"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
(ص ۹۶-۸۵)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 2, Summer 2021
(pp: 85-96)
DOI: 10.22034/ijsst.2020.341481.1323
Research Article

ارتباط تحمل تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی با گیاه بالغ در ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.)

فاطمه حمیدی[۱]، شکیبا شاهمرادی[۲*]، کمال سادات اسیلان[۳]، سیروس منصوری فر[۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲. استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳و۴. دانشیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
(تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۱۰/۱۸؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۳/۰۶)

چکیده

تنش‌های محیطی، از مهمترین عوامل کاهش رشد و نمو گیاه به ویژه در مرحله جوانه‌زنی گیاه می‌باشند. هدف این آزمایش ارزیابی تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) در مرحله جوانه‌زنی و گیاه کامل و ارزیابی ارتباط میان آنها می‌باشد. در ابتدا آستانه تحمل (LD50) جوانه‌زنی گیاه جو نسبت به تنش شوری با استفاده از نمک NaCl، تعیین شد. سپس آزمایش تنش شوری در ۷ ژنوتیپ جو زراعی به همراه سه رقم شاهد در۴ سطح مختلف تنش به صورت آزمایش فاکتوریل، انجام شد. براساس نتایج تجزیه پروبیت مقدار آستانه تحمل در شرایط تنش شوری حدود ۱۸ دسی‌زیمنس برمتر به دست آمد و بر این اساس سطوح آزمایش تنش شوری صفر، ۹، ۱۸ و ۲۷ دسی‌زیمنس برمتر، تعیین شد. تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که در دو سطوح تنش ملایم و متوسط در آزمایش جوانه‌زنی (۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر) که غلظت شوری نزدیک به شرایط مزرعه‌ای بود، شاخص‌های تحمل در شرایط آزمایشگاه و مزرعه ارتباط نزدیکی را نشان دادند. این ارتباط در سطوح تنش شدید (۲۷ دسی‌زیمنس‌برمتر) مشاهده نشد. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد ژنوتیپ‌های TN4807، KC70173، TN6141 و رقم نصرت، دارای تحمل بالاتری در شرایط جوانه‌زنی (۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر) و شرایط مزرعه‌ای بودند.

واژه‌های کلیدی: سدیم کلراید، جوانه‌زنی، گیاه بالغ، ژنوتیپ جو

The relationship between salt stress tolerance at germination stage and mature plant in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes

F. Hamidi[1], Sh. Shahmoradi[2]*, K.S. Asilan[3], C. Mansourifar[4]

1. Graduated M.S. in Agronomy, Department of Agriculture, University of Payam-e-Noor, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3, 4. Associate Professor, Department of Agriculture, University of Payam-e-Noor, Tehran, Iran.
(Received: Jan. 08, 2020 – Accepted: May. 26, 2020)

Abstract

Environmental stress is the main effect reducing plant growth and development especially in germination stage. The aim of this project was to determine the threshold for salt stress tolerance in germination stageand mature plant in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes and evaluate the relation between indices. First, the LD50 test was conducted for salt stress tolerance using NaCl, then probit analyze was done. The reaction of seven selected genotypes from barley and three cultivars were assessed in four levels of salinity and drought stress. Factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications. Based on probit analysis, the LD50 for salinity stress was 18 ds/m. Salt stress germination experiment included control, 9, 18 and 27 ds/m levels. Principal component analysis showed that at two levels of moderate and moderate stress in germination experiments (9 and 18 dS / m) that the salinity concentration was close to field conditions, in vitro tolerance indices and the field showed a close relationship. This relationship was not observed at severe stress levels (27 ds/m). Overall, the results showed that genotypes TN4807, KC70173, TN6141 and Nosrat cultivar had higher tolerance to germination conditions (9 and 18 ds/m) and field conditions.

Keywords: NaCl, Germination, Mature plant, barley genotypes.

* Email: shakibashahmoradi@gmail.com

مقدمه

تنش‌های محیطی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌روند (Golparvar *et al.*, 2003). شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که تولید محصولات کشاورزی را محدود می‌سازد. اثرات منفی شوری ناشی از افزایش املاح در محیط اطراف ریشه به عبارتی لایه‌های سطحی خاک‌های زراعی است که منشا آن نوع سنگ‌های مادری تشکیل دهنده خاک، استفاده از آب‌های شور و یا مدیریت نامناسب زراعی می‌باشد (FAO, 2008 و Szabolcs, 1989). تنش شوری تقریبا بر همه جنبه‌های فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی گیاه تاثیر می‌گذارد (Gorai and Neffati, 2007). صدمات ناشی از تنش شوری در گیاهان شامل سمیت یونی (Zhu, 2001)، تنش اسمزی، عدم تعادل عناصر غذایی، تغییر فرآیندهای متابولیکی، کاهش در فتوسنتز (Shabala, 2003) و تنش اکسیداتیو (Hasegawa *et al.*, 2000) می‌باشند که اغلب آنها با تغییر ساختار سلول گیاهی مرتبط می‌باشند. یکی از مکانیزم‌های کلیدی برای تحمل نسبت به تنش شوری در گیاهان، به حداقل رساندن جذب نمک و یا انتقال نمک به واکوئل‌ها می‌باشد (Sze *et al.*, 2002; Munns and Tester, 2008).

