

تعیین آستانه تحمل به شوری ۱۱ رقم و ژنوتیپ انتخابی بادام

علی مومن پور^{۱*}، علی ایمانی، داود بخشی و غلامحسین رنجبر

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

a.momenpour@areeo.ac.ir

دانشیار پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

Imani_a45@yahoo.com

دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

bakhshi-d@guilan.ac.ir

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

ranjbar71@gmail.com

چکیده

آستانه تحمل به شوری گیاهان باغی بر اساس میزان کاهش عملکرد در شرایط شور در مقایسه با شرایط غیرشور بدست می‌آید. به منظور تعیین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی بادام، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ژنوتیپ بادام در ۱۱ سطح (تونو، ناپاریل، مامایی، شکوفه، سهند، شاهرود ۱۲، A200، ۱-۲۵، ۱-۱۶ و ۱۳-۴۰ پیوندشده روی پایه GF677 و پایه GF677 (پیوند نشده به عنوان شاهد)) و شوری آب آبیاری در پنج سطح (۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس برمتر)، انجام شد. در پایان پژوهش، آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر حسب بیوماس گیاهان محاسبه شد. نتایج نشان داد که کمترین میزان آستانه تحمل به شوری مربوط به ژنوتیپ ۱-۱۶ (۲/۲۲ دسی‌زیمنس برمتر) بود و پس از آن ارقام مامایی (۲/۲۸ دسی‌زیمنس برمتر) و سهند (۲/۳۹ دسی‌زیمنس برمتر)، قرار داشت. در نقطه مقابل، بیشترین آستانه تحمل به شوری در رقم‌های شکوفه، شاهرود ۱۲ و ژنوتیپ ۱-۲۵ به ترتیب به میزان (۵/۸۰، ۴/۸۴ و ۴/۸۰ دسی‌زیمنس برمتر)، مشاهده شد. بیشترین شیب کاهش عملکرد با افزایش شوری در ژنوتیپ ۱۳-۴۰ (۸/۰۵ درصد)، و پس از آن در ارقام A200 (۷/۸۶ درصد) و نان‌پاریل (۷/۵۵ درصد)، ثبت شد. در نقطه مقابل، کمترین مقدار شیب کاهش عملکرد در رقم‌های شاهرود ۱۲ (۵/۶۰ درصد) دیده شد. در مجموع نتایج نشان داد، میزان شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ارقام شاهرود ۱۲، شکوفه و ژنوتیپ ۱-۲۵، می‌شود، به ترتیب ۵/۰۵، ۴/۴۳ و ۳/۵۵ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، بیشتر است. کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد رقم‌های شاهرود ۱۲، شکوفه، ژنوتیپ ۱-۲۵ و پایه GF677 به ترتیب در شوری‌های ۱۳/۲۳، ۱۲/۵۹، ۱۱/۷۱ و ۸/۱۶ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد. گفتنی است که در پژوهش‌های قبلی گزارش شده است که در شوری هفت دسی‌زیمنس برمتر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد (بیوماس) درختان بادام کاسته می‌شود، در حالیکه در ارقام شاهرود ۱۲ و شکوفه پیوند شده روی پایه GF677 در شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر تنها به ترتیب ۱۲ و ۹ درصد از عملکرد کاسته شد. بر این اساس می‌توان ترکیب‌های پیوندی مذکور را برای مناطقی با شوری‌های متوسط توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آب شور، بادام پایه GF677، شیب کاهش عملکرد، رقم شاهرود ۱۲

۱ - آدرس نویسنده مسئول: یزد، مرکز ملی تحقیقات شوری

* - دریافت: آبان ۱۳۹۶ و پذیرش: آبان ۱۳۹۷

مقدمه

شوری آب و خاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و شور شدن تدریجی خاک یکی از مسائل بسیار مهم در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران می‌باشد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). موقعیت جغرافیایی، کمبود نزولات آسمانی، زیاد بودن میزان تبخیر از سطح خاک از دلایل اصلی پتانسیل بالای شوری در این مناطق از لحاظ عوامل طبیعی می‌باشد (ولی‌پور و همکاران، ۱۳۸۷). در نتیجه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و آب و کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان به شمار می‌رود. بنابراین استفاده از آب‌های شور به منظور تولید محصولات کشاورزی، غیرقابل اجتناب است. در کل با افزایش شوری آب آبیاری بر شوری خاک نیز اضافه می‌شود که آن نیز عوامل دیگری را در رابطه با آب و گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد (اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از موثرترین راهکارها برای بهره‌برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق شور است (مانس و تستر، ۲۰۰۸؛ حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰).

تحمل به شوری یک گیاه باغی و یا زراعی به معنای توانایی گیاه برای ادامه رشد و تولید محصول در حضور نمک‌های اضافی موجود در منطقه ریشه است (ماس، ۱۹۹۰). به منظور تعیین تحمل به شوری معمولاً میزان کاهش عملکرد آن در خاک‌های شور در مقایسه با عملکرد آن در شرایط غیرشور مشخص می‌گردد (ماس، ۱۹۹۰). بر همین اساس، گونه‌های مختلف گیاهان باغی و یا زراعی از نظر تحمل به شوری به گروه‌های حساس، نیمه حساس، نیمه متحمل و متحمل تقسیم‌بندی شده‌اند. این نوع تقسیم‌بندی برای اولین بار توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده آمریکا برای اکثر گیاهان زراعی و باغی تنظیم گردید (ماس و هافمن، ۱۹۷۷). براساس این طبقه‌بندی بسته به نوع گیاه باغی و یا زراعی یک آستانه تحمل به شوری (بیشینه

میزان شوری در منطقه ریشه‌دوانی که در آن هیچ کاهش عملکرد مشاهده نمی‌شود) وجود دارد، در شوری‌های بیشتر از این آستانه، به ازای افزایش هر واحد شوری درصدی از عملکرد کاهش می‌یابد، تا جایی که شوری آنقدر افزایش یافته که رشد متوقف و عملکرد صفر می‌گردد (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ ماس و گراتان، ۱۹۹۹). تحمل به شوری گیاهان باغی به طور سنتی با مقایسه عملکرد نسبی در شوری‌های مختلف خاک تعیین می‌گردد. ماس و هافمن (۱۹۷۷) بیان کردند که نمودار واکنش گیاهان زراعی و باغی به شوری خطی است و از دو قسمت مجزا تشکیل شده است. یک خط مشخص‌کننده محدوده آستانه تحمل به شوری با شیب صفر و دیگری یک خط وابسته به غلظت است که شیب آن میزان کاهش عملکرد را به ازای افزایش هر واحد شوری نشان می‌دهد. این مدل به مدل دو قسمتی نیز معروف است. در واقع نقطه‌ای که دو خط یکدیگر را قطع می‌کنند همان "آستانه تحمل به شوری" می‌باشد. با توجه به تعریف فوق، عملکرد نسبی یک گیاه زراعی در یک شوری معین با توجه به معادله ۱ بدست می‌آید (ماس و هافمن، ۱۹۷۷).

$$Y_r = 100 - b(EC_e - a) \quad (1)$$

در این رابطه:

Y_r = عملکرد نسبی، b = شیب خط برحسب درصد، a = حد آستانه تحمل به شوری براساس دسی زیمنس بر متر و EC_e = متوسط شوری عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه براساس دسی زیمنس بر متر می‌باشد.

