸۶ درصد واریانس موجود را تبیین کردند که می‌تواند به عنوان معیاری مطمئن جهت انتساب ارقام جدید به گروه صحیح مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۱۰). هر متغیر کانونیک، ترکیب خطی مجموعه متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و متغیرهای مجموعه اندازه‌گیری شده را محاسبه می‌کند (Vaylay & Van Santen, 2002). همبستگی کانونیک بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها با اولین متغیر کانونیک ( $R=0/936^{**}$ ) و دومین متغیر کانونیک ( $R=0/712^{**}$ ) نشان‌دهنده این است که متغیرهای کانونیک تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را به خوبی توجیه می‌کنند (جدول ۱۰). ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیک همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیک را محاسبه می‌کند. لذا ضرایب تشخیص استاندارد شده

جدول ۹- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش شوری

Table 9. The results of discriminant function for clustering validity of lentil genotypes under salinity stress

Group	Group Membership					Total
	1	2	3	4	5	
1	18	0	0	1	0	19
2	0	5	0	0	0	5
Total	3	0	0	2	0	2
	4	0	0	0	25	25
	5	0	0	0	1	55
Percent	1	95	0	0	5	100
	2	0	100	0	0	100
	3	0	0	100	0	100
	4	0	0	0	100	100
	5	0	0	0	2	98

جدول ۱۰- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش شوری

Table 10. Standardized canonical discriminant function coefficients measured groups in lentil genotypes under salinity stress

Traits	Canonical Function			
	1	2	3	4
Survival	0.989*	-0.307	0.155	0.005
Cha	-0.442*	-0.843	-0.031	-0.445
Chb	0.270	0.310	0.372	0.275*
Carotenoids	-0.140	0.075*	-0.218	0.107
Cha/Chb	0.325	0.836*	-0.303	-0.167
Proline	-0.165	-0.475*	-0.063	0.239
Phenol	0.003	0.661*	-0.053	-0.395
Soluble carbohydrates	0.145	-0.260	-0.019	0.470*
MDA	-0.174	0.122	1.015*	-0.114
DPPH	-0.146	0.108	0.111	0.523*
Dry matter	-0.047	0.567	0.223	0.855*
Na/K	-0.099*	0.188	-0.069	-0.331
Eigenvalue	7.098	1.027	0.885	0.442
Cumulative %	75.1	86.0	95.3	100
Canonical Correlation	0.936**	0.712**	0.685**	0.554**

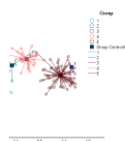
\*: بالاترین همبستگی مشاهده شده بین هر صفت و متغیر کانونیکی

\*: Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

انجام شد (جدول ۱۱). براساس نتایج تجزیه واریانس بجز صفات محتوای کلروفیل b و مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در کلیه صفات مورد مطالعه بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱۱). مقایسه میانگین گروه‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای درصد بقا نشان داد که گروه سوم بیشترین میانگین را دارا بود و پس از آن گروه پنجم در رتبه بعدی قرار گرفت. تفاوت میانگین این دو گروه با میانگین کل به ترتیب ۳۹/۷ و ۲۵/۲ درصد بود؛ از طرفی بین گروه‌های اول و دوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱۲).

همان‌طور که در کل مشاهده می‌شود کمترین فاصله بین گروه‌های سوم و پنجم و بیشترین فاصله بین گروه‌های سوم و اول مشاهده شد (شکل ۴). در واقع ژنوتیپ‌های هر گروه فاصله ژنتیکی کمی با یکدیگر دارند. با توجه به اینکه گروه‌های سوم و پنجم دارای درصد بقا و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی بالاتری داشتند در عین حال فاصله ژنتیکی کمی با یکدیگر دارند می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور ایجاد ژنوتیپ‌های جدید و به‌گزینی برای تحمل به شوری استفاده کرد.

به‌منظور بررسی دقیق‌تر گروه‌ها برای هر یک از صفات مورد مطالعه به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس یک‌طرفه



شکل ۴- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس بر اساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار تحت تنش شوری.

Figure 4. Cluster grouping of lentil genotypes based on significant canonical variable under controlled conditions.