امروزه به علت استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و به کارگیری تکنولوژی‌های نامناسب در تولید محصولات کشاورزی به ویژه در رابطه با آب آبیاری، بخش قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی درمناطق خشک با پدیده شوری مواجه هستند (Koocheki and Mahalati, 1994). در ایران در حدود ۲۳۵ هزارکیلومتر مربع (به عبارت دیگر ۱۴/۲ درصد از کل مساحت کشور)، تحت تأثیر شوری قرار دارد که معادل ۵۰ درصد از اراضی زیر کشت آبی را شامل می‌شود (Pazira, 1999). بنابراین به نظر می‌رسد که شوری تهدیدی جدی برای کشاورزی پایدار در ایران محسوب می‌شود (Siadat 1998). یکی از راه‌های استفاده از اراضی شور برای تولید محصولات کشاورزی، بهره‌گیری از تنوع ژنتیکی گیاهان زراعی و مرتعی است (Ladeiro, 2012). با اصلاح و گزینش ژنوتیپ‌های سازگار و متحمل به شوری، می‌توان زراعت در این مناطق را توسعه داد. تنوع ژنتیکی زیادی در بین ژنوتیپ‌های زراعی و بومی جو و والدین وحشی آن وجود دارد و این امر امکان به‌نژادی و دسترسی به ژنوتیپ‌های سازگار به تنش شوری را فراهم می‌سازد. آشکار شده است که تفاوت معنی‌دار در تحمل به شوری بین گونه‌های گیاهی و ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد (Munns and Tester, 2008).

جو گیاه زراعی مهمی است که دارای مصارف غذایی، علوفه‌ای و تولید مالت می‌باشد. اهمیت ویژه این گیاه از توانایی رشد و نمو و تولید محصول آن در اراضی حاشیه‌ای دارای تنش خشکی، سرما و شوری ناشی می‌گردد (Van Oosterom *et al.*, 1993; Maas and Hoffman, 1997; Dawson *et al.*, 2015). جو قابلیت کشت در دامنه محیطی وسیعی دارد و تحمل آن نسبت به تنش شوری بیشتر از سایر غلات است (Harlan, 1976). بهترین و موثرترین روش برای تولید محصولات زراعی سازگار با شوری خاک، ایجاد ارقام متحمل به شوری می‌باشد، بنابراین درک مکانیزم تحمل شوری پیش نیاز اصلاح ژنتیکی گیاه زراعی است (Zahra *et al.*, 2014).

مانو و همکاران (Mano *et al.*, 1996) در بررسی ۶۷۱۲ ژنوتیپ جو و ۳۶۸ لاین ایزوژنیک در شرایط تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی نتیجه گرفتند که ژنوتیپ‌های بومی چین و کره دارای بالاترین تحمل به شوری در مرحله جوانه زنی بودند و پس از این دو گروه ژنوتیپ‌های بومی جنوب‌غربی آسیا از جمله ایران، از تحمل بالایی برخوردار بودند. همچنین ژنوتیپ‌های بومی ترکیه و ژاپن دارای کمترین میانگین تحمل به شوری بودند. برخی از ژنوتیپ‌های بسیار متحمل، قابلیت جوانه زنی در آب دریا را

نیز داشتند. تحقیقات نشان داده است که تنوع ژنتیکی بالایی در ژنوتیپ‌های مختلف جو اهلی بومی ایران وجود دارد. شاهمرادی و همکاران (Shahmoradi *et al.*, 2011) تنوع فنوتیپی ۲۷۸ مورفوتیپ جو زراعی از کلکسیون موجود در بانک ژن گیاهی ملی را مورد بررسی قرار دادند. پارامترهای آمار توصیفی صفات کمی مورفوتیپ‌ها نشان دهنده این بود که دامنه تنوع در صفات مختلف، متفاوت است. در بررسی واکنش ژنوتیپ های مختلف جو نست به تنش خشکی (Shahmoradi and Zahravi, 2014)، نتایج تحقیق نشان دهنده وجود تنوع بالا در تحمل نسبت به تنش در ژرم‌پلاسم جو بومی مناطق گرم و خشک ایران بود.

به علت افزایش مشکلات شوری در کشورهای مختلف جهان، به‌نژادی برای مقاومت به شوری نیاز به توجه بیشتری دارد. در کنار بهره برداری از منابع ژنتیکی، استفاده از روش‌های صحیح انتخاب ژنوتیپ‌های برتر دراین راستا به به‌نژادگران کمک می‌کند. این تحقیق به منظور ارزیابی و شناسایی ویژگی‌های مرتبط با تحمل به تنش شوری، با هدف بهره‌برداری از آن به عنوان معیار گزینش ژنوتیپ‌های مناسب شرایط شور، انجام گرفت. به این منظور، آستانه تحمل و واکنش ژنوتیپ‌های مختلف جو نسبت به سطوح مختلف تنش شوری در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های جو اهلی (*Hordeum vulgare* L.) نسبت به تنش شوری، آزمایشی در مؤسسه تحقیقاتی اصلاح و تهیه نهال و بذر بخش ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران، در سال ۱۳۹۳ به اجرا درآمد. این تحقیق بر روی ۷ ژنوتیپ جو از کلکسیون ژرم پلاسم جو در بانک ژن گیاهان ملی ایران (NPGBI) به همراه رقم پر پتانسیل نصرت، رقم مقاوم به شوری افضل و لاین حساس L-527 انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- ژنوتیپ‌های جو بانک ژن گیاهی ملی ایران در آزمایش تنش شوری

Table 1- Genotypes from barley collection of National Plant Gene Bank of Iran in salt stress test

شماره	کد شناسایی	مشخصات ژنوتیپ
Number	KC /TN	Genoype
1	KC70173	NPGBI Germplasm
2	TN6684	NPGBI Germplasm
3	TN4807	NPGBI Germplasm
4	TN6141	NPGBI Germplasm
5	TN6287	NPGBI Germplasm
6	TN6476	NPGBI Germplasm
7	TN6607	NPGBI Germplasm
8	Nosrat	High yielding cultivar
9	Afzal	Tolerant cultivar
10	L-527	Susceptible Line