این رابطه، بعدها توسط وانگنوختن و هافمن (۱۹۸۴) تغییر داده شد. ایشان بیان کردند که واکنش گیاهان به شوری همیشه خطی نیست، بلکه به صورت سیگموئیدی است. طبق تعریف، شوری که باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد می‌گردد، بر اساس رابطه ۲ قابل محاسبه می‌باشد:

$$Y_r = \frac{Y_m}{1 + \left(\frac{EC}{EC_{50}} \right)^p} \quad (2)$$

عملکرد در یک شوری معین نسبت به عملکرد در شرایط شوری ناچیز^۱

در این رابطه:

Ym = مقدار عملکرد در شرایط غیرشور، EC = میانگین شوری در ناحیه رشد ریشه براساس دسی زیمنس بر متر، EC_{50} = میانگین شوری خاک که منجر به کاهش ۵۰٪ عملکرد می‌شود و P = یک ضریب تجربی است.

اما ورای روش محاسبات، آنچه در مورد میزان آستانه تحمل به شوری اهمیت دارد این است که عوامل مختلفی مانند ترکیبات نمک، میزان آب خاک، موجودات زنده خاک، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، توزیع نمک در پروفیل خاک، حاصلخیزی خاک، اقلیم، مرحله رشدی گیاه و نوع رقم بر میزان آستانه تحمل به شوری گیاهان زراعی و باغی تأثیر دارد (ماس و هافمن، ۱۹۷۷). به طوریکه آستانه تحمل به شوری یک رقم در یک خاک حاصلخیز در مقایسه با یک خاک فقیر بیشتر می‌باشد و یا اینکه آستانه یک رقم زراعی و یا باغی در یک محیط خشک کمتر از آستانه آن در یک محیط مرطوب است (ماس، ۱۹۹۰؛ ماس، ۱۹۹۶؛ فولر، ۱۹۸۰). این مسأله باعث شده است که داده‌های تحمل به شوری در ظاهر از اهمیت قابل توجهی برخوردار نباشند. اما نکته درخور توجه آن است که داده‌های تحمل به شوری می‌توانند برای مقایسه تحمل نسبی گیاهان مختلف زراعی و باغی کاربرد داشته باشند. بر اساس این داده‌ها، تحمل به شوری پسته در مقایسه با انار و بادام بیشتر است. در حالیکه توت‌فرنگی یکی از حساسترین گیاهان باغی به شرایط شور محسوب می‌گردد (ماس، ۱۹۹۰؛ ماس و هافمن، ۱۹۷۷).

از طرفی تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که آستانه تحمل اکثر درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به طوری که تا هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آن‌ها مشاهده نمی‌شود، اما در شوری‌های ۱/۱ و هفت دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (گراتان، ۲۰۰۲؛ ماس و هاف من، ۱۹۷۷). اما با توجه به

اینکه امروزه پژوهشگران موفق به تولید پایه‌ها و ارقام جدید در درختان بادام شده‌اند، ثابت شده است که برخی از ارقام و پایه‌های بادام دارای تحمل بیشتری به شوری می‌باشند. به عنوان مثال، تحمل پایه GF_{677} نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از نمک طبیعی مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده است که این پایه نسبت به شوری، تا حدود پنج دسی‌زیمنس بر متر، متحمل است (مومن پور و همکاران، ۱۳۹۳ a و b)؛ مومن پور و همکاران، ۱۳۹۴ b)؛ غلامی و راحمی، ۱۳۸۹). گزارش شده است که پایه GF_{677} متحمل به شوری می‌باشد، در حالیکه پایه نماغارد [*P. persica* X *P. davidiana*]، حساسیت زیادی به شوری دارد (موتتایم و همکاران، ۱۹۹۴). همچنین، گزارش شده است که پایه GF_{677} از طریق مکانیسم تدافعی ایجاد محدودیت در جذب و یا انتقال سدیم به قسمت‌های هوایی و نیز حفظ سطح مناسبی از پتاسیم، تحمل بالاتری نسبت به نمک کلرید سدیم در مقایسه با پایه بذری توانوا^۱ (هیبیرید بین رقم خودگرده افشان تونو و رقم ژنکو^۲ در شرایط گرده افشانی کنترل شده) داشته است و می‌تواند شوری تا ۵۰ میلی مولار (۵/۲ دسی زیمنس بر متر) را تحمل کند (اورعی و همکاران، ۱۳۸۸). در گزارش دیگری مقاومت این پایه نسبت به شوری از پایه بذری (*HS_{302}* (*P. armeniaca* × *P. cerasifera*)) و پایه بذری (*HS_{312}* (*Prunus amygdalus* × *P. persica*)) و رقم سهند بیشتر است و می‌توان از آن به عنوان یک پایه متحمل به شوری برای ارقام مختلف بادام استفاده کرد (دژمپور و همکاران، ۱۳۹۱).

در کارهای انجام شده روی ارقام بادام نیز گزارش شده است که ارقام بادام عکس العمل‌های متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند (ال عذب و همکاران، ۱۹۹۸؛ نوتیساکیس و همکاران، ۱۹۹۷؛ راحمی و همکاران، ۲۰۰۸ و مومن پور و همکاران، ۱۳۹۴ a و b). در تمامی این تحقیقات گزارش شده است که شاخص‌های مورفولوژیکی بادام از جمله رشد طولی، قطر تنه، ضخامت

² Genco

¹ Tuvano

برگ ها و حوزه گسترش ریشه‌ها، وزن تر و خشک گیاهان با افزایش شوری، کاهش می‌یابند که علت این کاهش رشد و عملکرد را معمولاً مربوط به سمیت یونی و تنش خشکی ناشی از افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک دانسته‌اند. لذا با توجه به اینکه تحقیقات قبلی نشان داده‌است که پایه‌ها و ارقام بادام از نظر حساسیت به شوری با یکدیگر اختلاف دارند، و از طرفی تاکنون هیچ گزارشی در داخل کشور در رابطه با آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد ارقام و پایه‌های بادام وجود نداشته است، این پژوهش با هدف تعیین آستانه تحمل به شوری ۱۰ ژنوتیپ بادام پیوند شده روی پایه GF677 و همچنین تعیین نقش پایه و نوع پیوندک در افزایش تحمل به شوری، انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد گیاهی و شرایط آزمایش

این تحقیق در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ در ۱۱ سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و با سه تکرار در سال