جدول ۱۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گروه‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه عدس تحت تنش شوری

Table 11. Analysis of variance (mean square) based on measured groups in lentil genotypes under salinity stress

Traits	Between Groups	Within Groups
df	4	102
Survival	23985**	148**
Cha	0.387**	0.034**
Chb	0.002 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>
Carotenoids	0.019**	0.002**
Cha/Chb	3.84**	0.197**
Total pigment	0.612**	0.071**
Proline	443**	26.3**
Phenol	1808**	126**
Soluble carbohydrates	2.73**	0.715**
MDA	2054**	106**
DPPH	0.257 <sup>ns</sup>	0.455 <sup>ns</sup>
Dry matter	3242**	222**
Na/K	88.2**	7.24**

ns و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و معنی‌دار سطح احتمال یک‌درصد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: No significant at probability level of 5% and probability level of 1%, respectively.

عدس دو گروه سوم و پنجم از نظر صفات مؤثر مشخص شده در تعیین ضرایب استاندارد شده کانونیکی شامل بقا، محتوای کلروفیل a و نسبت Na/K در ژنوتیپ‌های در شرایط شور برتر هستند. باتوجه به نقش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در فرآیند فتوسنتز و تأثیر منفی تنش شوری به واسطه تنش‌های ثانویه مانند ترکیب‌های فعال اکسیژن بر رنگ‌دانه‌ها ژنوتیپ‌هایی که دارای پایداری بیشتری از نظر این ویژگی در شرایط تنش باشند برای اصلاح مناسب‌تر خواهند بود. از طرفی کاهش نسبت Na/K به مفهوم تجمع کمتر سدیم در بافت گیاهی است. کاهش جذب سدیم از خاک، کاهش انتقال سدیم به آوند چوبی، ذخیره سدیم در قسمت پایینی برگ (مانند غلاف)، جداسازی سدیم در واکوئل، از فعالیت‌های موثر در کاهش میزان سدیم در گیاهان هستند (Zhang *et al.*, 2018)؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی که قادر به کاهش نسبت Na/K باشند با جلوگیری از جذب سدیم تحمل بالاتری در شرایط تنش شوری دارند. در کل تمام فرآیندهای متابولیکی گیاه در شرایط تنش باید به حفظ بقا منتهی گردد (Zhang *et al.*, 2018). در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌های گروه سوم و پنجم دارای صفاتی هستند که می‌توان در اصلاح عدس در تحمل به تنش شوری از آن‌ها استفاده کرد.

از نظر محتوای کلروفیل a نیز دو گروه سوم و پنجم در بالاترین رتبه قرار گرفتند؛ ولی تفاوت معنی‌داری با گروه چهارم از این نظر مشاهده نشد. از نظر نسبت Na/K، دو گروه سوم و پنجم کمترین مقدار این نسبت را به خود اختصاص دادند و سایر گروه‌ها تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۱۲). از نظر محتوای کاروتنوئیدها گروه‌های سوم، چهارم و پنجم از میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند. نکته قابل توجه کاهش پرولین در گروه‌های سوم، چهارم و پنجم بود که از بقای بالاتری نسبت به گروه‌های اول و دوم برخوردار بودند. در شرایط تنش شوری حفظ تعادل اسمزی از طریق حفظ سطح مناسبی از اسمولیت‌های سازگار نیز بسیار مهم است. املاحی که در طول تغییرات اسمزی تجمع می‌یابند شامل اسیدهای آمینه مانند پرولین و آمین‌های چهارتایی مانند گلیسین بتائین است. تجمع چشمگیر پرولین یک پاسخ فیزیولوژیکی رایج در گیاهانی است که در معرض تنش‌های غیر زیستی مختلف قرار دارند (Hnilickova *et al.*, 2021). در این مطالعه ژنوتیپ‌های گروه سوم و پنجم که بقای بالای داشتند از محتوای پرولین کمتری برخوردار بودند. احتمالاً بتوان عنوان کرد این ویژگی در بقای گیاه در شرایط تنش شوری تأثیر چندانی نداشته است. براساس این نتایج می‌توان عنوان کرد که ژنوتیپ‌های



جدول ۱۲- مقایسه میانگین و انحراف از میانگین صفات گروه‌ها در صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش شوری