آزمایش جوانه‌زنی

آزمون LD50

به منظور تعیین سطوح تیمارهای تنش شوری در ابتدا آزمون LD50 انجام شد. این آزمون حد کشنده تنش را در گیاه بررسی می‌کند (Delatorre *et al*,. 2009). مقدار LD50 برای تنش شوری، غلظتی از نمک مورد نظر است که در آن ۵۰٪ گیاهان مورد آزمایش از بین خواهند رفت. به این منظور در ابتدا بذور ۱۰۰ ژنوتیپ مختلف جو

به طور تصادفی انتخاب شده و در غلظت‌های مختلف شوری در چهار تکرار موردارزیابی قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل ۶ سطح مختلف شوری ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰دسی زیمنس بر متر($ds\ m^{-1}$) در کنار تیمار کنترل بود و هر تیمار شامل ۱۰۰ بذر از ۱۰۰ ژنوتیپ مختلف جو زراعی می‌شد . سطوح شوری با استفاده از غلظت‌های مختلف محلول NaCl ایجاد شد و این محلول ها به تشتک‌های حاوی بذور ژنوتیپ ها اضافه شد. پس از گذشت ۷ روز میزان درصد جوانه‌زنی در هر یک از سطوح مورد آزمایش ارزیابی و ثبت گردید. سپس به منظور تعیین میزان LD50 در نمونه‌های مورد بررسی، تجزیه پروبیت داده‌ها در نرم‌افزار SPSS16.0 انجام شد.

درصد جوانه‌زنی (Bajji *et al.*, 2002)

شاخص جوانه‌زنی (AOSA, 1983)

میانگین زمان جوانه‌زنی (Munns *et al.*, 1986)

قدرت جوانه‌زنی (Roan *et al.*, 2002)

ارزش جوانه‌زنی (CZabator, 1962)

سرعت جوانه‌زنی (Bajji *et al.*, 2002)

شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (Rajabi and Poostini, 2004)

N: تعداد بذرهای کاشته شده

n_i: تعداد بذرهای جوانه زده در یک فاصله زمانی مشخص

MDG: میانگین تعداد روزهای لازم برای جوانه‌زنی

PV : حداکثر میانگین جوانه‌زنی طی دوره جوانه‌زنی

PI_N: سرعت جوانه‌زنی در شرایط نرمال

آزمون شاخص‌های جوانه‌زنی

بعد از تعیین LD50، سطوح تنش شوری شامل تیمارکنترل، ۹، ۱۸ و ۲۷ (دسی زیمنس بر متر) تعیین گردید. آزمایش در ۷ ژنوتیپ جو (جدول۱) به همراه سه رقم و لاین نصرت، افضل L-527 در۴ سطح مختلف تنش در۴ تکرار به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی انجام شد (با توجه به تعداد بالای ژنوتیپ ها و به منظور محاسبه خطای هر تکرار). در این آزمایش قبل از کشت، بذرها با استفاده از هیپوکلریت‌سدیم ۵٪ ضدعفونی شده و در ۴ تکرار ۲۵ بذری از هر ژنوتیپ، در پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری بر روی کاغذ صافی کشت شده و در ژرمیناتور با دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. صفات جوانه‌زنی به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$\text{Germination rate} = n/N \times 100 \quad (۱)$$

$$\text{Germination Index} = \sum (ni/ti) \quad (۲)$$

$$\text{Mean germination time} = \sum (n_i . t_i) / \sum n \quad (۳)$$

$$\text{Germination energy} = MNG/N \times 100 \quad (۴)$$

$$\text{Germination value} = MDG \times PV \quad (۵)$$

$$PI = nd2\ (1) + nd4\ (0.66) + nd6\ (0.33) \quad (۶)$$

$$GSI = (PI_S / PI_N) \times 100 \quad (۷)$$

n: تعداد کل بذرهای جوانه زده طی دوره ti

t_i: تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی

MNG: حداکثر درصد تجمعی بذرهای جوانه زده

PI_S: سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری

آزمایش مزرعه‌ای

به منظور ارزیابی واکنش به تنش شوری در شرایط مزرعه‌ای، ژنوتیپ‌ها در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳در دو شرایط نرمال و تنش شوری (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد)، مورد ارزیابی قرار گرفتند. به این منظور دو آزمایش جداگانه شامل آزمایش بدون تنش شوری در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد و آزمایش تنش شوری در مرکز تحقیقات شوری اردکان یزد اجرا شد.کشت ژنوتیپ‌ها در هر دو آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. کلیه

عملیات زراعی مورد نیاز جهت رشد و نمو مطلوب این گیاه نظیر تهیه زمین، آبیاری و وجین علف‌های هرز در طول فصل کشت انجام گرفت. میزان تنش شوری اعمال شده بر اساس نتایج آزمایش خاک در مزرعه آزمایش شرایط نرمال در حدود ۳ دسی زیمنس بر متر و در شرایط تنش شوری در حدود ۱۵ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲).

جدول۲- نتایج تجزیه خاک در مزرعه تحقیقاتی تحت شرایط نرمال و تنش شوری (یزد)

Table 2- Soil analysis in research field under normal and stress (Yazd) conditions

شرایط Condition	عمق خاک(cm) Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC_e (dS/m)	pH	کربن آلی Organic carbon(%)	فسفات قابل دسترس available Phosphorus ppm	پتاسیم قابل دسترس available potassium (ppm)	بافت خاک Soil texture	یون پتاسیم K^+	یون سدیم Na^+	یون منیزیم Mg^{++}	یون کلسیم Ca^{++}	یون سولفات SO_4^-	یون کلر Cl^-	یون بی کربنات HCO_3^-	نسبت جذب سدیم SAR
								(meq/L)							
Normal	0-30	3.26	8.5	0.47	5.29	228	C.L	0.03	3.4	3.3	6.3	3.6	5.3	3.7	1.55
Salt stress	0-30	15.24	7.43	0.35	15.05	134	S.C.L	0.85	107.96	26.8	21.6	18.71	135.5	3	21.95

صفت زراعی عملکرد دانه در هر دو شرایط اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین میزان تحمل به تنش شوری در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، شاخص تحمل تنش (Fernandez, 1992) در ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط نرمال (Y_P) و تنش شوری (Y_S) و میانگین عملکرد پتانسیل (Y_P) محاسبه گردید(رابطه ۱). در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار spss16.0 انجام شد.

