

بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر جوانهزنی و وزن نهال ۸ برگی ارقام مختلف کلزا

جانب‌اله نیازی اردکانی^۱ و سید حمید احمدی^۲

چکیده

در این مقاله تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر میزان جوانه زنی و وزن ماده خشک نهال ۸ برگی و حدود تحمل به شوری هشت رقم کلزا ($V_1=ACSN_1$)، V_2 فالکون، V_3 شیرالی، V_4 سرز، V_5 تاور، V_6 کبری، V_7 گلوبال و V_8 اویرکا بررسی گردید. برای ارزیابی حد تحمل به شوری از ۳ روش تعیین کاهش عملکرد در شرایط شور نسبت به غیر شور، شاخص حساسیت به شوری و روش وان گنوختن و هافمن استفاده گردید. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری به روش دانکن در سطح ۱٪ نشان داد که تأثیر هر یک از عوامل شوری، رقم و اثر متقابل آنها بر جوانهزنی بذر و وزن ماده خشک نهال ۸ برگی از نظر آماری معنی دار است، به طوری که با افزایش شوری آب آبیاری میزان جوانه زنی و وزن ماده خشک نهال به شدت کاهش می‌یابد. هم‌چنین با استفاده از روش وان گنوختن و هافمن، شوری‌های آب آبیاری متناظر با ۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪ و ۹۰٪ کاهش در میزان جوانه زنی و وزن خشک نهال ۸ برگی هشت رقم کلزا، در جدولی ارایه گردیده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که ارقام مختلف کلزا در مراحل مختلف رشد واکنش‌های مختلفی به شوری نشان داده و در یک مرحله‌ای دیگر حساس به شوری می‌باشند. در این تحقیق، ارقام $ACSN_1$ ، فالکون و شیرالی در مرحله جوانهزنی و سه رقم $ACSN_1$ ، فالکون و کبری در مرحله رویش نهالی به شوری متتحمل بوده‌اند. ارقام اویرکا، گلوبال و سرز در مرحله جوانهزنی و ارقام شیرالی، گلوبال و اویرکا نیز در مرحله رویش نهالی حساس‌ترین ارقام به شوری بوده‌اند که در نهایت دو رقم $ACSN_1$ و فالکون متتحمل به شوری و دو رقم گلوبال و اویرکا حساس به شوری شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، شوری آب آبیاری، شاخص کاهش عملکرد، شاخص حساسیت به شوری، مدل SALT

مقدمه

بسیاری دارد. ایشان معتقدند چنانچه گیاهی مانند چغندر قند که حین مرحله جوانهزنی و رویش نهالی به شوری خاک و آب حساس‌ولی در مراحل بعدی رشد، متتحمل است، بایستی تحمل به شوری ارقام مختلف آن در مرحله جوانه زنی و رویش نهالی تعیین گردد. زیرا یک بذر مقاوم چنانچه مرحله جوانهزنی و

یکی از روش‌های مؤثر در استفاده بهینه از منابع آب و خاک شور، کشت گیاهان نسبتاً متتحمل به شوری در این قبیل مناطق است (۱۵). به نظر برنستاین و هی وارد (۳) تعیین حد تحمل به شوری برای یک گیاه طی یک مرحله رویشی خاص فواید

۱. کارشناس ارشد بخش آب و خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

۲. کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

میزان جوانه زنی و رویش نهال ۸ برگی هشت رقم کلزا، یک آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی شامل ۳۲ تیمار در ۴ تکرار در آزمایشگاه و گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی فارس انجام گردید. هر تیمار ترکیبی از یک رقم و یک سطح $V_1=ACSN_1$ شوری آب آبیاری بود. ارقام کلزا شامل: $V_2=V_3$ ، سرز = V_4 تاور = V_5 کبری = V_6 فالکون = V_7 ، شیرالی = V_8 و اویرکا = V_9 شوری آب آبیاری بر حسب هدایت الکتریکی در چهار سطح $S_0=1$ (شاهد)، $S_1=4$ ، $S_2=8$ و $S_3=12$ دسی زیمنس بر متر بود. میزان جوانه زنی بذرهای کلزا در شوری‌های مختلف آب آبیاری در ژرمنیاتور آزمایشگاه بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تعیین گردید. بدین منظور پس از تهیه بذرهای ارقام مورد نظر از بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و اطمینان از درجه خلوص و قوه نامیه بالا، تعداد ۲۵ عدد بذر از هر رقم روی کاغذ صافی درون پتی دیش قرار داده شد، سپس با آب دارای شوری‌های ذکر شده خیس و در ژرمنیاتور قرار گرفت. بر اساس نظر گاتیرز و همکاران (۷) مدت زمان جوانه‌زنی بذر در تنش‌های شوری برای برخی از گیاهان طولانی است، بنابراین طول مدت زمان جوانه‌زنی بذرها ۲۱ روز در نظر گرفته شد.

مرحله دوم آزمایش، بررسی وضعیت رویش نهال در گلدان درون گلخانه بود. برای این کار تعداد ۱۰۸ گلدان (ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر) هر یک به حجم تقریبی ۵ لیتر انتخاب و مقدار ۴ کیلوگرم خاک زراعی در آن ریخته شد. خاک مورد نظر، آهکی و دارای بافت لوم رسی سیلیتی (Silty clay loam) بود. شوری ابتدایی عصاره اشباع خاک گلدان‌ها حدود $dS/m=2$ و در آخر فصل رشد برای شوری‌های آب آبیاری ۱، ۴، ۸ و ۱۲ dS/m به ترتیب و به طور میانگین علت اصلی بالا بودن شوری عصاره اشباع خاک در آخر فصل رشد، عدم آبشویی خاک گلدان‌ها در طول فصل رشد و تجمع نمک در خاک می‌باشد (۱۲). در هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر مورد نظر مربوط به ارقام مختلف کلزا کشت گردید که پس از

رویش نهالی را با موفقیت به پایان برساند، از نظر تولید نهالی مشکلی نخواهد داشت. برخی از محققین (۱۰ و ۱۱) مرحله جوانه زنی بذر و رویش نهالی گیاهچه را یک مرحله کاملاً بحرانی در چرخه زندگی گیاهان هالوفیت و گلیکوفیت تلقی کرده و معتقدند تحمل به شوری در این مرحله رویشی برای استقرار گیاه در شرایط آب و خاک سور اهمیت زیادی دارد.