Table 12. Cluster analysis in lentil genotypes in saline condition

Group 1	MLC251, MLC292, MLC293, MLC295, MLC296, MLC298, MLC300, MLC301, MLC302, MLC304, MLC311, MLC314, MLC324, MLC356, MLC361, MLC362, MLC363, MLC366, MLC371										
Group 2	MLC263, MLC329, MLC335, MLC359, MLC368										
Group 3	MLC241, MLC326										
Group 4	MLC243, MLC244, MLC246, MLC248, MLC250, MLC253, MLC257, MLC259, MLC260, MLC261, MLC268, MLC269, MLC273, MLC284, MLC290, MLC307, MLC313, MLC328, MLC330, MLC332, MLC336, MLC357, MLC360, MLC367, MLC370										
Group 5	MLC195, MLC221, MLC237, MLC238, MLC239, MLC240, MLC242, MLC249, MLC252, MLC254, MLC255, MLC256, MLC258, MLC264, MLC265, MLC266, MLC267, MLC271, MLC272, MLC274, MLC275, MLC276, MLC281, MLC282, MLC283, MLC285, MLC287, MLC288, MLC289, MLC291, MLC294, MLC297, MLC299, MLC305, MLC306, MLC308, MLC310, MLC312, MLC315, MLC318, MLC320, MLC321, MLC322, MLC323, MLC325, MLC327, MLC332, MLC334, MLC351, MLC353, MLC354, MLC355, MLC358, MLC364, MLC365										
Group Number	Group 1		Group 2		Group 3		Group 4		Group 5		
Number of	19		5		2		25		56		
Traits	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Toal mean
A	8.00 <sup>d</sup>	-48.5	21.5 <sup>d</sup>	-35.0	96.2 <sup>a</sup>	39.7	40.6 <sup>c</sup>	-15.9	81.7 <sup>b</sup>	25.2	56.4
B	0.283 <sup>c</sup>	-0.235	0.377 <sup>b</sup>	-0.141	0.648 <sup>a</sup>	0.131	0.533 <sup>ab</sup>	0.016	0.59	0.080	0.517
C	0.297 <sup>a</sup>	-0.008	0.298 <sup>a</sup>	-0.007	0.278 <sup>a</sup>	-0.027	0.297 <sup>a</sup>	-0.008	0.31	0.008	0.306
D	0.055 <sup>b</sup>	-0.048	0.049 <sup>b</sup>	-0.054	0.145 <sup>a</sup>	0.042	0.113 <sup>a</sup>	0.009	0.11	0.015	0.103
E	0.939 <sup>c</sup>	-0.745	1.25 <sup>c</sup>	-0.430	2.32 <sup>a</sup>	0.640	1.78 <sup>b</sup>	0.09	1.91 <sup>a</sup>	0.227	1.68
F	0.635 <sup>c</sup>	-0.290	0.724 <sup>b</sup>	-0.201	1.072 <sup>a</sup>	0.146	0.943 <sup>a</sup>	0.018	1.03 <sup>a</sup>	0.103	0.926
G	15.1 <sup>a</sup>	8.19	11.4 <sup>a</sup>	4.48	2.59 <sup>b</sup>	-4.29	5.28 <sup>b</sup>	-1.59	4.56 <sup>b</sup>	-2.31	6.87
H	18.6 <sup>b</sup>	-17.1	44.8 <sup>a</sup>	9.11	44.9 <sup>a</sup>	9.20	41.7 <sup>a</sup>	5.99	37.6 <sup>a</sup>	1.97	35.7
I	0.970 <sup>b</sup>	-0.293	1.29 <sup>b</sup>	0.023	2.72 <sup>a</sup>	1.46	0.924 <sup>b</sup>	-0.340	1.46 <sup>b</sup>	0.197	1.26
J	20.0 <sup>b</sup>	-0.734	59.1 <sup>a</sup>	38.4	20.3 <sup>b</sup>	-0.416	15.0 <sup>b</sup>	-5.74	20.2 <sup>b</sup>	-0.601 <sup>b</sup>	20.8
K	0.942 <sup>a</sup>	0.002	0.884 <sup>a</sup>	-0.056	1.594 <sup>a</sup>	0.654	0.989 <sup>a</sup>	0.049	0.89	-0.041	0.940
L	32.2 <sup>c</sup>	-13.8	44.7 <sup>bc</sup>	-1.30	110.2 <sup>a</sup>	64.2	52.6 <sup>b</sup>	6.58	45.6 <sup>b</sup>	-0.421	46.0
M	7.17 <sup>a</sup>	2.43	6.65 <sup>a</sup>	1.91	1.48 <sup>b</sup>	-3.26	6.31 <sup>a</sup>	1.57	3.16 <sup>b</sup>	-1.58	4.74

MLC: کلکسیون عدس مشهد، A: بقا (%), B: کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، C: کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، D: کاروتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، E: نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، F: کل رنگدانه‌ها (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، G: پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، H: فنول کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، I: کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، J: مالون‌دی‌آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر)، K: مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، L: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، M: نسبت سدیم به پتاسیم. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان گروه‌های مختلف است.