شاخص تحمل تنش (Fernandez, 1992)

$$STI = (Y_p)(Y_s)/(\overline{Y}_p)^2$$

نتایج و بحث

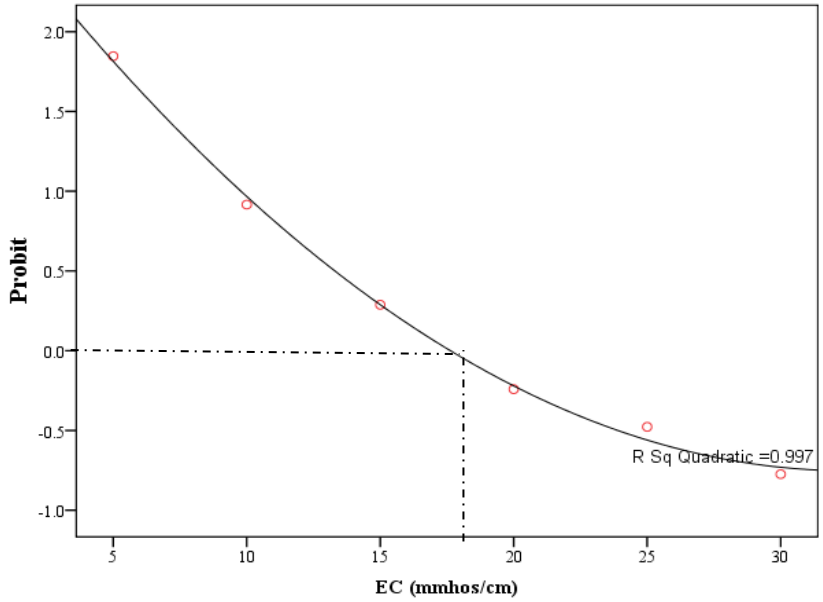
نتایج حاصل از تجزیه پروبیت داده‌های حاصل از آزمون LD50 نشان داد، آستانه تحمل در ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش شوری در حدود ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر می‌باشد (شکل ۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال۱درصد معنی دار بوده است (جدول۳). همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داده است که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و تنش شوری نیز بر کلیه صفات جوانه‌زنی معنی‌دار شده است (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که واکنش ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف تنش متفاوت بوده است.

مقایسه میانگین صفات جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش غلظت شوری مقدار تمامی صفات به جز میانگین زمان جوانه‌زنی کاهش یافته است (شکل۲-C). این امر نشان‌دهنده کندتر شدن فرایند جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش شوری می‌باشد که به نظر می‌رسد ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی به دلیل غلظت املاح نمکی و مشکل‌تر شدن فرآیندجذب آب توسط بذور باشد (Baybordi and Tabatabaei, 2009).

تحقیقات نشان داده است که اثر منفی تنش شوری بر جوانه‌زنی در گیاهان در سطوح ملایم تنش به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی و در سطوح بالاتر ناشی از اثر سمی یون‌ها می‌باشد. مونز و ترمات (Munns and Termaat, 1986)

اظهار داشتند که افزایش تنش شوری سرعت و درصد جوانه‌زنی ارقام مختلف جو را کاهش می‌دهد. بیبوردی و طباطبائی (Baybordi and Tabatabaei, 2009) در بررسی فیزیولوژیکی تحمل ارقام کلزا به شوری بیان کردند با افزایش شوری درصد جوانه‌زنی نهایی کاهش می‌یابد و دلیل آن را کندی جذب آب در اثر ایجاد پتانسیل اسمزی با افزایش شوری و نیز اثرات سمی سدیم بر فرایندهای متابولیکی گیاه دانستند.



شکل ۱- تجزیه پروبیت داده‌های حاصل از آزمون LD50 و تعیین آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های جو

Figure 1- Probit analysis of test data to determine the LD50 and salinity tolerance in barley genotypes

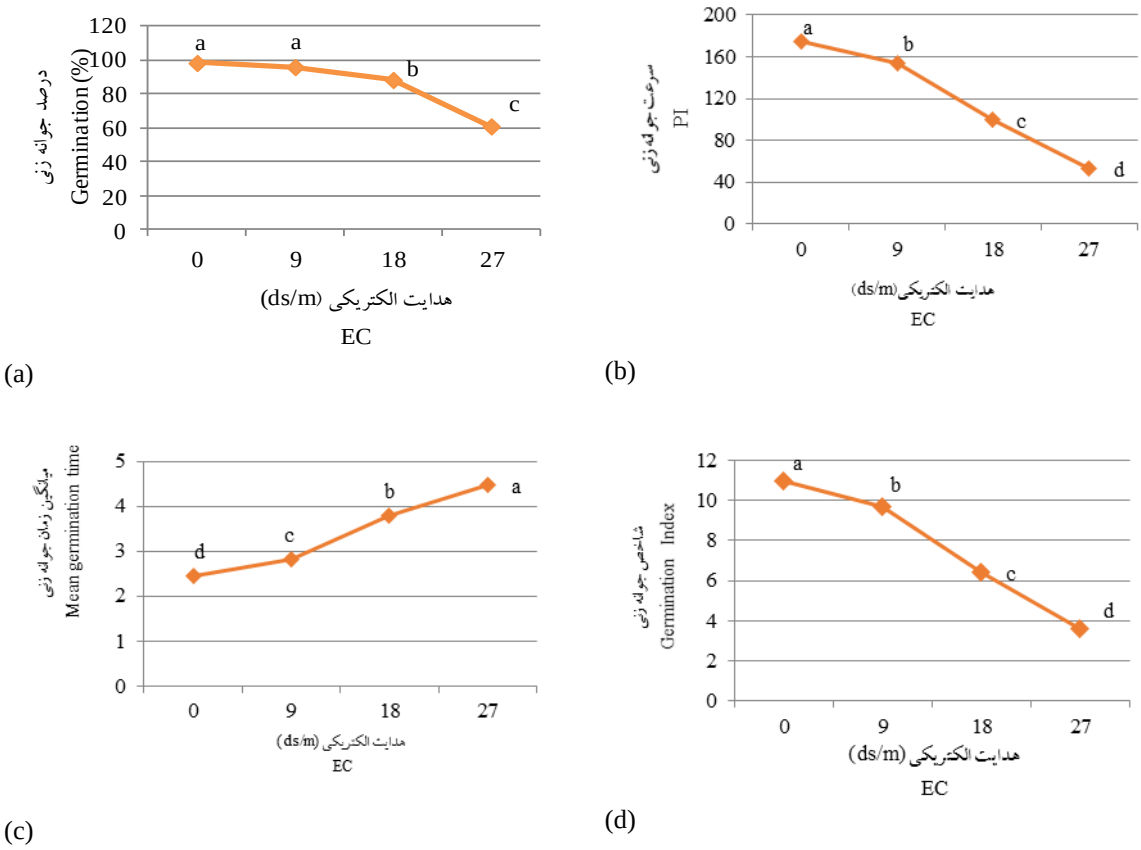
جدول ۳ - تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط تنش شوری