کلزا (*Brassica napus*) گیاهی با دانه روغنی است که طی دو دهه اخیر به دلیل کیفیت مرغوب روغن بذر آن، توجه محققین زیادی را به خود معطوف داشته است. درباره تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (یا شوری آب خاک) بر میزان جوانه زنی بذر کلزا، مطالعاتی انجام شده است. این مطالعات (۲ و ۶) نشان داده‌اند که ظهور گیاهچه و سرعت رشد بعدی آن درخاک سور با اشکال مواجه شده و کاهش می‌یابد. کاهش سرعت جوانه زنی و رویش نهال کلزا ناشی از اثرات غذایی املاح، سمیت یون ویژه، اختلال در جذب عناصر غذایی توسط گیاه یا ترکیبی از این عوامل اعلام شده است (۷، ۹، ۱۲ و ۱۳). در مطالعه دیگری معلوم شده که با افزایش شوری عصاره اشباع خاک از ۶ به $11/5$ دسی زیمنس بر متر، میزان جوانه‌زنی بذر کلزا از ۷۰ به ۲۰ درصد کاهش می‌یابد (۶). گاتیرز و همکاران (۷) اعلام داشتند که شوری‌های بیشتر از $11/5$ دسی زیمنس بر متر فقط جوانه زنی بذر را به تأخیر می‌اندازد ولی بر میزان جوانه زنی نهایی کلزا تأثیر معنی‌داری ندارد.

هدف این پژوهش تعیین میزان تحمل ارقام مختلف کلزا به سطوح مختلف شوری آب آبیاری در مراحل جوانه زنی و رویش نهال ۸ برگی است. برای ارزیابی میزان تحمل، از روش کاهش عملکرد در شرایط سور نسبت به شرایط غیر سور (۱۶)، تعیین شاخص حساسیت به شوری (۵) و روش تحلیلی وان گنوختن و هافمن (۱۹) استفاده خواهد شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر

در این معادله، S شاخص حساسیت به شوری، D نسبت میانگین جوانه زنی بذر یا وزن ماده خشک نهال کلیه ارقام در هر یک از سطوح مختلف شوری (تیمارهای شور) به میانگین جوانه زنی بذر یا وزن ماده خشک نهال کلیه ارقام در شرایط غیر شور (شاهد) است.

روش سوم توسط وان گنوختن و هافمن (۱۹) ارائه شده است. در این روش، از معادلات زیر استفاده گردید (۲۰) :

$$Y = Y_m - Y_m S(C - C_t) \quad [3]$$

$$Y = Y_r Y_m \quad [4]$$

$$Y = Y_m / 1 + (C/C_{50})^p \quad [5]$$

$$Y = Y_m \exp(\alpha c - \beta c^2) \quad [6]$$

$$SSQ = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2 \quad [7]$$

در این معادلات، پارامترها به این شرح تعریف می‌شوند : Y , Y_r و Y_m : به ترتیب جوانه زنی بذر یا وزن ماده خشک نهال واقعی، حداقل و نسبی

C : متوسط شوری آب آبیاری در مدت رشد (dS/m)

C_t : حد شوری آستانه (dS/m)

S : شبیه تابع که نشان دهنده کاهش عملکرد به ازای یک واحد افزایش شوری است.

α, β, P : ثابت‌های تجربی

C_{50} : میزان شوری آب آبیاری که به ازای آن جوانه زنی یا وزن ماده خشک نهال هشت برقی ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

SSQ : جمع مربعات اختلاف مقادیر مشاهده شده (Y_i) در مقابل مقادیر برازش یافته (Y'_i) که نشان دهنده میزان دقت معادله برازش داده شده به داده‌ها می‌باشد.

در روش وان گنوختن و هافمن (۱۹) یکی از سه معادله ۳، ۵ و ۶ که از روابط معروف بین عملکرد - شوری می‌باشند، بر داده‌های موجود برازش داده می‌شود. بر طبق معادله ۷ معادله‌ای که کمترین مقدار عددی SSQ را داشته باشد، به عنوان معادله برتر و مناسب‌تر در نظر گرفته می‌شوند.

جوانه زنی و ظهور نهال‌ها در سطح خاک به دو بوته در هر گلدان تنک گردید. بنابراین وزن خشک ارقام مورد نظر، برای هر رقم مربوط به دو بوته نهال ۸ برقی است. اعمال تیمارهای آبیاری با شوری‌های مختلف از هنگام کاشت شروع شد. مقدار آب آبیاری برای کلیه تیمارها یکسان (۲۰ میلی‌متر) بود و برنامه ریزی آبیاری براساس نتایج به دست آمده روی خاک مذکور جهت آبیاری کلزا به صورت هر ۵ روز یکبار انجام شد به گونه‌ای که رطوبت خاک قبل از آبیاری در محدوده ظرفیت زراعی بود و تنش رطوبتی به گیاه وارد نمی‌شد (۱). به منظور رشد مناسب نهال‌های کلزا در مدت رشد، دمای شباهنگ روز گلخانه بین $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$ تنظیم (۸ و ۹). پس از اتمام مرحله رویش نهال ۸ برقی، کلیه نهال‌ها از محل طوche بریده و سپس در دمای 65°C در آون خشک و وزن گردید.

نتایج مربوط به جوانه زنی بذرها و وزن ماده خشک نهال ۸ برگی ارقام کلزا به کمک نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل و میانگین تیمارها به روش آزمون دانکن در سطح یک درصد مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین از سه روش دیگر برای ارزیابی میزان تحمل به شوری ارقام مختلف کلزا استفاده گردید. در روش اول میزان کاهش یا افت جوانه زنی بذر یا وزن ماده خشک نهال در سطوح مختلف شوری نسبت به تیمار غیر شور (S_0 شاهد) به کمک معادله ۱ تعیین گردید:

$$S = \frac{Y_C - Y_S}{Y_C} \quad [1]$$

در این معادله، S شاخص تحمل به شوری، Y_S جوانه زنی یا وزن ماده خشک نهال تولیدی در سطوح شوری اعمال شده و Y_C میزان جوانه زنی یا وزن ماده خشک نهال در شرایط غیر شور (شاهد) است (۱۶).