MLC: Mashhad Lentil Collection, A: Survival (%), B: Chlorophyll a (mg.gfw<sup>-1</sup>), C: Chlorophyll b (mg.gfw<sup>-1</sup>), D: Carotenoids (mg.gfw<sup>-1</sup>), E: Cha/Chb, F: Total pigments (mg.gfw<sup>-1</sup>), G: Proline (mg.gfw<sup>-1</sup>), H: Phenol (mg.gfw<sup>-1</sup>), I: Soluble carbohydrates (mg.gfw<sup>-1</sup>), J: MDA (nm.gfw<sup>-1</sup>), K: DPPH (mg.gfw<sup>-1</sup>), L: Dry matter (mg.plant<sup>-1</sup>), M: Na/K. Means with the same letters are significantly differences.

## نتیجه‌گیری کلی

نسبت کلروفیل a/b، محتوای پرولین، فنول کل و نسبت Na/K در مقایسه با سایر صفات از قدرت بیشتری برای تمایز ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به شوری برخوردار بودند. در نهایت، ژنوتیپ‌های عدس گروه سوم و پنجم حاصل از تجزیه خوشه‌ای از برتری نسبی بالاتری برای تحمل به شوری برخوردار بودند که می‌توان از آن‌ها در مطالعات تکمیلی برای تولید ارقام متحمل به شوری استفاده کرد.

به‌طور کلی بررسی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم در شرایط آبکشت نشان داده که تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد. در میان ۱۰۷ ژنوتیپ عدس، ۳۹ ژنوتیپ دارای بقای بین ۱۰۰-۷۶ درصد بودند. در میان صفات مورد مطالعه درصد بقا، محتوای کلروفیل a، محتوای کاروتنوئیدها،

## REFERENCES

1. Abe, N., Murata, T. & Hirota, A. (1998). Novel DPPH radical scavengers, bisorbicillinol and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62(4), 661-666.

2. Aghakhah Razlighi, Z., Abdolhossein, R. & Larijani, K. (2019). Investigation of total phenolic and flavonoid contents, and evaluation of antioxidant activities of *Verbascum cheiranthifolium* Boiss. extract from Kolakchal region, Tehran province', *Applied Biology*, 8(32), 53-62. (In Persian)
3. Bandoğlu, E., Eyidogan, F., Yucel, M. & Oktem, H.A. (2004). Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. *Plant Growth Regulation*, 42, 69-77.
4. Bandurska, H. (1998). Implication of ABA and proline on cell membrane injury of water deficit stressed barley seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 20(4), 375-381.
5. Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
6. Cruz-Castillo, J.G., Ganeshanandam, S., MacKay, B.R., Lawes, G.S., Lawoko, C.R.O. & Woolley, D.J. (1994). Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. *Horticultural Science*, 29(10), 1115-1119.
7. Dere, S., Gines, T. & Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22(1), 13-17.
8. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F.A.J.N. (1951). A colorimetric method for the determination of sugars. *Nature*, 168(4265), 167-167.
9. Falah, M.A.F., Wajima, T., Yasutake, D., Sago, Y. & Kitano, M. (2010). Responses of root uptake to high temperature of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in soil-less culture. *Journal of Agricultural Technology*, 6(3), 543-558.
10. Firoozeh, R., Khavarinejad, R., Najafi, F. & Saadatmand, S. (2019). Effects of gibberellin on contents of photosynthetic pigments, proline, phenol and flavonoid in savory plants (*Satureja hortensis* L.) under salt stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 31(4), 894-908. (In Persian)
11. Gunes, A., Inal, A., Bagci, E. G. & Pilbeam, D. J. (2007). Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic- B toxic soil. *Plant Soil*, 290, 103-114.
12. Harb, A., Ali, S., & Abu Alhaija, A.A. (2017). Possible mechanisms of increasing salt tolerance in lentil plants after pre-exposure to low salt concentration. *Russian Journal of Plant Physiology*, 64(4), 478-485.
13. Heath, R.L. & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(1), 189-198.
14. Hnilickova, H., Kraus, K., Vachova, P. & Hnilicka, F., (2021). Salinity stress affects photosynthesis, malondialdehyde formation, and proline content in *Portulaca oleracea* L. *Plants*, 10(5), 845.
15. Hoagland, D.R. & Arnon, D.I. (1950). *The water-culture method for growing plants without soil*. Circular (2nd ed.). California Agricultural Experiment Station.
16. Hossain, M.S., Alam, M.U., Rahman, A., Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Al Mahmud, J. & Fujita, M., (2017). Use of iso-osmotic solution to understand salt stress responses in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *South African Journal of Botany*, 113, 346-354.
17. Jiang, M. & Zhang, J. (2001). Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. *Plant and Cell Physiology*, 42(11), 1265-1273.
18. Kafi, M., Asadi, H. & Ganjeali, A. (2010). Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. *Agricultural Water Management*, 97(1), 139-147.
19. Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zare Mehrjerdi, M. & Masomi, A. (2011). Effect of salinity on some physiological variables of 11 chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 1(4), 55-70. (In Persian)
20. Kaya, A., Aydın, O. & Dincer, I. (2008). Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward kiwi fruits (*Actinidia deliciosa* Planch). *Journal of Food Engineering*, 88(3), 323-330.
21. Molassiotis, A., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G. & Therios, I. (2006). Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM9 (*Malus domestica* Borkh). *Environmental and Experimental Botany*, 56, 54-62.
22. Muscolo, A., Junker, A., Klukas, C., Weigelt-Fischer, K., Riewe, D. & Altmann, T. (2015). Phenotypic and metabolic responses to drought and salinity of four contrasting lentil accessions. *Journal of Experimental Botany*, 66(18), 5467-5480.