Table 3- Analysis of variance for barley genotypes under salt stress condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination%	شاخص جوانه‌زنی Germination Index	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean Germination Time	قدرت جوانه‌زنی Germination Energy	ارزش جوانه‌زنی Germination Value	سرعت جوانه‌زنی promptness index
تکرار Repeat	3	137.7**	0.53^{ns}	0.118^{ns}	2203.2**	6247.5 *	180.95^{ns}
تنش شوری Salt stress	3	11727.03**	443.5**	34.42**	187632.5 **	361409.01**	119971.2**
ژنوتیپ Genotype	9	2231.8**	49.57**	3.63 **	35710.04**	68903.28**	13188.8**
شوری*ژنوتیپ Gen*Salt	27	764.44 **	3.23 **	0.42 **	12231.05 **	18607.35 **	829.82 **
خطا Error	117	33.56	1.02	0.13	537.01	1248.35	261.8

** ،* و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی دار است

** , * and ^{ns}, significant at 1 % and 5 % and non- significant, respectively



شکل۲- نمودارهای مقایسه میانگین پارامترهای درصد جوانه‌زنی (a) سرعت جوانه‌زنی(b)میانگین زمان جوانه‌زنی(c) و شاخص جوانه‌زنی(d) ژنوتیپ‌های جو در سطوح مختلف تنش شوری

Figure 2- Plots of mean comparison for germination percentage (a) promptness index (b) mean germination time(c) and germination index (d) under different salt stress levels.

در آزمایش مزرعه‌ای که در دو شرایط نرمال و تنش شوری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد انجام شد، شاخص تحمل تنش (STI) بر اساس عملکرد دانه محاسبه شد. نتایج ارزیابی شاخص تحمل تنش در مرحله جوانه‌زنی (شرایط آزمایشگاهی) و گیاه کامل (شرایط مزرعه‌ای) در جدول ۴ نشان داده شده است.

تجزیه همبستگی شاخص تحمل تنش در مرحله جوانه‌زنی (GSI) با این شاخص در شرایط مزرعه‌ای (STI) در جدول ۵ نشان می‌دهد که همبستگی میان شاخص تحمل تنش در مرحله جوانه‌زنی با این شاخص در مرحله بلوغ گیاه معنی‌دار نشده است، لذا به‌نظر می‌رسد در گیاه جو میزان تحمل نسبت به تنش شوری در مرحله اولیه رشد با تحمل در مرحله بلوغ و رسیدگی ارتباطی ندارد. البته با توجه به اینکه شاخص تحمل تنش در مرحله جوانه‌زنی بر اساس رشد رویشی گیاه محاسبه می‌شود در حالیکه در مرحله بلوغ گیاه بر اساس رشد زایشی گیاه محاسبه می‌گردد، این عدم تطابق قابل توجیه می‌باشد. برخی محققین نیز در تحقیق بر روی تحمل به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشدی، گزارش نمودند که ارتباطی میان تحمل به تنش شوری در این دو مرحله رشدی وجود ندارد در جو وحشی نمونه‌هایی که در مرحله جوانه‌زنی نسبت به تنش شوری متحمل بودند در مراحل بعدی رشدی تحمل بالایی

نشان ندادند (Mano *et al.*, 1996).

جدول ۴- شاخص‌های تحمل تنش در شرایط جوانه‌زنی و مزرعه ای در ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table4- stress indices in germination stage and field experiment in barley genotypes

کد شناسایی KC /TN	شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (۹ds/m) GSI1 (9ds/m)	شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (۱۸ds/m) GSI2 (18ds/m)	شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (۲۷ds/m) GSI3 (27ds/m)	شاخص تحمل تنش مزرعه‌ای STI (Stress Tolerance Index)
KC-70173	1.143349	0.39634	0.012435	1.01
TN-4807	1.179011	0.317746	0.004033	1.4
TN-6141	1.150228	0.408478	0.018568	0.58
TN-6287	0.55486	0.092854	0.016545	1.2
TN-6476	0.793253	0.199261	0.054648	0.06
TN-6607	0.331796	0.063868	0.002687	0.06
TN-6684	0.556368	0.07219	0.012547	0.03
Nosrat	1.108672	0.205812	0	1.23
Afzal	0.759723	0.260496	0.017584	0.6
L - 527	0.639107	0.046535	0	0.63