روش دوم که توسط فیشر و مائور (۵) برای بررسی حساسیت به خشکی مطرح شده بود، در این پژوهش برای حساسیت به شوری عنوان شد که به وسیله معادله ۲ ارائه شده است:

$$S = \frac{1 - \left(\frac{Y_S}{Y_C} \right)}{1 - D} \quad [2]$$

جدول ۱. میانگین درصد جوانه زنی و وزن ماده خشک نهال هشت برگی هشت رقم کلزا در چهار سطح شوری آب آبیاری

SD	وزن ماده خشک نهال هشت برگی (gr)					جوانه زنی					شوری
	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀	SD	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀	رقم	
۱/۶۲	۱۶/۱۰	۱۷/۱۰	۱۸/۴۰	۱۸/۹۷	۵/۴۳	۸۳/۲۵	۹۰/۰۰	۹۴/۰۰	۹۷/۲۵	V _۱	
۴/۱۵	۸/۷۰	۱۲/۶۳	۱۴/۳۳	۱۹/۵۰	۸/۷۴	۷۷/۵۰	۸۷/۵۰	۹۴/۰۰	۹۸/۰۰	V _۲	
۲/۴۰	۴/۳۰	۶/۳۳	۸/۵۰	۱۰/۱۶	۸/۷۵	۷۳/۲۵	۸۷/۷۵	۹۲/۲۵	۹۴/۵۰	V _۳	
۲/۳۵	۵/۵۳	۷/۸۲	۹/۳۷	۱۱/۵۰	۳۱/۶۱	۱۴/۲۵	۳۷/۷۵	۸۱/۲۵	۸۷/۵۰	V _۴	
۲/۷۴	۴/۸۷	۱۰/۲۰	۱۰/۶۰	۱۱/۰۷	۱۹/۶۶	۴۳/۷۵	۸۰/۰۰	۸۳/۷۵	۹۱/۵۰	V _۵	
۳/۳۶	۸/۱۷	۱۰/۴۰	۱۲/۱۰	۱۶/۴۰	۱۸/۲۷	۴۲/۵۰	۶۲/۲۵	۷۲/۵۰	۹۰/۵۰	V _۶	
۲/۰۵	۵/۵۰	۷/۸۰	۹/۳۰	۹/۵۰	۳۳/۱۴	۱۲/۵۰	۳۸/۲۵	۷۳/۷۵	۹۵/۰۰	V _۷	
۳/۷۸	۲/۸۰	۶/۸۰	۹/۴۰	۱۲/۲۰	۳۴/۰۴	۱۲/۰۰	۲۱/۲۵	۴۷/۵۰	۹۴/۵۰	V _۸	

جدول ۲. جدول تجزیه واریانس مقادیر جوانه زنی و وزن نهال ۸ برگی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۱٪

منبع تغییر	درجه آزادی		میانگین مربعات		مقدار F		P<F
	نهال	جوانه زنی	نهال	جوانه زنی	نهال	جوانه زنی	
رقم	۷	۷	۱۵۸/۶	۵۳۰۱/۳	۱۲۱/۴	۲۸۹/۹	۰/۰۰۰۱
شوری	۳	۳	۱۸۹/۴	۱۴۳۱۳/۲	۱۴۴/۹	۷۸۲/۷	۰/۰۰۰۱
شوری × رقم	۲۱	۲۱	۴/۸	۸۴۳/۱	۳/۷	۴۶/۱	۰/۰۰۰۱
خطا	۶۴	۹۶	۱/۳	۱۸/۳			

معنی داری بر میزان جوانه زنی بذر داشته، یعنی با افزایش سطح شوری آب آبیاری، میزان جوانه زنی به شدت کاهش یافته است. میزان کاهش جوانه زنی (میانگین ارقام) در سطوح شوری S₁ و S₂ نسبت به شاهد (S₀) به ترتیب برابر ۳۲/۱۴، ۳۲/۶۵ و ۵۲/۲۷ درصد می باشد. در جدول ۴ نتایج آزمون دانکن روی تأثیر ارقام مختلف بر جوانه زنی بذر ارائه شده است. مشاهده می شود که اختلاف ارقام نسبت به یکدیگر از نظر جوانه زنی خیلی معنی دار است به طوری که رقم ACSN1 = V_۱ حداقل و رقم اویرکا = V_۸ حداقل میانگین درصد جوانه زنی را داشته اند. نتیجه مقایسه میانگین های وزن ماده خشک نهال ۸ برگی در اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری، در جدول ۵ ارائه شده

نتایج

میانگین درصد جوانه زنی بذر و وزن ماده خشک نهال هشت برگی ارقام کلزا مورد مطالعه در سطوح مختلف شوری آب آبیاری اعمال شده در جدول ۱ ارائه شده است. نتیجه تجزیه واریانس داده های به دست آمده، حاصل از آزمایش که نشان دهنده تأثیر معنی دار هریک از عامل های شوری، رقم و اثر متقابل آنها بر جوانه زنی بذر و وزن ماده خشک نهال ارقام مطالعه می باشد، در جدول ۲ ارایه گردیده است.

نتیجه مقایسه میانگین های جوانه زنی بذور کلزا در ۴ سطح شوری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس این آزمون، عامل شوری تأثیر خیلی

بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر جوانه‌زنی و وزن نهال ۸ برگی ارقام مختلف کلزا

جدول ۳. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (dS/m) بر جوانه‌زنی بذر (%) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۱٪

S_3	S_2	S_1	S_0	سطوح شوری (dS/m)
۴۴/۶۳	۶۳/۳۴	۷۹/۸۸	۹۳/۵۹	میانگین جوانه‌زنی (درصد)
D	C	B	A	علامت
۵۲/۲۷	۳۲/۳۲	۱۴/۶۵	۰/۰۰	کاهش نسبت به شاهد (%)

جدول ۴. تأثیر ارقام مختلف بر میزان جوانه‌زنی بذر (%) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۱٪

V_8	V_7	V_6	V_5	V_4	V_3	V_2	V_1	ارقام کلزا
۴۳/۱۹	۵۵/۰۰	۶۶/۹۴	۷۴/۷۵	۵۵/۱۹	۸۶/۹۴	۸۹/۲۵	۹۱/۶۳	میانگین جوانه‌زنی (%)
F	E	D	C	E	B	AB	A	علامت
۵۳	۴۰	۲۷	۲۲	۴۰	۵	۳	۰	کاهش نسبت به V_1 (%)

