

مطالعه سیستم ریشه در تعدادی از پایه‌های هیبرید سیب

داریوش آتشکار^۱، امیرعباس تقی‌زاده^۲ و مریم دودانگه‌بالاخانی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۱)

چکیده

ساختار ریشه که یک ویژگی بسیار مهم در تحمل به تنش‌های مختلف به شمار می‌رود، در پایه‌های رویشی متفاوت می‌باشد. در پژوهش حاضر صفات مختلف مرتبط با ریشه شامل: تعداد ریشه‌های درشت (با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر)، طول ریشه، گسترش افقی ریشه، وزن تر، خشک و حجم ریشه در ۱۱ ژنوتیپ امیدبخش پایه سیب به‌عنوان بخشی از جمعیت حاصل از برنامه به‌نژادی پایه‌های رویشی سیب به همراه پایه رویشی سیب MM111 به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج تجزیه کلاستر، سه ژنوتیپ AR10، AR11 و AR8 بیشترین شباهت را از نظر صفات مورد ارزیابی در این آزمایش به رقم شاهد MM111 داشتند. با استفاده از روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته، مشخص گردید رقم شاهد MM111 با بیشترین شباهت به ژنوتیپ ایده‌آل مطلق و با شاخص ۰/۸۴ از بالاترین سطح مطلوبیت در میان ژنوتیپ‌های آزمایشی برخوردار است، پس از این پایه ژنوتیپ پایه‌های AR10، AR11 و AR8 به‌ترتیب با شاخص‌های ۰/۸۲، ۰/۷۱ و ۰/۶۸ بیشترین مقدار مطلوبیت را دارا بودند. ژنوتیپ پایه‌های AR1، AR4 دارای بیشترین طول، وزن تر و خشک و حجم ریشه بودند و ژنوتیپ پایه‌های AR10، AR11، MM111 کم‌ترین طول، وزن تر و خشک و حجم ریشه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند.

کلمات کلیدی: به‌نژادی پایه، ریشه، شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تغییر یافته

۱- استادیار پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 ۲- پژوهشگر پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 ۳- کارشناسی ارشد مهندسی باغبانی، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* پست الکترونیک: datashkar2002@yahoo.com

مقدمه

تنها راهکار در خصوص خاک‌های خشک و آهکی استفاده از پایه‌های متحمل است (جانسون، ۲۰۰۰)^۱ موضوع اصلی به‌نژادی پایه‌های رویشی سیب، بهبود ویژگی‌های خزانه‌ای، باغی و تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده می‌باشد (یاکوبوفسکی و زاگاجا، ۱۹۹۹). شناخت مکانیسم‌های تحمل برای گزینش پایه‌های سیب متحمل به تنش خشکی از اهمیت فراوانی برخوردار است (وانگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۲) با توجه به شرایط خاک عمدتاً آهکی و خشک مناطق پرورش سیب در ایران، استفاده از پایه‌های رویشی خارجی که در شرایط ویژه‌ای اصلاح و انتخاب شده‌اند، بعضاً مشکلاتی را به همراه خواهد داشت، لذا استفاده از ژنوتیپ‌های پاکوتاه بومی و یا نتاج حاصل از آن‌ها می‌تواند سازگاری بهتری با این مناطق داشته باشد (آتشکار و همکاران، ۱۳۹۷). بسیاری از کشورهای دیگر نیز برنامه‌های دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های بومی خود و پایه‌های بین‌المللی به اجرا گذاشته‌اند و پایه‌های متناسب با اقلیم خود به دست آورده‌اند (خانیزاده^۴ و همکاران، ۲۰۰۰). در برنامه اصلاح پایه سیب در لهستان سیب رقم آنتونوکا با M9 تلاقی داده شد و بعد از گزینش اولیه ۲۸ کلون انتخاب گردید از میان آن‌ها چهارپایه پس از دو فصل آزمایش زمستانه با مشخصات پاکوتاه‌کنندگی، مقاومت به سرما و مقاومت فراوان به پوسیدگی طوقه انتخاب و تحت عنوان سری P معرفی گردید (زاگاجا^۵ و همکاران، ۱۹۸۹). برنامه دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های بومی شامل آرایش اصفهان و مربایی مشهد به‌عنوان والد مادری و پایه‌های تجارتي سیب شامل B9، M9، M27 به‌عنوان والد پدری طراحی و اجرا گردید که ماحصل این پژوهش دستیابی به ۲۷ ژنوتیپ پایه امیدبخش از میان ۴۰۰۰ دانهال هیبرید بود (احمدی و همکاران، ۱۴۰۱ و آتشکار و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به هزینه و زمانبر بودن به‌نژادی پایه‌های رویشی سیب، غربال شدید و کاهش تعداد نتاج در مراحل مختلف به عنوان یک اصل مهم در دستورالعمل به‌نژادی پایه به‌شمار می‌رود. پس از