۱۳۹۲ - ۱۳۹۳ در گلخانه‌ی تحقیقاتی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری انجام شد. ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل تونو، نان پاریل، مامایی، شکوفه، سهند، شاهرود ۱۲، A200، ۱-۲۵، ۱-۱۶ و ۱۳-۴۰ همه پیوند شده روی پایه GF677 و پایه GF677 (بدون پیوند)، و شوری آب آبیاری شامل ۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، بودند. تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق، از نظر زمان گلدهی در گروه دیرگل تا خیلی دیرگل قرار دارند. این ژنوتیپ‌ها دارای مغز شیرین و روشن می‌باشند و همه آن‌ها به غیر از رقم تونو از نوع خودناسازگار می‌باشند. به منظور آماده‌سازی گیاهان، پایه‌های یک ساله رویشی GF677 در اواخر اسفندماه در داخل گلدان‌های ۲۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لوم بازکشت شدند (جدول ۱). سپس ژنوتیپ‌های مورد نظر با استفاده از پیوند شکمی^۱ در ابتدای خرداد ماه روی آن‌ها پیوند شدند و پس از رشد کافی پیوندک‌ها (دو ماه پس از عمل پیوند)، اعمال تیمارهای شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (۱۳ هفته) ادامه یافت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

ویژگی	نماد	مقدار	ویژگی	نماد	مقدار
رطوبت اشباع (درصد)	S.P	۳۹	بافت	Texture	لوم
رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)	FC	۲۷/۳۳	کلسیم محلول (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	Ca	۱۲۳۰
رطوبت نقطه پژمردگی (درصد)	PWP	۱۴/۸	منیزیم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	Mg	۳۱۶/۲
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	EC	۱/۲۸	کربنات کلسیم معادل (درصد)	T.N.V	۱۴/۸
واکنش خاک	pH	۷/۵	مس (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	Cu	۲/۱۲
نیترژن (درصد)	N	۰/۱۵	روی (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	Zn	۴/۸۶
کربن آلی (درصد)	O.C	۱/۴۹	آهن (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	Fe	۲۷/۳۴
فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	P _{av.}	۱۰/۴۹	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	K _{av.}	۶۹۰
شن (درصد)	Sand	۴۶	منگنز قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	Mn	۱۶/۲۶
سیلت (درصد)	Silt	۳۴	سدیم محلول (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	Na	۹۳/۱۵
رس (درصد)	Clay	۲۰			

اعمال تیمار تنش شوری

به‌منظور اعمال تیمارهای شوری ۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، از نمک‌های طبیعی جمع‌آوری شده از دریاچه نمک استان قم، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین، برای

اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمار ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمار شوری با غلظت ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، در

¹ T or Shield budding

برمتر نمک طبیعی، ۱۷ نوبت، آبیاری اعمال شدند. تعداد دفعات کمتر آبیاری در سطوح ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس برمتر به دلیل کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آن‌ها از یک طرف و وجود نمک بیشتر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط باعث حفظ رطوبت به مدت بیشتری شده و فاصله زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و در نتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌های بالاتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. همچنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبخوبی خاک گلدان‌ها، پس از هرنوبت آبیاری، زه آب تعدادی از گلدان‌ها به طور تصادفی جمع‌آوری و حجم زه آب و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. به طوریکه که در طول آزمایش کسر آبخوبی به طور میانگین $3 \pm 25\%$ بود. در نهایت در پایان آزمایش نیز، نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری، تهیه و آنالیز شد (جدول ۳).

مرتبه دوم گیاهان با تیمار ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و در نهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه^۱، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار مدل (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و نیاز آبخوبی، انجام می‌شد. برای این منظور، ابتدا وزن خاک خشک گلدان‌ها، نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی تعیین شد (جدول ۱). سپس میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک مورد آزمایش به حد ظرفیت زراعی محاسبه شد. زمانی که ۵۰٪ آب قابل استفاده گیاه مصرف شده بود، مجدداً آبیاری انجام می‌شد. به طوری که طی دوره آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای شاهد و ۲/۵ دسی‌زیمنس برمتر نمک طبیعی، ۲۰ نوبت، تیمار ۴/۹ دسی‌زیمنس برمتر نمک طبیعی، ۱۹ نوبت و تیمار ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس

جدول ۲- ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده

نمونه آب مورد استفاده با سطوح نمک طبیعی (گرم بر لیتر)	تیمارهای شوری (دسی‌زیمنس برمتر)	واکنش آب (pH)	سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	کلر (میلی‌گرم در لیتر)	کلسیم (میلی‌گرم در لیتر)	منیزیم (میلی‌گرم در لیتر)	بی‌کربنات (میلی‌گرم در لیتر)
شاهد	۰/۵	۷/۳	۲۲/۱	۳۵/۵	۶۲	۱۷/۱	۹۸
۱/۲	۲/۵	۷/۴	۳۸۹	۶۶۴	۷۰	۲۰/۵۰	۱۲۶
۲/۴	۴/۹	۷/۶	۸۰۹	۱۳۸۶	۷۹	۲۲/۰۱	۱۳۷
۳/۶	۷/۳	۷/۷	۱۲۳۱	۲۱۱۳	۸۸	۲۳/۶	۱۴۹
۴/۸	۹/۸	۷/۸	۱۶۵۳	۲۸۳۶	۹۹	۲۵/۷	۱۵۹

جدول ۳- مقادیر شوری و واکنش خاک مورد استفاده در گلدانها پس از اعمال تنش شوری با سطوح مختلف

تیمارهای شوری آب (دسی‌زیمنس برمتر)	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	واکنش خاک (pH)
۰/۵	۱/۲	۷/۴
۲/۵	۳/۲	۷/۵۵
۴/۹	۵/۷	۷/۶۵
۷/۳	۸/۳	۷/۸
۹/۸	۱۰/۹	۷/۹

^۱ Filed capacity

بادام اعلام شده بود، بیشتر بود. ماس و هافمن (۱۹۷۷) و گراتان (۲۰۰۲) گزارش کرده بودند که آستانه تحمل اکثر درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به طوری که تا هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی-زیمنس بر متر کاهشی در عملکرد آن‌ها مشاهده نمی‌شود. آستانه تحمل به شوری در سایر ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه GF677، به غیر از رقم تونو (۲/۸۶) دسی-زیمنس-برمتر، بیشتر از سه دسی-زیمنس بر متر بود. به طوری که آستانه تحمل به شوری در رقم‌های شکوفه، شاهرود ۱۲ و ژنوتیپ ۲۵-۱ به ترتیب ۵/۸۰، ۴/۸۴ و ۴/۸۰ دسی-زیمنس بر متر بود (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱). این نتایج با نتایج مومن‌پور و همکاران (a و b ۱۳۹۴)، مطابقت دارد. آن‌ها پس از بررسی مجموع صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در این ژنوتیپ‌ها، گزارش کرده بودند که رقم‌های شاهرود ۱۲ و شکوفه و پس از آن‌ها، ژنوتیپ ۲۵-۱ دارای تحمل بیشتری به شوری هستند. آستانه تحمل به شوری در تمامی ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه GF677 از پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، بیشتر بود. آستانه تحمل به شوری در پایه‌های پیوند نشده، ۲/۰۹ دسی-زیمنس بر متر بود (شکل ۲)، در حالیکه آستانه تحمل به شوری در پایه‌هایی که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق، روی آن‌ها پیوند شده بودند از ۲/۲۲ دسی-زیمنس بر متر در ژنوتیپ ۱۶-۱ تا ۵/۸۰ دسی-زیمنس بر متر در رقم شکوفه متغیر بودند، این نتایج نشان می‌دهد که نوع ژنوتیپ پیوندی در افزایش آستانه تحمل به شوری نقش به‌سزایی دارد. نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش مومن‌پور و همکاران (a و b ۱۳۹۴)، مطابقت داشت. آن‌ها با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در ریشه و برگ ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه GF677 و پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، گزارش کردند که نوع پیوندک در ممانعت از جذب سدیم و کلر توسط ریشه و انتقال آن به بخش‌های هوایی موثر است. ارقام شاهرود ۱۲ و شکوفه، در تمامی سطوح شوری مطالعه شده، دارای کمترین مقدار کلر و سدیم و کمترین نسبت سدیم به پتاسیم، سدیم به کلسیم، سدیم به منیزیم و سدیم به فسفر و بیشترین نسبت کلر به