جدول ۵. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (dS/m) بر میزان وزن ماده خشک نهال ۸ برگی (گرم) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۱٪

S_3	S_2	S_1	S_0	سطوح شوری (dS/m)
۶/۹۹۶	۹/۸۷۳	۱۱/۵۰	۱۳/۶۶	میانگین وزن ماده خشک
D	C	B	A	علامت
۴۸/۷۸	۲۷/۷۰	۱۵/۸۰	۰/۰۰	کاهش نسبت به شاهد (%)

جدول، رقم V_1 بیشترین و رقم V_3 و V_8 کمترین وزن ماده خشک را تولید کرده‌اند. بر این اساس ارقام V_1 , V_2 و V_6 از نظر تولید وزن ماده خشک مقاوم‌ترین ارقام به شوری بوده ولی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند در حالی‌که ارقام V_7 و V_8 کمترین پتانسیل تولید ماده خشک را داشته و اختلاف معنی‌داری نیز با یکدیگر ندارند.

است. مشاهده می‌شود که با افزایش میزان شوری، مقدار ماده خشک کاهش یافته است. حداکثر وزن ماده خشک در تیمار شاهد (شوری S_0) و حداقل آن در شوری S_3 به دست آمده و اختلاف معنی‌دار بین سطوح شوری، میانگین‌های وزن ماده خشک را در چهار گروه A, B, C و D قرار داده است. جدول ۶، نتایج آزمون دانکن در سطح آماری ۱ درصد را روی تأثیر رقم بر تولید وزن ماده خشک نهال نشان می‌دهد. بر اساس این

جدول ۶. تأثیر ارقام مختلف کلزا بر میزان وزن ماده خشک نهال ۸ برگی (گرم) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۱٪

V ₈	V ₇	V ₆	V ₅	V ₄	V ₃	V ₂	V ₁	ارقام کلزا
۷/۰۸	۸/۰۲۵	۱۱/۷۷	۹/۱۵۸	۸/۵۵۴	۷/۳۲۵	۱۳/۷۹	۱۷/۶۴	میانگین وزن ماده خشک
E	DE	C	D	DE	E	B	A	علامت
۵۵/۸۰	۵۴/۵۰	۳۳/۳	۴۸/۱۰	۵۱/۵۰	۵۸/۵۰	۲۱/۸۰	۰/۰۰	کاهش نسبت به V ₁ (%)

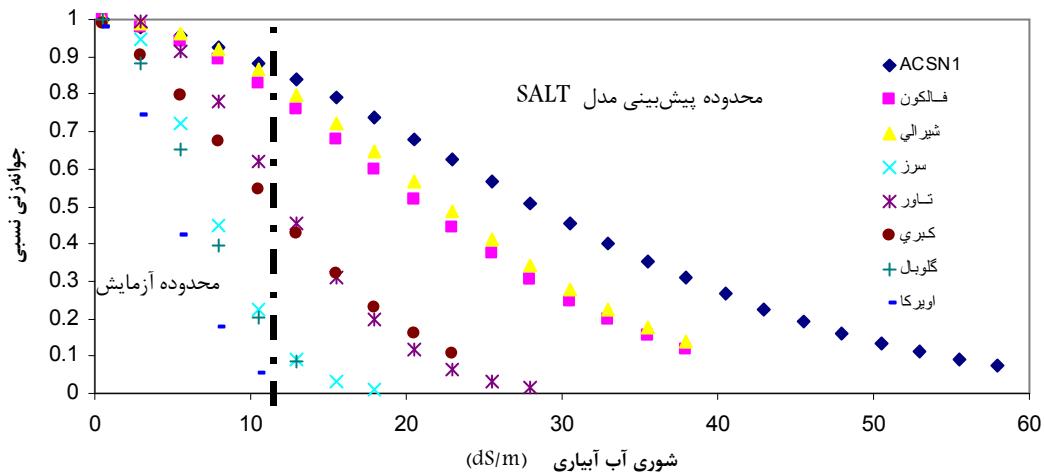
که به طور کلی مرحله جوانه‌زنی در ارقام مختلف کلزا نسبت به مرحله رویش نهالی، در سطوح شوری بالا آسیب‌پذیرتر است.

مقادیر کاهش جوانه‌زنی و کاهش وزن ماده خشک نهال هشت برگی ارقام مورد مطالعه در شرایط شور نسبت به شاهد (غیر شور) محاسبه شده از معادله ۱ در جدول ۷ نشان داده شده است. میانگین میزان کاهش جوانه‌زنی بذر سه رقم V₂, V₁ و V₃ در سطوح شوری S₁, S₂ و S₃ به ترتیب ۱۹, ۸, ۳ و ۱۶ ولی برای بقیه ارقام در همین سطوح شوری به ترتیب ۴۷, ۴۲, ۲۲ و ۷۳ درصد است. در مرحله رویش نهال هشت برگی سه رقم V₅, V₇ و V₆ در سطوح شوری S₁ و S₂ کمترین میزان کاهش وزن را در مقایسه با سایر ارقام نشان داده‌اند، اما به جز رقم V₁ سایر ارقام در سطح شوری S₃ کاهش شدیدی نسبت به سطح شوری شاهد داشته‌اند.