ارزیابی قابلیت تکثیر رویشی، بررسی قدرت پاکوتاه‌کنندگی و ارزیابی قدرت رشد نتاج از مهمترین شاخص‌های انتخاب پایه‌های رویشی امیدبخش به‌شمار می‌رود (یاکوبوفسکی^۶، ۱۹۹۶). مشابه انتخاب به کمک نشانگر مولکولی، غربالگری پایه‌ها در مراحل اولیه براساس مدل پیکربندی ریشه نیز پتانسیل زیادی برای کوتاه کردن چرخه اصلاح نژاد و بهبود راندمان اصلاحی دارد (وانگ^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). شناخت میزان نفوذ و توزیع سیستم ریشه در پایه‌های رویشی فاکتور مهمی در گزینش پایه‌های رویشی سیب است (فرناندز^۸ و همکاران، ۱۹۹۵). مطالعه پارامترهای طول، سطح، حجم ریشه و روابط بین آن‌ها از طریق ریشه ضروری است. تفاوت‌های ژنتیکی از نظر طول و گسترش سیستم ریشه در اکثر گیاهان گزارش شده است (آتشکار و همکاران، ۱۳۹۵). ساختار ریشه ویژگی بسیار مهمی در تحمل به تنش‌های مختلف به‌شمار می‌رود و در پایه‌های مختلف متفاوت است (ما^۹ و همکاران، ۲۰۱۳). پایه‌های رویشی پاکوتاه‌کننده به دلیل داشتن ریشه‌های کم عمق، عموماً استقرار ضعیفی در خاک داشته و حساس به تنش خشکی هستند در صورتی که ریشه پایه‌های پابلند رشد و سازگاری بهتری در خاک دارند (دی‌وايو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۹). اگرچه توزیع ریشه در خاک تأثیر قابل توجهی بر ماندگاری درخت پیوندی دارد، اما اطلاعات اندکی در خصوص ویژگی‌های فیزیولوژیکی مربوط به عمق و نفوذ آن در خاک وجود دارد که آیا ژنتیکی و یا متأثر از بافت خاک است. عمق نفوذ ریشه در خاک به‌عوامل زیادی بستگی دارد. بافت و ساختمان خاک، دسترسی ریشه به آب، تراکم درختان، طول و زاویه ریشه‌های جانبی نسبت به محور اصلی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در این خصوص هستند (اراکي و ایجیما^{۱۱}، ۲۰۰۱؛ اوگا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۳). طول ریشه تعیین‌کننده عمق نفوذ ریشه در پایه بوده و در بعضی پایه‌ها باعث افزایش ارتفاع درخت پیوند شده می‌شود (شائو^{۱۳} و همکاران، ۱۹۸۸). زاویه ریشه‌های جانبی با

6. Jakubowski

7. Wang

8. Fernandez

9. MA

10. Di Vaio

11. Araki and Iijima

12. Uga

13. Shao

1. Johnson

2. Jakubowski and Zagaja

3. Wang

4. Khanizadeh

5. Zagaja

سردسیری موسسه تحقیقات علوم باغبانی انجام گرفت. در این آزمایش از ۱۱ ژنوتیپ امیدبخش حاصل از غربال‌گری مرحله اول شامل: AR1 تا AR11 و پایه رویشی MM111 به‌عنوان شاهد استفاده شد (جدول ۲). برای این منظور در دی‌ماه، قلمه‌هایی به طول ۲۵ سانتی‌متر از این پایه‌ها تهیه و پس از تیمار با هورمون IBA با غلظت ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در بستر پرلیت مجهز به پاگرم با دمای بستر ۲۱ درجه سانتی‌گراد ریشه‌دار شدند. قلمه‌های ریشه‌دار شده ۴۵ روز بعد به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر حاوی بستر کاشت (خاک‌برگ، خاک، ماسه‌بادی به نسبت ۱:۱:۱) انتقال یافت، پایه‌ها پس از یک‌سال رشد در شرایط نرمال در فصل خزان به سطلهایی با حجم بیست لیتری با بستر کاشت فوق (جدول ۱) انتقال یافته و در فضای باز به مدت یکسال دیگر به رشد و نمو ادامه دادند.