محاسبه آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد

آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر حسب ماده خشک گیاهان محاسبه شد. برای این منظور، در پایان دوره آزمایش ابتدا گیاهان به طور کامل از خاک خارج شدند، ریشه‌ها از محل اتصال آنها به طوقه جدا و کاملاً با آب مقطر، شست و شو داده شدند. سپس تمامی اندام‌های گیاهان شامل برگ‌ها، شاخه‌ها و ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجموع وزن خشک برای هر گیاه محاسبه شد (مومن‌پور و همکاران، c ۱۳۹۴). سپس عملکرد نسبی برای هر گیاه بر اساس معادله خطی (رابطه ۳)، محاسبه شد (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ وانگنوختن و هافمن، ۱۹۸۴).

$$Y_r = 100 - b(EC_e - a) \quad (3)$$

در این رابطه:

Y_r = عملکرد نسبی، b = شیب خط بر حسب درصد، a = حد آستانه تحمل به شوری بر اساس دسی زیمنس بر متر و EC_e = متوسط شوری عصاره اشباع خاک در منطقه ریشه بر اساس دسی زیمنس بر متر می باشد.

در پایان، تجزیه و تحلیل رگرسیون داده‌های آماری، با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های انتخابی

بر اساس نتایج، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر آستانه تحمل به شوری با یکدیگر اختلاف داشتند. در بین ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه GF677، کمترین میزان آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ ۱۶-۱ (۲/۲۲ دسی-زیمنس بر متر)، مشاهده شد (شکل ۱). پس از این ژنوتیپ، ارقام مامایی و سهند دارای کمترین آستانه تحمل به شوری بودند. آستانه تحمل به شوری در این ارقام به ترتیب ۲/۲۸ و ۲/۳۹ دسی-زیمنس بر متر بود (شکل‌های ۳ و ۴). میزان آستانه تحمل به شوری در این ژنوتیپ‌ها بین ۰/۷ الی ۰/۹ دسی-زیمنس بر متر از آستانه تحمل به شوری که قبلاً برای درختان

سدیم بودند. همچنین این ارقام توانسته بودند در سطوح بالای شوری، از طریق افزایش پتاسیم، مس، آهن و روی به مقدار بیشتری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق، با اثرات مخرب سدیم مقابله کنند.

همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، علاوه بر اینکه آستانه تحمل به شوری هر یک از ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه GF677 به‌طور جداگانه محاسبه شد، میانگین آستانه تحمل به شوری در ۱۰ ژنوتیپ بررسی شده نیز محاسبه گردید و با پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، مقایسه شد. بر این اساس میانگین آستانه تحمل به شوری در ۱۰ ژنوتیپ انتخابی پیوند شده روی پایه GF677، ۳/۷۴ دسی-زیمنس بر متر بود در حالیکه آستانه تحمل به شوری پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، ۲/۰۹ دسی-زیمنس بر متر (شکل ۲) بود. این نتایج نشان می‌دهد که علاوه بر پایه، نوع رقم و ژنوتیپ پیوندی نیز، در افزایش تحمل به شوری نقش به‌سزایی دارد. ارقام شکوفه، شاهرود ۱۲، A200 و ژنوتیپ ۱-۲۵ دارای آستانه تحمل به شوری بیشتر از ۴ دسی-زیمنس بر متر بودند.

بررسی شیب کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های انتخابی

بر اساس نتایج به‌دست آمده، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ مقدار شیب کاهش عملکرد با یکدیگر اختلاف داشتند. بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری (بر حسب دسی-زیمنس-برمتر)، در ژنوتیپ ۴۰-۱۳ (۸/۰۵ درصد)، مشاهده شد (شکل ۷). پس از این ژنوتیپ، ارقام A200 و نان‌پاریل دارای بیشترین مقدار شیب کاهش عملکرد بودند، شیب کاهش عملکرد در این ارقام به ترتیب ۷/۸۶ و ۷/۵۵ درصد بود (شکل‌های ۸ و ۶). شیب کاهش عملکرد در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده کمتر از ۸ درصد بود به‌طوری‌که مقدار شیب کاهش عملکرد در رقم شاهرود ۱۲، ۵/۶۰ درصد بود (شکل ۱۰). شیب کاهش عملکرد در پایه شاهد (بدون پیوند)، ۷/۹۹ درصد بود. در یافته‌های مومن‌پور و همکاران (a و b ۱۳۹۴)، مومن‌پور و همکاران (a و b ۱۳۹۳)، و مونتایم و همکاران (۱۹۹۴)، گزارش شده است که پایه GF677 متحمل به شوری می‌باشد، درحالی‌که پایه نماگارد

[*P.persica X P. davidiana*]، حساسیت بالایی به شوری دارد. هر چند آستانه تحمل به شوری این پایه (۲/۰۹ دسی-زیمنس بر متر) و تنها در حدود ۰/۵ واحد از آستانه تحمل به شوری گزارشات قبلی (ماس و هافمن، ۱۹۷۷)، بیشتر بود، اما در تحقیقات قبلی (ماس، ۱۹۷۷؛ ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ گراتان، ۲۰۰۲). شیب کاهش عملکرد برای ارقام بادام ۱۹ درصد گزارش شده بود در حالیکه شیب کاهش عملکرد در این پایه بسیار کاهش یافته است. در واقع می‌توان گفت، به دلیل اینکه شیب کاهش عملکرد در این پایه در حدود ۱۱ درصد کاهش یافته است، موجب شده است که از این پایه به‌عنوان یک پایه متحمل به شوری برای ارقام بادام، نام برده شود. نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ پیوندی بر کاهش شیب عملکرد، موثر است. همانطور که در شکل‌های ۲ و ۱۲ مشاهده می‌شود، شیب کاهش عملکرد در پایه‌های شاهد (بدون پیوند) و میانگین ۱۰ ژنوتیپ بررسی شده، به ترتیب ۷/۹۹ و ۷/۱۳ درصد بود. که در این میان شیب کاهش عملکرد در رقم شاهرود ۱۲ در صد کمتر از شش درصد (۵/۶۰ درصد) بود.