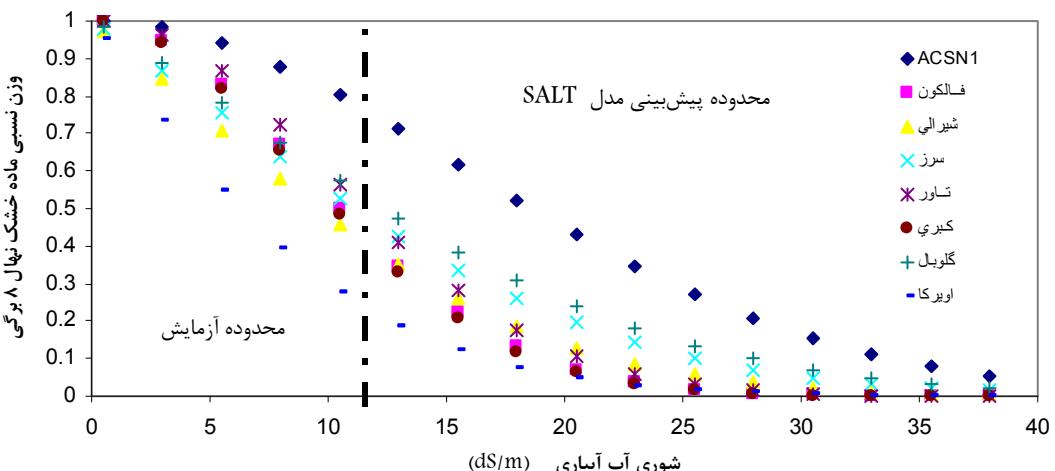
مقادیر شاخص حساسیت به شوری (معادله ۲) ارقام مورد مطالعه در مراحل جوانه‌زنی و رویش نهالی در جدول ۸ نشان داده شده است. حدود این شاخص برای ارقام مورد مطالعه در مرحله جوانه‌زنی در شوری S₁ بین ۰/۰۱۶ تا ۰/۰۱۳, در شوری S₂ بین ۰/۰۱۸ تا ۰/۰۲۴ و در شوری S₃ بین ۰/۰۲۷ تا ۰/۰۲۲ متغیر است. محدوده شاخص مذکور در مرحله رویش نهالی (وزن ماده خشک نهال) در شوری S₁ بین ۰/۱۳ تا ۰/۱۶۷, در شوری S₂ بین ۰/۰۳۱ تا ۰/۰۳۶ و در شوری S₃ بین ۰/۰۳۱ تا ۰/۰۳۶ نوسان دارد. میانگین آماری این شاخص برای دو مرحله جوانه‌زنی و رویش نهالی حدود ۰/۰۰۱ به دست می‌آید. براساس نظر فیشر و

چنانچه تأثیر شوری بر ارقام مختلف کلزا را از طریق مقدار عددی انحراف معیار (SD) میانگین جوانه‌زنی و وزن ماده خشک نهال هر رقم در سطوح شوری اعمال شده (جدول ۱) مورد بررسی قرار دهیم، مشاهده می‌شود که در مرحله جوانه‌زنی ارقام V₂, V₃ و V₆ دارای انحراف معیار کمتر از ۹ و بقیه ارقام انحراف معیاری بیش از ۱۸ دارند. بنابراین نتیجه می‌شود که واکنش این سه رقم در مرحله جوانه‌زنی نسبت به سطوح شوری اعمال شده دارای روندی ملایم‌تر در مقایسه با سایر ارقام می‌باشد. این روند نزولی ملایم، برای سه رقم مذکور در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود. در مرحله رویش نهالی به جز رقم ACSN1 که مقدار انحراف معیار میانگین وزن ماده خشک نهال هشت برگی آن ۱/۶۲ می‌باشد، سایر ارقام در سطوح شوری اعمال شده دارای انحراف معیار نسبتاً بالاتری نسبت به رقم ACSN1 می‌باشند.

شکل ۲ سیر نزولی وزن ماده خشک نهال هشت برگی ارقام کلزا را در سطوح شوری اعمال شده نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل نیز دیده می‌شود، به جز رقم ACSN1، سایر ارقام، سیر نزولی نسبتاً شدیدی دارند. همان‌طور که در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود، مقادیر SD (انحراف معیار) مربوط به وزن نهال هشت برگی بسیار کمتر از مقادیر متناظر برای جوانه‌زنی بوده و تقریباً همگی نیز در یک دامنه (۴/۰۵-۱/۶۲) می‌باشند، در صورتی که مقادیر SD برای جوانه‌زنی در دامنه (۰/۳۴-۰/۴۳) متغیر است و این نشان می‌دهد



شکل ۱. روند تغییرات جوانهزنی ارقام مختلف کلزا نسبت به سطوح شوری آب آبیاری با استفاده از روش وانگنوختن و هافمن



شکل ۲. روند تغییرات وزن خشک نهال ۸ برگی ارقام مختلف کلزا نسبت به سطوح شوری مختلف آب آبیاری با استفاده از روش وانگنوختن و هافمن

وزن ماده خشک نهال در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و این اختلاف از طریق ارزیابی داده‌های آزمایش به روش‌های تعیین میزان کاهش عملکرد در شرایط شور نسبت به غیر شور (معادله ۱) و نیز شاخص حساسیت به شوری (معادله ۲) به اثبات رسید، با این وجود یک نتیجه‌گیری اساسی در رابطه با انتخاب رقم یا ارقام متتحمل به شوری، با در نظر گرفتن اهداف این پژوهش با مشکل مواجه می‌شود. به عنوان مثال، دیده شد که عکس العمل ارقام مورد مطالعه به سطوح شوری در دو مرحله جوانه زنی و رویش نهالی متفاوت است. این تفاوت در واکنش

مائلر (۵)، شاخص‌های کمتر از واحد نشان دهنده تحمل زیادتر و شاخص‌های بزرگ‌تر از واحد نشان دهنده تحمل کمتر گیاه در هر مرحله‌ای از رشد به شوری است. بر این اساس ارقام V_1 , V_2 , V_3 که در مرحله جوانه زنی و ارقام V_5 و V_7 که در مرحله رویش نهالی (وزن خشک نهال) از شاخص‌های حساسیت به شوری کمتر یا نزدیک به ۰/۵ برخوردارند، نسبت به شوری متتحمل و بقیه ارقام نیمه متتحمل و حساس هستند.