جدول ۵- ضرایب همبستگی شاخص تحمل تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و شرایط مزرعه‌ای در ژنوتیپ‌های جو

Table 5- Correlation Coefficient of Salt stress indices in germination stage and field experiment in barley genotypes

	شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (۹ds/m) GSI1 (9ds/m)	شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (۱۸ds/m) GSI2 (18ds/m)	شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (۲۷ds/m) GSI3 (27ds/m)	میانگین عملکرد MP	تحمل TOL	شاخص حساسیت به تنش SSI	میانگین هندسی عملکرد GMP	شاخص تحمل تنش مزرعه‌ای STI
GSI1 (9ds/m)	1							
GSI2 (18ds/m)	0.87**	1						
GSI3 (27ds/m)	-0.004	0.161	1					
MP	0.42	0.010	-0.599	1				
TOL	-0.296	-0.633*	-0.236	0.272	1			
SSI	-0.502	-0.667*	0.058	-0.144	0.891**	1		
GMP	0.621	0.460	-0.399	0.761*	-0.405	-0.724*	1	
STI	0.601	0.384	-0.422	0.836**	-0.283	-0.614	0.984**	1

از آنجا که اثرات متقابل تنش شوری و ژنوتیپ در صفات جوانه‌زنی معنی‌دار شده است، لذا به‌نظر می‌رسد در سطوح مختلف تنش واکنش ژنوتیپ‌ها متفاوت بود، لذا به منظور ارزیابی دقیق‌تر داده‌ها و بررسی ارتباط میان شاخص‌های تنش در شرایط جوانه‌زنی و مزرعه‌ای، تجزیه به مولفه‌های اصلی صورت گرفت.

تجزیه به مولفه‌ها (جدول ۶) نشان داد که دو مولفه در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند که در مجموع ۹۷/۷۲ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کنند. در مولفه اول که ۵۶/۸۴ درصد از تغییرات مشاهده شده را به خود اختصاص داد، شاخص تحمل تنش در شرایط جوانه‌زنی در شوری ۹ دسی‌زیمنس‌برمتر (GSI1) و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر (GSI2) به همراه شاخص تحمل تنش مزرعه‌ای (STI) بزرگترین ضرایب را دارند (جدول ۶). مولفه دوم ۳۲/۱۱٪ از واریانس را به خود اختصاص داده که بزرگترین ضریب آن متعلق به صفت شاخص تحمل تنش در شرایط جوانه‌زنی در شوری ۲۷ دسی‌زیمنس‌برمتر (GSI3) می‌باشد. با توجه به ضریب بالای پتانسیل عملکرد و شاخص تحمل تنش در مولفه اول در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که، ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر بالاتر در مولفه اول باشند، ژنوتیپ‌های متحمل‌تر نسبت به شوری ۹ دسی‌زیمنس‌برمتر (GSI1) و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر (GSI2) در شرایط جوانه‌زنی، و در عین حال در شرایط مزرعه ای هستند. این نتیجه با توجه به غلظت شوری در شرایط مزرعه‌ای (جدول ۲) در حدود ۱۵ دسی زیمنس‌برمتر است، قابل توجیه می‌باشد چراکه در دو سطوح تنش ملایم و متوسط در آزمایش جوانه‌زنی (۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر) غلظت شوری نزدیک به شرایط مزرعه‌ای بود، درحالیکه سطح سوم تیمار شوری (۲۷ دسی‌زیمس‌بر متر) تفاوت زیادی با شوری در شرایط مزرعه داشت.

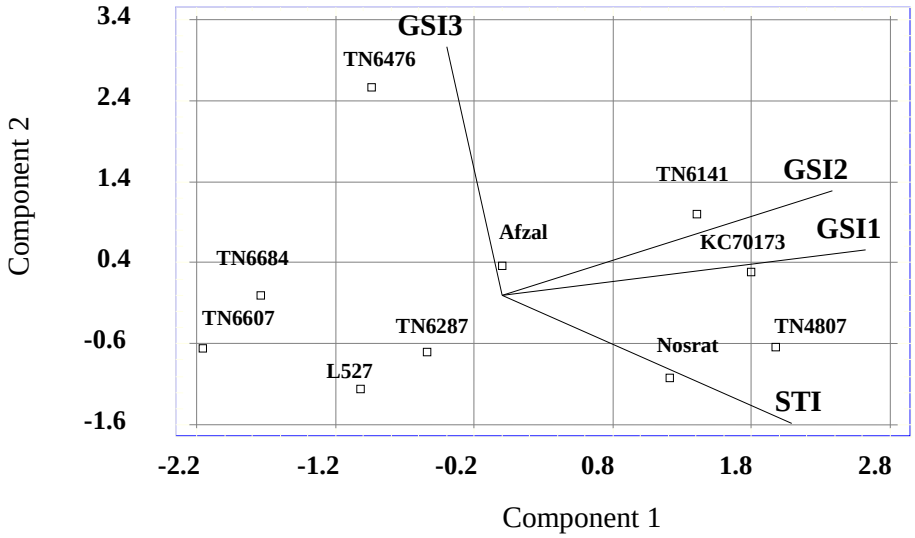
جدول ۶- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای دو مولفه اصلی در شرایط تنش شوری

Table 6 - Eigen values, relative variance and coefficients of principle components in salt stress condition

صفات Traits	مولفه‌ها Components	
	1	2
شاخص تحمل جوانه‌زنی (۹ds/m) GSI1 (9ds/m)	0.634	0.149
شاخص تحمل جوانه‌زنی (۱۸ds/m) GSI2 (18ds/m)	0.576	0.346
شاخص تحمل جوانه‌زنی (۲۷ds/m) GSI3 (27ds/m)	-0.095	0.822
شاخص تحمل مزرعه‌ای STI (Stress Tolerance Index)	0.506	-0.425
مقادیر ویژه Eigenvalue	2.27	1.28
واریانس نسبی Percent of Variance	56.84	32.11
واریانس تجمعی Cumulative Percentage	56.84	88.94