23. Navari-Izzo, F., Pinzino, C., Quartacci, M.F., Sgherri, C.L.M. & Izzo, R. (1994). Intracellular membranes: Kinetics of superoxide production and changes in thylakoids of resurrection plants upon dehydration and rehydration. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*, 102, 187-191.
24. Pandey, A.K. & Sengar, R.S. (2020). Effect of salt stress on salt tolerant indices of morpho-physiological traits and yield attributes of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *International Journal of Chemical Studies*, 8, 2292-2301.
25. Pietta, P.G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63(7), 1035-1042.
26. Rahimi, A., Norton, R., McNeil, D. & Hoseini, S.M. (2009). Effects of salinity and temperature on germination, seedling growth and ion relations of two lentil (*Lens culinaris*) cultivars. *Seed Technology*, 31(1), 76-86.
27. Rasool, S., Hameed, A., Azooz, M. M., Siddiqi, T. O. & Ahmad, P. (2013). *Salt stress: Causes, types and responses of plants. In ecophysiology and responses of plants under salt stress* (pp. 1-24). Springer, New York, NY.
28. Shahadat Hossain, M.D., Mirza Hasanuzzaman, M.D., Sohag, M. H., Bhuyan B. & Masayuki Fujita, M. H. M. (2019). Acetate-induced modulation of ascorbate: Glutathione cycle and restriction of sodium accumulation in shoot confer salt tolerance in *Lens culinaris* Medik. *Journal of Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(1), 443-455.
29. Singleton, V.L. & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
30. Skliros, D., Kalloniati, C., Karalias, G., Skaracis, G.N., Rennenberg, H. & Fliemetakis, E. (2018). Global metabolomics analysis reveals distinctive tolerance mechanisms in different plant organs of lentil (*Lens culinaris*) upon salinity stress. *Plant and Soil*, 429(1), 451-468.
31. Subroto, K., Das, A.T. & Rafiqul Islam, M. (2018). Effects of salinity on germination and seedling growth of lentil (*Lens culinaris* Medik) varieties in Bangladesh, *Barishal University Journal*, 5(1, 2), 141-151.
32. Tabrizi, L., & Koochaki, A. (2014). *Medical herbs: Ecology, production and sustainable cultivation*. University of Tehran Publication. (In Persian)
33. Tandon, H. L. S. (1995). *Methods of analysis of soils, plants, water and fertilizers*. FDCO, New Delhi.
34. Vaylay, R. & Van Santen, E. (2002). Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. *Crop Science*, 42(2), 534-539.
35. Zargoosh, Z., Ghavam, M., & Tavili, A. (2019). Comparison of antioxidant and total phenol of *Scropholaria striata* boiss. In different weather conditions of Ilam province. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 32 (4), 759-768. (In Persian)
36. Zhang, Y., Fang, J., Wu, X. & Dong, L. (2018). Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> balance and transport regulatory mechanisms in weedy and cultivated rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress. *BMC Plant Biology*, 18(1), 1-14.