اگر چه تأثیر متقابل رقم و شوری بر میزان جوانه زنی و

جدول ۷. میزان افت جوانه زنی و وزن ماده خشک نهال ۸ برگی ارقام مختلف کلزا در شرایط شور نسبت به شاهد (غیر شور)

وزن ماده خشک نهال هشت برگی			جوانه زنی بذور			شوری
S ₃	S ₂	S ₁	S ₃	S ₂	S ₁	رقم
۱۵	۱۰	۳	۱۴	۶	۳	V _۱
۵۵	۳۵	۲۶	۲۱	۱۱	۴	V _۲
۵۸	۳۸	۱۶	۲۲	۷	۲	V _۳
۵۲	۳۲	۱۹	۸۴	۵۷	۷	V _۴
۵۶	۹	۴	۵۲	۱۳	۸	V _۵
۵۰	۳۷	۲۶	۵۳	۳۱	۲۰	V _۶
۴۲	۱۸	۲	۸۷	۵۹	۲۲	V _۷
۷۷	۴۴	۲۳	۹۰	۷۸	۵۰	V _۸

جدول ۸. مقدار شاخص حساسیت به شوری مراحل جوانه زنی و رویش نهال ۸ برگی ارقام مختلف کلزا در شرایط شور (معادله ۲)

جوانه زنی بذور			وزن ماده خشک نهال هشت برگی			شوری
S ₃	S ₂	S ₁	S ₃	S ₂	S ₁	رقم
۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۱۹	V _۱
۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۲۸	۱/۱۴	۱/۲۷	۱/۶۷	V _۲
۰/۴۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۱/۱۸	۱/۳۶	۱/۰۴	V _۳
۱/۶۰	۱/۷۶	۰/۴۹	۱/۰۶	۱/۱۵	۱/۱۷	V _۴
۰/۹۹	۰/۳۹	۰/۵۸	۱/۱۵	۰/۳۱	۰/۲۷	V _۵
۱/۰۱	۰/۹۷	۱/۳۶	۱/۰۳	۱/۳۲	۱/۶۶	V _۶
۱/۶۶	۱/۸۳	۱/۵۸	۰/۸۶	۰/۶۵	۰/۱۳	V _۷
۱/۷۲	۲/۴۰	۳/۴۰	۱/۵۸	۱/۶۰	۱/۴۵	V _۸

بنابراین میزان تحمل به شوری ارقام کلزا مورد مطالعه با روش پیشنهادی وان گنوختن و هافمن (۱۹) نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از بین معادلات ۳، ۵ و ۶ ارائه شده توسط وان گنوختن و هافمن (۱۹)، معادله ۶ بهتر به داده‌های آزمایش برآش داده شد که معیار انتخاب معادله برتر نیز مقدار عددی SSQ است (۲۰). محققین دیگری نیز در تجزیه و تحلیل داده‌های خود از معادله ۶ بهره جسته و آن را رابطه

گیاه به شوری طی مراحل رویشی مختلف آن در مطالعات دیگر محققین (۱۴ و ۱۵) نیز به اثبات رسیده است، البته این بدان مفهوم نیست که آزمایش‌های مربوط به انتخاب ارقام از نظر تحمل به یک تنش محیطی را در ارقام یک گونه یا بین گونه‌های گیاهی در مراحل رویشی معین نادیده گرفت، بلکه این موضوع زمانی که تعداد ارقام در مطالعات به نژادی زیاد است، اهمیت پیدا می‌کند.

کاهش در جوانه زنی و وزن ماده خشک نهال با افزایش شوری آب آبیاری همراه بوده و رقم V_2 در مرحله رویش نهال به شوری حساس است که شاید مربوط به خصوصیات ژنتیکی گیاه باشد.

نتیجه مهم دیگری که از جدول ۱۰ استنباط می‌شود، تعیین مقدار شوری آب آبیاری است که با کاربرد آن میزان جوانهزنی یا وزن ماده خشک نهال هشت برگی 50 درصد کاهش می‌یابد. شانون (۱۶) و شانون و گریو (۱۷) نیز این کاهش را به صورت شاخص C_{50} مطرح نموده و معتقدند در آزمایش‌هایی که تعداد داده‌های آزمایش کم است، داده‌های موجود نمی‌توانند اطلاعات مفیدی از شبیه و حد آستانه (معادله^(۳)) ارایه دهند و بهتر است که از مقدار C_{50} در ارزیابی داده‌ها استفاده گردد. بر این اساس، میزان کاهش 50 درصدی در جوانه زنی ارقام کلزا مورد مطالعه (در جدول ۱۰) برای ارقام V_1 , V_2 و V_3 در مرحله جوانه زنی $22/6$ در شوری‌های S_1 , S_2 و S_3 به ترتیب برابر $21/2$, $28/4$ و $22/6$ و از نظر وزن ماده خشک نهال هشت برگی به ترتیب برابر $18/7$, $10/6$ و $9/5$ دسی زیمنس بر متر به دست می‌آید. این امر نشان دهنده آن است که تحمل به شوری این سه رقم در مرحله جوانهزنی بیشتر از مرحله رویش نهالی است و ثانیاً نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه، از تحمل به شوری بالاتری برخوردار هستند.

از مزیت‌های دیگر روش وان گنوختن و هافمن (۱۹) پیش‌بینی و شبیه‌سازی واکنش گیاه به سطوح شوری بالاتر می‌باشد، زیرا اعمال تیمارهای شوری مختلف و در سطوح شوری بالا به علل مختلف از جمله هزینه، دقیق کافی و وقت زیاد به سادگی میسر نمی‌باشد. شکل‌های ۱ و ۲ پیش‌بینی واکنش ارقام مختلف کلزا را در سطوح شوری بالاتر نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۱ سه رقم V_1 , V_2 و V_3 تا شوری‌های بیش از 40 دسی زیمنس بر متر نیز قادر به تحمل شوری و جوانهزنی می‌باشند، در حالی که جوانهزنی سایر ارقام با افزایش شوری تا حدود 25 دسی زیمنس بر متر به شدت کاهش می‌یابد. اما واکنش ارقام مختلف کلزا در مرحله تولید نهال

بهتری نسبت به دو معادله دیگر به منظور برآذش بر داده‌های تحقیق خود معرفی نموده‌اند (۴ و ۱۸). عدم برآذش مناسب معادلات^(۳) و ^(۵) به داده‌های موجود، تعداد کم داده‌ها و محدود بودن سطوح شوری مختلف بود. وان گنوختن و هافمن نیز وجود داده‌های زیاد به ازای سطوح شوری مختلف را شرط مهمی در برآذش خوب این معادلات به داده‌ها عنوان کرده‌اند (۱۹).