به منظور ارزیابی دقیق‌تر ارتباط میان این شاخص ها و واکنش ژنوتیپ‌ها، نمودار بای پلات مولفه های اصلی اول و دوم براساس شاخص‌های مورد ارزیابی در ژنوتیپ های جو ترسیم شد(شکل۴). مولفه اول و دوم در مجموع ۸۸/۹۴ درصد از واریانس را توجیه می‌کنند. صفات شاخص تحمل تنش در شرایط جوانه زنی در شوری ۹ دسی زیمنس برمتر (GSI1) و ۱۸ دسی زیمنس برمتر (GSI2) به همراه شاخص تحمل تنش مزرعه ای(STI) که دارای بالاترین ضرایب در مولفه اول می‌باشند، زاویه تندی با یکدیگر تشکیل داده‌اند که نشان‌دهنده ارتباط نزدیک این صفات با شاخص تحمل

تنش، می‌باشد. درحالیکه سطح سوم تیمار شوری (۲۷ دسی زیمس برمتر) با فاصله زیاد در نیمه چپ نمودار قرار گرفته و این امر عدم ارتباط این شاخص را با سایر شاخص‌ها نشان می‌دهد. این امر نشان می‌دهد سطوح شدید تنش در شرایط جوانه‌زنی، نمی‌تواند نتایجی قابل استفاده و قابل تعمیم به شرایط مزرعه‌ای ارائه دهد.



شکل۳- نمودار بای پلات دو مولفه اصلی برای شاخص‌های تنش شوری در آزمایش جوانه‌زنی و مزرعه‌ای (STI: شاخص تحمل تنش در مزرعه GSI1: شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی، (9ds/m) GSI2: شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی، (18ds/m) GSI3: شاخص تحمل تنش جوانه‌زنی (27ds/m)

Figure 3- Bi-plot of first two principal components for stress indices in salt stress condition in germination and field experiment (STI: stress tolerance index in field, GSI1: Germination Stress Index in 9ds/m, GSI2: Germination Stress Index in 18ds/m, GSI3: Germination Stress Index in 27ds/m)

ژنوتیپ‌هایی که در نمودار، نزدیک بردارهای این شاخص‌های GSI1، GSI2 و شاخص تحمل تنش مزرعه‌ای (STI) در نیمه راست نمودار قرار گرفته‌اند، دارای تحمل بالاتری در شرایط جوانه‌زنی (۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر) و شرایط مزرعه‌ای می‌باشند، لذا به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های TN4807، KC70173، TN6141 و رقم نصرت که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، برتری دارند.

گیاه جو متحمل‌ترین غله نسبت به تنش شوری در مقایسه با گندم، برنج، چاودار و یولاف می‌باشد، بنابراین در بهره‌برداری از اراضی شور و افزایش تولید محصول در این شرایط اهمیت زیادی دارد، این در حالی است که تنوع قابل ملاحظه‌ای در میزان تحمل نمونه‌های مختلف این گونه مشاهده می‌شود که می‌تواند پتانسیل لازم را برای ارتقاء سطح تحمل شوری در ارقام جدید را تامین نماید. این تحقیق با هدف بررسی و مقایسه شاخص‌های تحمل تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی (GSI) و گیاه کامل (STI) در ژنوتیپ‌های جو انجام شد. بررسی همبستگی شاخص‌های مورد ارزیابی در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای، ارتباطی را میان این شاخص‌ها نشان نداد، این امر در تحقیقات برخی محققین نیز گزارش شده بود (Mano *et al.*, 1996). اما بررسی دقیق‌تر داده‌ها با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که در دو سطوح تنش ملایم و متوسط در آزمایش جوانه‌زنی (۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر) که غلظت شوری نزدیک به شرایط مزرعه‌ای بود، شاخص‌های تحمل در شرایط آزمایشگاه و مزرعه ارتباط نزدیکی را نشان دادند درحالیکه سطح سوم

تیمار شوری (۲۷ دسی‌زیمس‌بر متر) تفاوت زیادی با شوری در شرایط مزرعه داشت. لذا به نظر می‌رسد، سطوح تنش شوری با غلظت‌های نزدیک به شرایط شوری در مزرعه می‌تواند نتایجی مشابه ارزیابی در شرایط مزرعه ارائه دهد این در حالی است که سطوح شدید تنش در شرایط جوانه‌زنی، نمی‌تواند نتایجی قابل استفاده و قابل تعمیم به شرایط مزرعه‌ای ارائه دهد. برخی محققین نیز (Cuartero *et al.*, 2006)، مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را در پاسخ‌های رشد گیاه بالغ به شوری، تعیین کننده دانسته‌اند. بنابراین پیش بینی می‌شود، بذور با سرعت جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش شوری تکامل گیاهچه سریع‌تری داشته و تحمل بیشتری به شوری داشته باشد (Munns, 2002; Bybordi and Tabatabaei, 2009).