محاسبه هدایت الکتریکی (ECe) مربوط به کاهش

عملکرد ۵۰ درصدی (EC50)، بر اساس معادله خطی

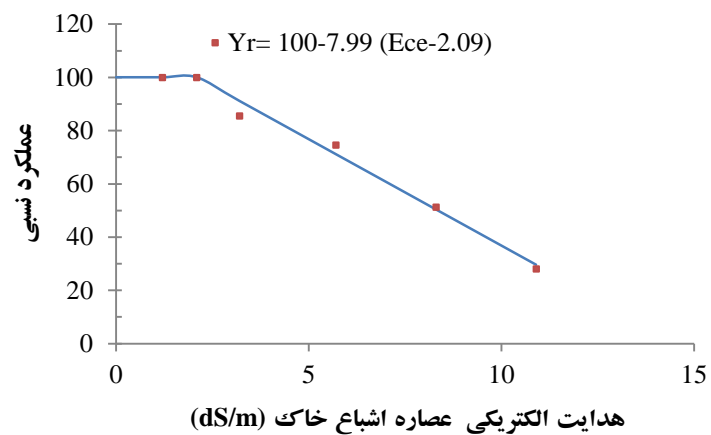
میزان هدایت الکتریکی مربوط به کاهش عملکرد ۵۰ درصدی بر اساس معادله خطی (ماس و هافمن، ۱۹۷۷) برای تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، محاسبه شد (جدول-های ۴ و ۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده، میزان شوری عصاره اشباع خاک که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی شد، در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف داشت. در رقم شاهرود ۱۲ و شکوفه به ترتیب در شوری-های ۱۳/۲۳ و ۱۲/۵۹ دسی-زیمنس بر متر، عملکرد به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته بود. پس از این ارقام، ژنوتیپ ۲۵-۱ دارای تحمل بیشتری به شوری بود. در این ژنوتیپ، در شوری ۱۱/۷۱ دسی-زیمنس بر متر، عملکرد به میزان ۵۰ درصد کاهش یافت. در نقطه مقابل، کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، در شوری ۸/۱۶

در شوری‌های ۱۳/۲۳، ۱۲/۵۹، ۱۱/۷۱ و ۸/۱۶ دسی-زیمنس برمتر مشاهده شد. حال با توجه به اینکه در تحقیقات قبلی گزارش شده است که در شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد کاسته می‌شود در حالیکه در ارقام شاهرود ۱۲ و شکوفه پیوند شده روی پایه GF₆₇₇ در شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر تنها به ترتیب ۱۲ و ۹ درصد از عملکرد کاسته شد، می‌توان ترکیب-های پیوندی نامبرده را برای مناطقی با شوری‌های متوسط توصیه نمود.

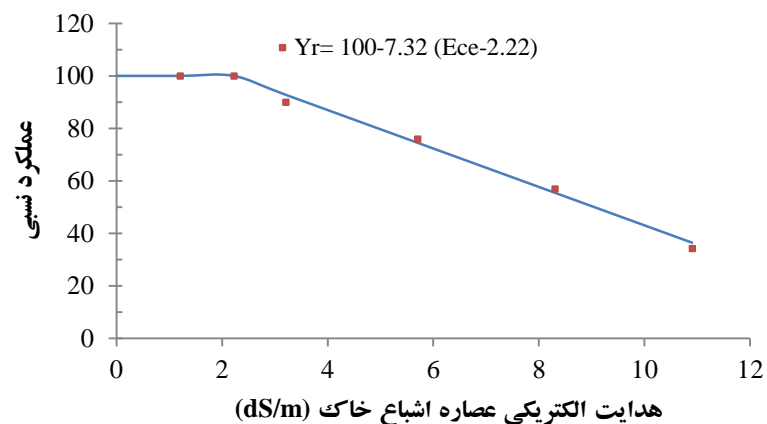
دسی‌زیمنس برمتر، مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که در ارقام پیوندی شاهرود ۱۲، شکوفه و ژنوتیپ ۲۵-۱، میزان شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی می‌شود، به ترتیب ۵/۰۵، ۴/۴۳ و ۳/۵۵ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، بیشتر است. تحمل بیشتر این ژنوتیپ‌ها به شوری در نتیجه افزایش آستانه تحمل به شوری و کاهش شیب عملکرد در آن‌ها نسبت به پایه‌های شاهد، بوده است. همچنین، همانطور که گفته شد، پایه-GF₆₇₇ به عنوان یک پایه متحمل به شوری معرفی شده است. گراتان (۲۰۰۲) و ماس و هافمن (۱۹۷۷)، گزارش کرده بودند که آستانه تحمل به شوری بادام پایین است، به طوری که تا هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش در عملکرد آن‌ها مشاهده نمی‌شود و در شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر تا میزان ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود در حالیکه در این پایه در شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر کمتر از ۵۰ درصد از عملکرد کاسته شده است.

نتیجه‌گیری کلی

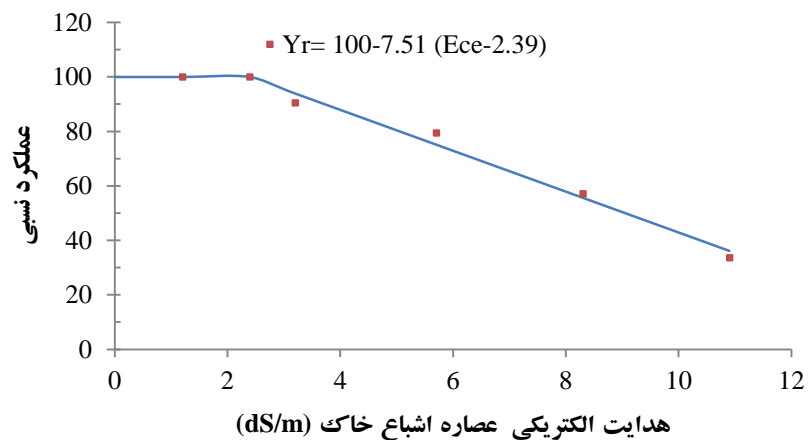
به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میانگین آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد (بیوماس) در ۱۰ ژنوتیپ انتخابی پیوند شده روی پایه GF₆₇₇، به ترتیب ۳/۷۴ دسی‌زیمنس برمتر و ۷/۱۳ درصد بود. در حالیکه آستانه تحمل به شوری و شیب کاهش عملکرد در پایه شاهد (بدون پیوند)، ۲/۰۹ دسی‌زیمنس برمتر و ۷/۹۹ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که علاوه بر پایه، نوع رقم و ژنوتیپ پیوندی نیز، در افزایش تحمل به شوری نقش به‌سزایی دارد. در مجموع نتایج نشان داد، میزان شوری که موجب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی در ارقام شاهرود ۱۲، شکوفه و ژنوتیپ ۲۵-۱ می‌شود، به ترتیب ۵/۰۵، ۴/۴۳ و ۳/۵۵ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به پایه شاهد (بدون پیوند)، بیشتر است. کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد رقم‌های شاهرود ۱۲، شکوفه و ژنوتیپ ۲۵-۱ و پایه GF₆₇₇ به ترتیب