شکل‌های ۱ و ۲ واکنش ارقام مختلف کلزا به شوری‌های مختلف را در مراحل جوانه زنی و رشد رویشی نهال بر اساس معادله برآذش داده شده به داده‌های جوانه زنی و رشد رویشی هر رقم (معادله^(۶)) نشان می‌دهد. اختلاف بین معادلات به دست آمده برای ارقام کلزا در مقادیر عددی α , β , γ می‌باشد که این مقادیر با استفاده از نرم افزار SALT محاسبه گردیده‌اند (۱۹ و ۲۰). جدول ۹ مقادیر مختلف α , β , γ و SSQ را برای ارقام مختلف و در دو مرحله جوانهزنی و رویش نهال هشت برگی نشان می‌دهد. نتیجه ارزیابی و کاربرد معادله^(۶) در جدول ۱۰ ارائه شده است. در این جدول میزان شوری آب آبیاری که به ازای آن میزان جوانه زنی بذر یا وزن ماده خشک نهال هشت برگی به مقدار 10 , 25 , 50 و 90 درصد کاهش می‌یابد، با استفاده از معادله برآذش داده شده به داده‌های هر رقم محاسبه و درج گردیده است. چنانچه میزان ده درصد کاهش در جوانه زنی بذر یا وزن ماده خشک ارقام مورد مطالعه را (در این جدول) در نظر بگیریم، مشاهده می‌شود که این کاهش در جوانهزنی برای ارقام V_1 , V_2 و V_3 به ترتیب در شوری‌های $7/6$, $9/5$ و $9/6$ دسی زیمنس بر متر اتفاق می‌افتد در حالی که برای بقیه ارقام این کاهش در شوری کمتر از 3 دسی زیمنس بر متر رخ می‌دهد (برای رقم V_5 این کاهش در شوری $5/9$ دسی زیمنس بر متر رخ می‌دهد). میزان کاهش در وزن 10 درصدی در زیمنس بر متر روى می‌دهد. میزان کاهش در شوری 20 درصدی در ماده خشک نهال برای ارقام V_1 و V_2 به ترتیب در شوری‌های $7/3$ و $4/1$ دسی زیمنس بر متر در حالی که برای بقیه ارقام (به جز رقم V_5) این کاهش در شوری کمتر از 4 دسی زیمنس بر متر روى می‌دهد. نتیجه مهم این جدول این است که میزان

جدول ۹. مقادیر تابت‌های تجربی به دست آمده از برآش معادله ۶ در روش وان گنوختن و هافمن (۱۹) و معیار انتخاب رابطه برتر (SSQ)

مرحله رویش نهال ۸ برگی			مرحله جوانه‌زنی			رقم
β	α	SSQ	β	α	SSQ	
۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۰۷	-۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۵۶	V ₁
۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۱۴	-۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۹۳	V ₂
۰/۰۰۲۵	-۰/۰۴۸۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۸۶	V ₃
۰/۰۰۱۹	-۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۶۵	۰/۰۳۱۵	۰/۰۲۷۴	V ₄
۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۵۹	۰/۰۱۶۳	۰/۰۸۶۴	V ₅
۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۳۲	-۰/۰۲۴۱	۰/۰۴۴۴	V ₆
۰/۰۰۱۷	-۰/۰۳۵۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۴۹	۰/۰۰۳۹	۰/۰۴۹۱	V ₇
۰/۰۰۲۶	-۰/۰۰۹۵۷	۰/۰۰۱۷	۰/۰۲۳۹	-۰/۰۰۲۶	۰/۱۶۷	V ₈

جدول ۱۰. شوری آب آبیاری (dS/m) برای درصد افت جوانه‌زنی و وزن ماده خشک نهال هشت رقم کلزا به روش وان گنوختن و هافمن (۱۹)

وزن ماده خشک نهال هشت برگی				جوانه‌زنی بذرهای کلزا				شوری
%۹۰	%۵۰	%۲۵	%۱۰	%۹۰	%۵۰	%۲۵	%۱۰	رقم
۳۳/۹۰	۱۸/۷۰	۱۲/۰۰	۷/۳۰	۵۴/۲۰	۲۸/۴۰	۱۷/۴۰	۹/۵۰	V ₁
۱۹/۱۰	۱۰/۶۰	۶/۸۰	۴/۱۰	۳۹/۴۰	۲۱/۲۰	۱۳/۳	۷/۶۰	V ₂
۲۲/۱۰	۹/۵۰	۴/۷	۱/۹۰	۴۰/۸	۲۲/۶۰	۱۴/۷۰	۹/۰۰	V ₃
۲۵/۱۰	۱۱/۰۰	۵/۵۰	۲/۳۰	۱۲/۸۰	۷/۶۰	۵/۳۰	۳/۷۰	V ₄
۲۰/۶۰	۱۱/۵۰	۷/۶۰	۴/۷۰	۲۱/۲۰	۱۲/۴۰	۸/۵۰	۵/۹۰	V ₅
۱۸/۶۰	۱۰/۳۰	۶/۶۰	۴/۰۰	۲۳/۳	۱۱/۵۰	۶/۵۰	۳/۱۰	V ₆
۲۷/۸۰	۱۲/۴۰	۶/۲۰	۲/۷۰	۱۲/۵۰	۷/۰۰	۴/۶۰	۲/۸۰	V ₇
۱۶/۵۰	۶/۱۰	۲/۷۰	۱/۰۰	۹/۲۰	۴/۹۰	۳/۰۰	۱/۷۰	V ₈

فوق ضروری به نظر می‌رسد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد که هر سه عامل رقم، شوری و اثر متقابل آنها بر میزان جوانه‌زنی و وزن ماده خشک نهال هشت برگی، تأثیر معنی داری در سطح ۰/۱٪ دارند. با این وصف به دلیل واکنش متفاوت ارقام در سطوح شوری اعمال شده و نیز در مراحل مختلف رشد، نمی‌توان

هشت برگی نسبت به سطوح شوری بالا متفاوت با مرحله جوانه‌زنی می‌باشد. در این مرحله تقریباً تمامی ارقام واکنش ملایم‌تری نسبت به سطوح شوری بالاتر دارند و تا شوری حدود ۲۵ الی ۳۰ دسی زیمنس بر متر قادر به تولید نهال می‌باشند و این نتیجه حساسیت کمتر مرحله رویش نهال هشت برگی را نسبت به مرحله جوانه‌زنی نشان می‌دهد. به هر حال، برای تعیین صحت پیش‌بینی‌های فوق توسط مدل SALT آزمایش‌های تجربی بیشتر در سطوح شوری بالاتر در مراحل

سطح شوری شاهد داشت (جدول ۷) اما در آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح ۱٪ بعد از ارقام ACSN1 و فالکون قرار گرفت و این نشان می‌دهد که علی‌رغم این‌که این واریته نسبتاً به شوری حساس است ولی یک رقم پر بازده می‌باشد، در صورتی که ممکن است رقمی مثل گلوبال (V₇) در سطوح شوری مختلف درصد کاهش کمی نسبت به سطح شوری شاهد داشته باشد، اما یک رقم کم بازده قلمداد شود.