تحمل تنش در یک گونه گیاهی تحت تاثیر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی آن قرار می‌گیرد. امروزه تلاش برای یافتن معیارهایی که بتوان از آنها به طور مؤثری در انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم یا متحمل بهره جست ادامه دارد. امکان ارزیابی تحمل به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی به روشی که قابل تعمیم به تحمل این تنش در شرایط طبیعی مزرعه باشد، می‌تواند کمک بزرگی در راه کاهش هزینه های تحقیقاتی و تسریع ارزیابی ژنوتیپ ها نسبت به تنش به به نژادگران نماید. لذا در این تحقیق تلاش شد تا با ارزیابی ژنوتیپ های جو زراعی نسبت به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی در آزمایشگاه و گیاه کامل در مزرعه، ارتباط میان تحمل به تنش در این مراحل بررسی و امکان نتیجه گیری بر اساس نتایج آزمایشات جوانه زنی ارزیابی گردد. نتایج نشان داد سطوح تنش شوری با غلظت‌های نزدیک به شرایط شوری در مزرعه می‌تواند نتایجی مشابه ارزیابی در شرایط مزرعه ارائه دهد. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد ژنوتیپ‌های TN4807، KC70173، TN6141 و رقم نصرت، دارای تحمل بالاتری در شرایط جوانه‌زنی (۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس‌برمتر) و شرایط مزرعه‌ای بودند، لذا به نظر می‌رسد که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، برتری دارند. بنابراین در راستای شناسایی و معرفی گیاهان متحمل نسبت به تنش شوری، می‌توان از ژنوتیپ‌های مذکور جهت ارزیابی‌های تکمیلی و بکارگیری در برنامه‌های به‌نژادی بهره جست.

منابع

Reference

AOSA, 1983. Seed Vigor Testing Handbook. East Lansing.

Bajji, M., J. M. Kinet, and S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of Atriplex halimus (Chenopodiaceae). Can. J. Bot. 80: 297-304.

Baybordi, A, and J. Tabatabaei. 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (Brassica napus L.). Not. Bot. Hortic. Agrobot. Cluj Napoca. 37(1): 71-76.

Cuartero, J. M., C. Bolarin, M. J. Asins, and V. Moreno. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. J. Exp. Bot. 57(5):1045-1058.

Czabator, F. J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. For. Sci. 8: 386-96.

Dawson, I. K., J. Russell, W. Powell, B. Steffenson, W. T. Thomas, and R. Waugh. 2015. Barley: a translational model for adaptation to climate change. New Phytol. 206(3): 913-931.

Delatorre-Herrera, J, and M. Pinto. 2009. Importance of ionic and osmoticcomponents of salt stress on the germination of four quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) selection. Chil. J. Agric. Res. 69: 477-485.

Golparvar, A. R., I. Majidi Harvan, and E. Ghassemi Pirbaloti. 2003. Genetic improvement yield potential and water stress resistance in wheat genotype (*Triticum aestivum*). Arid Season Agric. Drought 13:13 – 21.

FAO, 2008. FAO Land and Plant Nutrition Management Service. [Online] Available at http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush

Fe**rnandez, G. C. 1992.** Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Pp 257-270. *In* C.G. Kuo (Ed.). Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. AVRDC Publication. Tainan. Taiwan.

Gorai, M, and M. Neffati. 2007. Germination responses of (*Reaumuria vermiculata*) to salinity and temperature. Ann. Appl. Biol. 151:53–59.

Hasegawa, P. M., R.A. Bressan, J. K. Zhu, and H. J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51:463–499.

Koocheki, A, and M. N. Mahalati. 1994. Feed value of some halophytic range of arid regions or Iran in: Victore. squire & Alit. Ayoub (eds) `Halophytes as a resource for livestock.

Ladeiro, B. 2012. Saline Agriculture in the 21st Century: Using Salt Contaminated Resources to Cope Food Requirements," J. Bot. 2012: 1-7

Maas, E. V, and G. J. Hoffman. 1997. Crop salt tolerance, current assessment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE. 103: 115-134.

Mano, Y., H. Nakazumi, and K. Takeda. 1996. Varietal variation in and effects of some major genes on salt tolerance at the germination stage in barley. Jpn. J. Breed. sci. 46: 227-233.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25:239-250.

Munns, R, and A. Termaat. 1986. Whol-plant responses to salinity. Austral J Plant Physiol13:143-160.

Munns, R, and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Physiol. 59:651–681.

Pazira, E. 1999. Land Reclamation Research on Soil Physico–Chemical Improvement by Salt Leaching in South –Western part of Iran, Innovation of Agricultural Engineering Technologies for The 21st Century, P.R. China

Rajabi, R., and Poostini, K. 2004. Effects of NaCl salinity on seed germination of 20 wheat cultivars. J. Agric. Sci. 28: 28- 44.

Ruan, S, and X. Qingzhong. 2002. Effects of Chitosan Coating on Seed Germination and Salt-tolerance of Seedling in Hybrid Rice (Oryza sativa L.) Zuo Wu Xue Bao. 28(6): 803-808.

Shabala, S. 2003. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. Ann. Bot. 92:627–634.

Shahmoradi, Sh., S. Shafaoddin, and A. Yousefi. 2011. Phenotypic diversity of arid- zone ecotypes in barley collection of National Plant Gene bank of Iran. Seed Plant Improve. J. 27: 1(4): 495-515. (In Persian with English abstract)

Shahmoradi, Sh, and M. Zahravi. 2014 . Identification of traits related to drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L) genotypes originated from arid climates of Iran. J. Crop Improv. 16-1:23-41. (In Persian with English abstract)

Siadat, H. 1998. Iranian agriculture and salinity. Proc. Conf. New Technologies to Combat Desertification, October 12-15, Tehran, Iran.

Szabolcs, I. 1989. Salt-Affected Soils. CRC Press, Boca Raton, FL.

Sze, H., K. Schumacher, M. L. Muller, S. Padmanaban, and L. Taiz. 2002. A simple nomenclature for a complex proton pump: VHA genes encode the vacuolar H?-ATPase. Trends Plant Sci. 7:157–161.

Van Oosterom, E.J., S. Ceccarelli, and J. M. Peacock. 1993. Yield response of barley to rainfall and temperature in Mediterranean environments. J. Agric. Sci. 121(3):307-313.

Zahra, J., H. Nazim, S. Cai, Y. Han, D. Wu, B. Zhang, S. I. Haider, and G. Zhang. 2014. The influence of salinity on cell ultra structures and photosynthetic apparatus of barley genotypes differing in salt stress tolerance. Acta Physiol. Plant 36:1261–1269.

Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. Trends Plant Sci. 6(2):66–71.