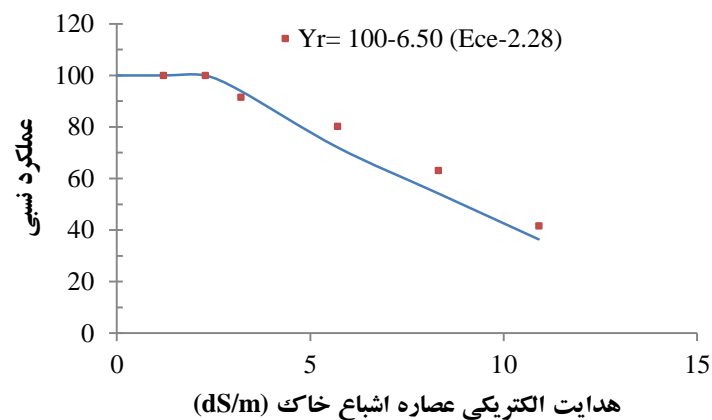
شکل ۲- حد آستانه تحمل به شوری پایه GF677



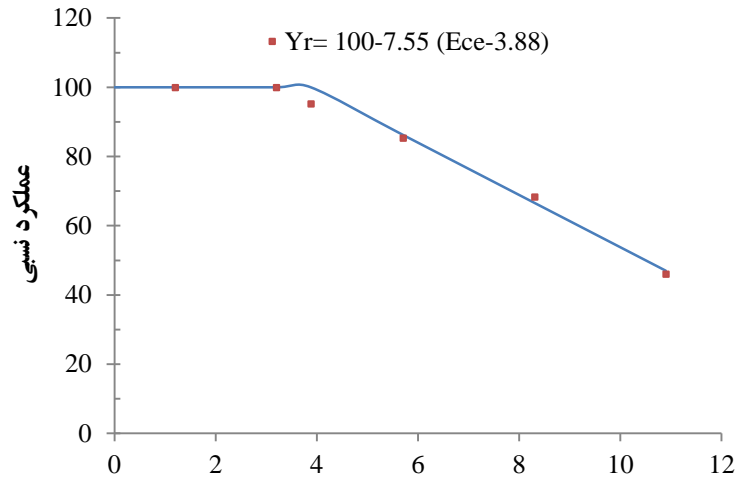
شکل ۱- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ ۱-۱۶



شکل ۴- حد آستانه تحمل به شوری رقم سپند

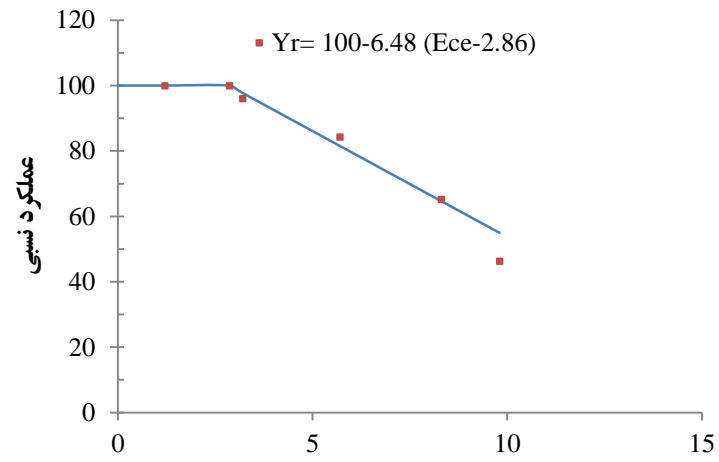


شکل ۳- حد آستانه تحمل به شوری رقم مامایی



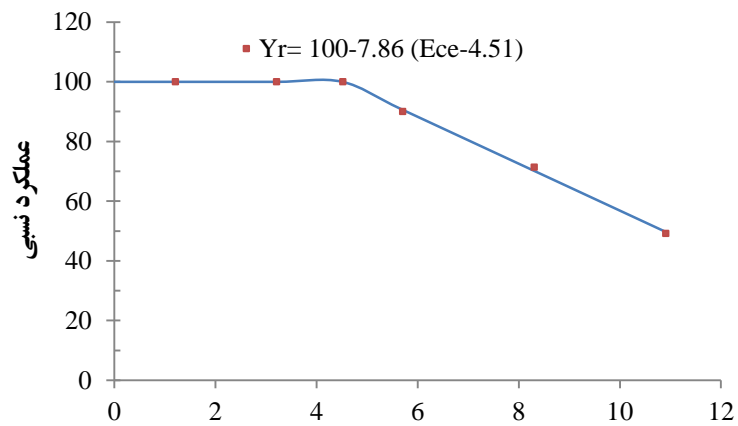
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۶- حد آستانه تحمل به شوری رقم نان پاریل



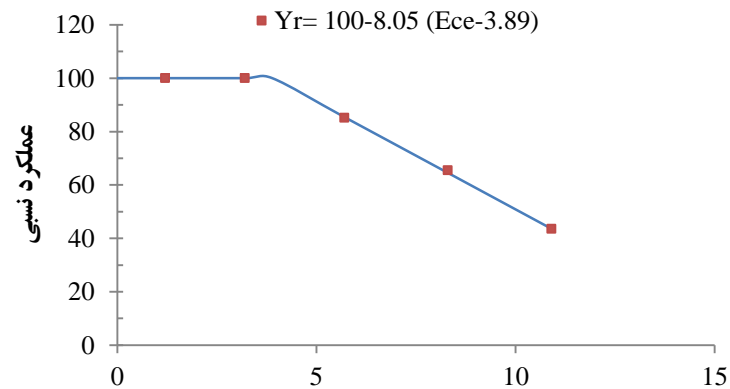
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۵- حد آستانه تحمل به شوری رقم تونو



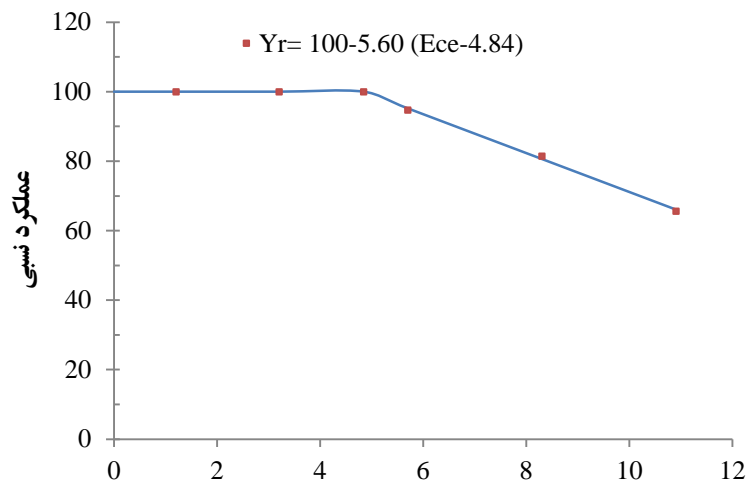
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۸- حد آستانه تحمل به شوری رقم A200