در این مطالعه، برای ارزیابی و تعیین ارقام متحمل به شوری علاوه بر مقایسه میانگین‌ها در سطح ۱٪ به روش آزمون دانکن، از روش پیشنهادی وان گنوختن و هافمن (۱۹) نیز استفاده شد، زیرا این روش از انعطاف پذیری بالایی برخوردار است. جدول ۱۰ مقادیر مختلف کاهش را در میزان جوانهزنی و وزن ماده خشک نهال هشت برگی در شوری‌های مختلف آب آبیاری بر اساس معادله ۶ نشان می‌دهد. بر اساس این جدول و روش مقایسه میانگین‌ها (آزمون دانکن در سطح ۱٪)، دو رقم ACSN1 و فالکون ارقام متحمل به شوری و دو رقم گلوبال و اویرکا حساس به شوری شناخته شدند و سایر ارقام نیز در زمرة ارقام نیمه متحمل تا نسبتاً حساس قرار می‌گیرند.

نسبت به انتخاب رقم یا ارقام خاص که در تمامی مراحل رشد متحمل به شوری باشند اقدام نمود، ولی می‌توان ارقام مختلف را بسته به میزان تحمل آنها به سطوح شوری در مراحل مختلف رشد از متحمل تا حساس به شوری تقسیم‌بندی نمود. از طرف دیگر، کاربرد نتایج به دست آمده حاصل از تعیین درجه تحمل به شوری مبتنی بر کاهش عملکرد نسبی (۱۶) و یا روش شاخص حساسیت به شوری (۵) ممکن است به انتخاب نادرست یک رقم نسبت به دیگر ارقام مورد مطالعه متهمی گردد. زیرا رقم یا ارقامی که بر اساس نتایج ارزیابی این دو روش انتخاب می‌شوند، ممکن است در سطوح شوری متوسط به عنوان ارقام کم محصول مطرح شوند. این یافته از طریق کار تحقیقاتی دیگران (۱۵) نیز تأیید شده است. روز دیگر به این نتیجه رسید که ارقام کم محصول ممکن است هنوز برخی راهکارهای مقابله با تنش‌های محیطی (از جمله شوری) را در خود نگه داشته و آن را بروز دهند، ولی ارقام پر محصول ممکن است چنین توانایی را نداشته باشند و یا قادر به بروز آنها در محیط‌های تنش دار نباشند (۱۴). به عنوان مثال رقم V₆ (کبری) در مرحله رویش نهال هشت برگی در سطوح شوری اعمال شده درصد کاهش زیادی در مقایسه با سایر ارقام نسبت به

منابع مورد استفاده

۱. نیازی، ج. و ژ. وزیری. ۱۳۸۰. تعیین دور و عمق آب آبیاری در زراعت کلزا. گزارش پژوهشی در دست تهیه. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، زرمان
2. Ashraf, M. and Mc. Nealy. 1990. Response of four *Brassica* species to sodium chloride. Environ. Exp. Bot. 30: 475-487.
3. Bernstein, L. and H. E. Hayward. 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant physiol. 9:25-46.
4. Ferguson, L., J. A. Poss, S. R. Grattan, C. M. Grieve, D. Wang, C. Wilson, T. J. Donovan and C. T. Chao. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and Boron stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127: 194-199.
5. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912.
6. Francios, L. E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. Agron. J. 86:233-237.
7. Gutierrez Boem, F. H., J. D. Scheiner and R. S. Lauado. 1994. Some effects of soil salinity on growth, development and yield of rapeseed (*B. napus*). Crop Sci. 172:183-187.
8. He, T. and G. R. Cramer. 1992. Growth and mineral nutrition of six rapid- cycling *Brassica* species in response to sea water salinity. Plant and Soil 139:285-294.
9. Huang, J. and R. E. Redmann. 1995. Salt tolerance of *Hordum* and *Brassica* species during germination and early seedling. Can. J. Plant Sci. 75:815-819.

10. Keiffer, C. H. and I. A. Ungar. 1997. The effect of expanded exposure to hyper-saline condition on the germination of five inland halophytes species. Amer. J. Bot. 87:104-111.
11. Khan, M. A. and I. A. Ungar. 1997. Effect of light, salinity and thermo-period on seed germination of halophytes. Can. J. Bot. 75:837-841.
12. Porcelli, C. A., F. H. Gutierrez Boem and R. S. Lavado. 1995. The K/Na ratios and rapeseed yield under salinity or sodicity. Plant and Soil 175:231-255.
13. Redmann, R. E., M. Q. Qi and M. Belyk. 1994. Growth of transgenic and standard canola (*B. napus*) varieties in response to soil salinity. Can. J. Plant Sci. 74:797-799.
14. Rhoades, J. D. 1986. Use of saline water for irrigation. Special Issue Bull. Water Quality, Burlington, Natu. Water Res. Inst., Ontario, Canada.
15. Richards, R. A. 1983. Should selection for yield in saline regions be made on saline or nonsaline soils? Euphytica 23:431-438.
16. Shannon, M. C. 1997. Adaptation of plant to salinity. Adv. in Agron. 60:76-120.
17. Shannon, M. C. and C. M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. Scientia Horticulturae 78: 5-38.
18. Shannon, M. C., C. M. Grieve, S. M. Lesch and J. H. Draper. 2000. Analysis of salt tolerance in nine leafy vegetables irrigated with saline drainage water. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 658-664.
19. Van Genuchten, M. Th. and G. I. Hoffman. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. PP. 238-271. In: I. Shainberg and J. Shalhevet (Eds.), Soil Salinity Under Irrigation- Process and Management. Springer Verlag Pub., New York.
20. Van Genuchten, M. Th. 2003. Personal Communications with second Author. US Salinity Laboratory, Riverside, CA.