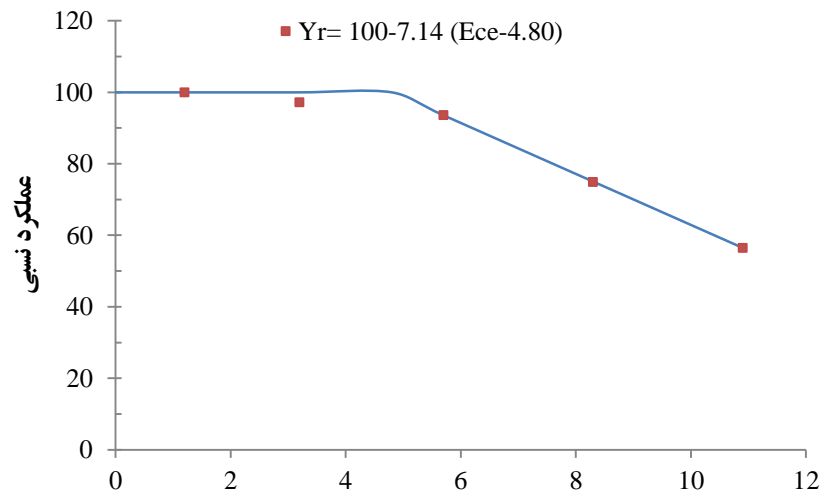
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۷- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ ۴۰-۱۳



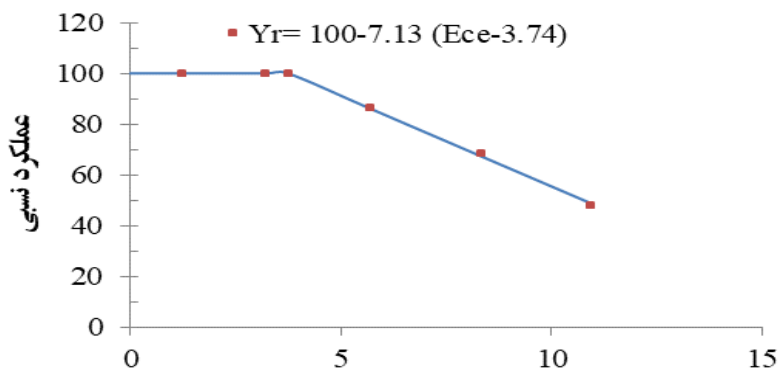
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۱۰- حد آستانه تحمل به شوری رقم شاهرود ۱۲



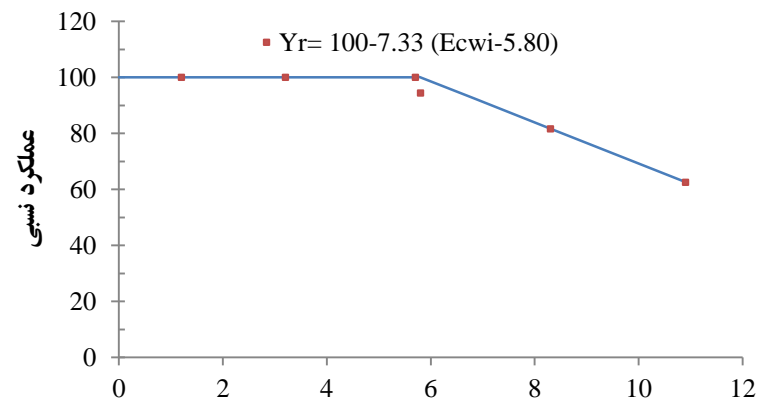
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۹- حد آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ ۱-۲۵



هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۱۲- میانگین حد آستانه تحمل به شوری در ۱۰ ژنوتیپ بادام پیوند شده روی پایه GF677



هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

شکل ۱۱- حد آستانه تحمل به شوری رقم شکوفه

جدول ۴- کاهش عملکرد ۵۰ درصدی (EC₅₀)، در ۱۰ ژنوتیپ بادام پیوند شده روی پایه GF₆₇₇ با استفاده از معادله خطی

ژنوتیپ	EC ₅₀ (دسی‌زیمنس بر متر)	ضریب P	تعداد (N)
۱-۳۵	۱۱/۷۱	۲/۵۴	۱۵
مامایی	۹/۸۵	۲/۵۴	۱۵
۱۳-۴۰	۱۰/۰۹	۳/۰۸	۱۵
۱-۱۶	۸/۹۰	۲/۷۱	۱۵
تونو	۱۰/۳۷	۲/۸۴	۱۵
شاهرود ۱۲	۱۳/۲۳	۳/۲۶	۱۵
A ₂₀₀	۱۰/۸۱	۳/۴۲	۱۵
نان پاریل	۱۰/۵۱	۲/۹۱	۱۵
شکوفه	۱۲/۵۹	۳/۵۸	۱۵
سهند	۸/۹۰	۲/۸۸	۱۵
پایه GF ₆₇₇	۸/۱۶	۲/۸۰	۱۵

جدول ۵- کاهش عملکرد ۵۰ درصدی (EC₅₀) در مجموع ژنوتیپ‌های بادام پیوند شده روی پایه GF₆₇₇ در مقایسه یا پایه‌های شاهد (بدون پیوند)، با استفاده از معادله خطی

ژنوتیپ	EC ₅₀ (دسی‌زیمنس بر متر)	ضریب P	تعداد (N)
میانگین ژنوتیپ‌های پیوندی	۱۰/۷۵	۲/۹۵	۱۵۰
پایه GF ₆₇₇	۸/۱۶	۲/۸۰	۱۵

فهرست منابع

۱. اورعی، م.، ج. طباطبایی، ا. فلاحی، و ع. ایمانی. ۱۳۸۸. اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوستت، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. علوم باغبانی ایران. ۲۳ (۲): ۱۳۱-۱۴۰.
۲. دژمپور، ج.، ن. علی اصغرزاده، و. گریگوریان، و ا. مجیدی هروان، ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل به شوری چند دوره بین گونه ای جنس *Prunus* به نژادی نهال و بذر. ۲۸ (۲): ۳۳۹-۳۵۱.
۳. غلامی، م.، و م. راحمی. ۱۳۸۹. بررسی اثرات تنش شوری کلرید سدیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی پایه رویشی هیبرید هلو-بادام (GF₆₇₇). مجله فناوری تولیدات گیاهی. ۲ (۱): ۳۱-۲۱.
۴. مومن پور، ع.، د. بخشی، ع. ایمانی، و ح. رضایی. ۱۳۹۳ a. اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در رقم های بادام 'شکوفه'، 'سهند' و ژنوتیپ '۴۰-۱۳' پیوند شده روی پایه GF₆₇₇. مجله علوم باغبانی مشهد، ۲۹ (۲): ۲۵۵-۲۶۸.
۵. مومن پور، ع.، د. بخشی، ع. ایمانی، و ح. رضایی. ۱۳۹۴a. اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ '۱-۱۶' پیوند شده روی پایه GF₆₇₇. مجله به‌زراعی کشاورزی ابوریحان ۱۷ (۱): ۱۹۷-۲۱۶.
۶. مومن پور، ع.، د. بخشی، ع. ایمانی، و ح. رضایی. ۱۳۹۴ b. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوند شده روی پایه. مجله فناوری تولیدات گیاهی. ۷ (۲): ۱۳۷-۱۵۲.

۷. مومن پور، ع.، ع. ایمانی، د. بخشی، و ح. رضایی. ۱۳۹۳ b. ارزیابی تحمل به شوری در برخی از ژنوتیپ های بادام پیوند شده روی پایه GF677 بر اساس صفات مورفولوژیک و فلورسانس کلروفیل. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۱۰): ۹-۲۸.
۸. مومن پور، ع.، ع. ایمانی، د. بخشی، و ح. رضایی. ۱۳۹۴ c. ارزیابی خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در چهار ژنوتیپ بادام پیوند شده روی پایه GF677 تحت تنش شوری. علوم باغبانی ایران. ۶۴ (۳): ۶۰۳-۶۲۴.
۹. ولی پور، م.، م. کریمیان اقبال، م. ج. ملکوتی، و ا. ح. خوشگفتارمنش. ۱۳۸۷. روند توسعه شوری و تخریب اراضی کشاورزی در منطقه شمس آباد استان قم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۶): ۶۹۱-۶۸۳.
10. El-Azab, E.M., A.M. El-Kobbia., and H.M. El-Khayat. 1998. Effects of three sodium salts on vegetative growth and mineral composition of stone fruit rootstock seedlings. Alexandria Journal of Agriculture Research. 43:219-229.
11. Fowler, D. B., and J. W. Hamm. 1980. Crop response to saline sodic conditions in parkland area of Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 60:439-449.
12. Grattan, S. R. 2002. Irrigation water salinity and crop production. University of California. Agriculture and Natural Recourses Publication. 8066
13. Maas, E. V. 1990. Crop salt tolerance. pp. 262-303. In:K.K. Tanji (ed.) Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE. Publication. 619 pp.
14. Maas, E. V. 1996. Plant response to soil salinity. 4th National Conference and Workshop on the "Production Use and Rehabilitation of Saline Lands". Albany Western Australia. 25-30 March.
15. Maas, E.V, and G.J, Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 103: 115- 134.
16. Maas, E.V. and S.R. Grattan. 1999. Crop yield as affected by salinity. Agric. Drain. Agron. Monograph. 38: 55-107.
17. Montaium, R., H. Hening, and P.H. Brown, 1994. The relative tolerance of six Prunus rootstocks to boron and salinity. American Society for Horticultural Science. 6: 1169-1175.
18. Munns, R., and M. Tester. 2008 Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.
19. Noitsakis, B., k. Dimassi, and I. Therios. 1997. Effect of NaCl induced salinity on growth, chemical composition and water relation of two almond (*Prunus amygdalus* L) cultivars and the hybrid GF677 (*Prunus amygdalus*- *Prunus persica*). Acta Horticulturae. 449: 641-648.
20. Rahemi, M., Sh. Nagafian, and V. Tavallaie. 2008. Growth and chemical composition of hybrid GF677 influenced by salinity levels of irrigation water. Plant Sciences. 7 (3): 309-313.
21. Szczerba, M.W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2009. K⁺ transport in plants: physiology and molecular biology. Plant Physiology. 166: 447-466.
22. Van Genuchten, M. Th. and G. J. Hoffman. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. Soil Salinity under Irrigation- process and management. Ecological Studies 51, Springer-Verlag, N. Y. pp. 258-2.

Evaluation of Salinity Tolerance Threshold in 11 Selected Almond Cultivars and Genotypes

A. Momenpour¹*, A. Imani, D. Bakhshi, and Gh. H Ranjbar

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

a.momenpour@areeo.ac.ir

Associate Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Imani_a45@yahoo.com

Associate Professor, Horticultural Department, College of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.

bakhshi-d@guilan.ac.ir

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

ranjbar71@gmail.com

Abstract

Salinity tolerance threshold of fruit crops is obtained based on the reduction in yield under saline conditions compared to non-saline conditions. In order to determine salinity tolerance threshold and yield reduction per unit increase in soil salinity in selected almond genotypes, a factorial experiment was carried out. The study was based on completely randomized design (CRD), with two factors: (1) genotypes in 11 types (Tuono, Nonpareil, Mamaei, Shokoufeh, Sahand, Shahrood12, A₂₀₀, 1-25, 1-16 and 13-40 budded on GF₆₇₇ rootstock, and GF₆₇₇ rootstock (without budding as control), and (2) salinity of irrigation water at five levels (0.5, 2.5, 4.9, 7.3 and 9.8 dS m⁻¹). At the end of experiment, salinity tolerance threshold and yield reduction slope were calculated based on dry weight (biomass). The results showed that the type and combination of rootstock and scion affect the salinity tolerance threshold and yield reduction slope. The lowest salinity tolerance threshold was observed in 1-16 (2.22 dS/m), Mamaei (2.28 dS/m), and Sahand (2.39 dS/m) genotypes, respectively. On the contrary, the highest salinity tolerance threshold was observed in Shokoufeh (5.80 dS/m), Shahrood12 (4.84 dS/m) and 1-25 (4.80 dS/m). The highest yield reduction slope was observed in 13-40 (8.05%), A₂₀₀ (7.86%), and Nonpareil (7.55%) genotypes, respectively. In contrast, the lowest yield reduction slope was observed in Shahrood 12 (5.60%). Overall, the results showed the level of salinity that reduced the yield by 50% in Shahrood 12, Shokoufeh, and 1-25, were 5.05, 4.43 and 3.55 dS/m greater than GF₆₇₇ rootstock (without budding), respectively. EC₅₀ in Shahrood 12, Shokoufeh, 1-25 and GF₆₇₇ was observed in salinity intensity of 13.23, 12.59, 11.71 and 8.16 dS/m. It should be noted that in previous studies, 100% decrease in yield was reported by salinity level of 7 dS/m, while in Shahrood 12 and Shokoufeh cultivars budded on GF₆₇₇ rootstock, we observed only 12% and 9% yield reduction by salinity of 7 dS/m. Therefore, we suggest that Shahrood 12 and Shokoufeh cultivars budded on GF₆₇₇ rootstock could be cultivated in areas with moderate salinity.

Keywords: Almond GF₆₇₇ rootstock, Variety Shahrood 12, Saline water, Yield reduction slope

¹ -Corresponding author: Yazd, National Salinity Research Center

*- Received: November 2017 and Accepted: November 2018