در پایان سال دوم گیاهان با دقت از گلدان خارج شد و پس از شستشو کامل سیستم ریشه‌ای تعداد ریشه‌های درشت (با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر)، گسترش طولی، افقی و حجم ریشه با استفاده از خط‌کش و ظرف مدرج، وزن تر و خشک ریشه با ترازو دیجیتالی توزین شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌ها، طبق دستورالعمل نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی با دمای ۷۰°C قرار گرفته و سپس توزین شدند. در پایان آزمایش داده‌های ثبت شده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌تواند تعداد زیادی متغیر را به مولفه‌های کمتری تقلیل داده و بدینوسیله به‌طور قابل ملاحظه‌ای تفسیر و تحلیل نتایج را ساده ساخت. گروه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس تجزیه کلاستر و بر مبنای روش Ward انجام شد. جهت تجمع اثرات هر صفت و موازنه مناسب بین صفات در جهت هدف انتخاب، روش "شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته" (Adjusted selection index of ideal genotype (ASIIG) پیشنهاد شد، این روش بر مبنای روش‌های Topsis (Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution) (هوانگ، ۱۹۸۱) و (SIIG) (زالی و همکاران، ۲۰۱۵) بنا نهاده شده است. براساس این روش بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل و دورترین ژنوتیپ‌ها، ضعیف‌ترین آن‌ها خواهند بود. در اینجا منظور از ژنوتیپ

محور اصلی ریشه و طول ریشه تعیین‌کننده عمق نفوذ ریشه پایه‌های سیب در خاک است، زاویه ریشه‌های جانبی بستگی به میزان تولید هورمون ایندول‌استیک اسید دارد و آن هم بستگی به بیان ژن‌های خاص در پایه دارد (آنهايشان^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). داشتن ریشه‌های عمیق و ضخیم به گیاه اجازه می‌دهد که آب را از اعماق پایین جذب نمایند و مقاوم به خشکی شوند (فاروق^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). قابلیت سیستم ریشه برای سازگاری با محیط اطراف آن شاخص بسیار مهمی در انتخاب پایه به شمار می‌رود (فرناندز و همکاران، ۱۹۹۵). از آنجا که بیان مطلوبیت در محصولات باغی از پیچیدگی و گستردگی بیشتری برخوردار است، نیاز به مطالعه همزمان و اتخاذ تصمیم بر اساس ارزیابی چند صفت به طور همزمان می‌باشد. مطالعات پیشین در بیشتر موارد تنها در حیطه بررسی تنوع ژنتیکی و نهایتاً گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس روش‌های آماری چند متغیره می‌باشند. یکی از روش‌هایی که به خوبی توانایی ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس مدنظر قرار دادن همزمان چند صفت و در نهایت انتخاب ژنوتیپ(های) مطلوب را دارد، روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (Selection Index of Ideal Genotype) (SIIG) (زالی^۳ و همکاران، ۲۰۱۵) می‌باشد. از روش "شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل" یا SIIG که بر مبنای روش (هوانگ^۴، ۱۹۸۱) (TOPSIS) پایه‌ریزی شده است می‌توان به طور همزمان از چندین صفت به عنوان آزمونگر (Tester) جهت ارزیابی و انتخاب "مطلوب" استفاده نمود. هدف از اجرای این پژوهش مطالعه، مقایسه و گروه‌بندی سیستم ریشه‌ای در تعدادی از ژنوتیپ پایه‌های هیبرید سیب بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور گروه‌بندی نتاج امیدبخش سهل‌ریشه‌زایی سیب حاصل از برنامه اصلاح پایه‌های رویشی سیب در ایران به لحاظ ویژگی‌های ریشه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی گیاهان گلدانی دوساله در گلخانه و آزمایشگاه پژوهشکده میوه‌های معتدله و

1. An Haishan
2. Farooq
3. Zali
4. Hwang

مجموع مقادیر ایده‌آل هر یک از صفات موازنه شده به دست می‌آید درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف از مجموع مقادیر ضعیف هر یک از صفات آزمایشی حاصل می‌شود.

ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که بیشترین برآیند مطلوب‌ترین حالت تجمع صفات را داشته باشد، جهت انجام این روش از نرم‌افزار R و بسته نرم‌افزاری ASIIG استفاده شده است. به‌طور خلاصه ژنوتیپ ایده‌آل از

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک بستر کشت

مشخصات نمونه	درصد اشباع	هدایت الکتریکی (ds/m)	واکنش گل اشباع	درصد مواد خنثی شونده (%)	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
خاک گلدان	۶۵	۴/۴۰	۶/۹۹	۱۱/۲	۳/۷۳	۴۳/۰	۴۲	۷۰	۲۷	۳

نتایج و بحث

بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی، ژنوتیپ‌های AR11، AR10 و AR8 به‌همراه پایه رویشی MM111 در نزدیکی یکدیگر و به‌دلیل شباهت بر اساس صفات مورد بررسی در یک گروه واقع شدند. مولفه اول در روش تجزیه به مولفه‌های اصلی ۵۵/۲۵ درصد از واریانس کل و مولفه دوم ۲۵/۸۹ درصد و در مجموع ۸۱/۱۴ درصد از تغییرات کل توسط این دو مولفه توجیه نمودند (جدول ۳). مشخص گردید صفات گسترش طولی ریشه (y2) با حجم ریشه (y6) و همچنین وزن تر ریشه (y4) با وزن خشک ریشه (y5) از همبستگی مثبت و بالایی برخوردار هستند، همچنین کمترین میزان همبستگی بین صفات تعداد ریشه‌های (با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر) (y1) با گسترش افقی ریشه (y3) مشاهده شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات تعداد ریشه‌های (با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر) (y1) و گسترش افقی ریشه (y3) دارای بیشترین مقدار تغییرات بودند (شکل ۱).

با برش دندروگرام در فاصله سه واحد به‌دلیل حداکثر شفافیت، ژنوتیپ‌ها به سه گروه مختلف شامل گروه یک

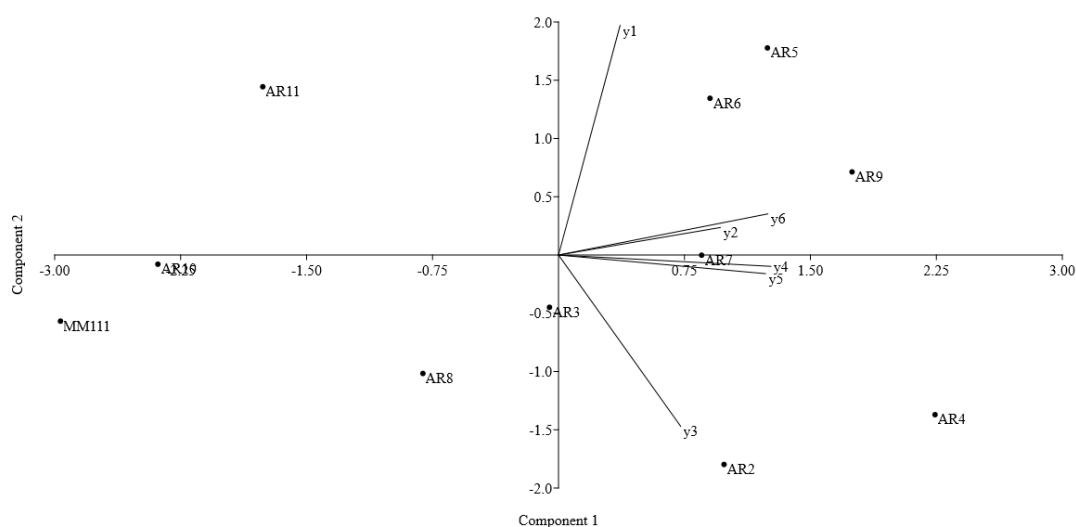
ژنوتیپ‌های MM111، AR8، AR10 و AR11 گروه دو شامل دو ژنوتیپ AR2 و AR4 و در نهایت گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های AR3، AR5، AR6، AR7 و AR9 دسته‌بندی شدند. در گروه اول سه ژنوتیپ AR10، AR11 و AR8 بیشترین شباهت را از نظر صفات مورد ارزیابی در این آزمایش به رقم شاهد M111 داشتند (شکل ۲). یکی از روش‌هایی که بخوبی توانایی رتبه‌بندی افراد و تعیین مطلوبیت را در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام آزمایشی دارد، روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته (ASIIG) می‌باشد. در این روش با طراحی ایده‌آل مطلق و ضد ایده‌آل مطلق و پراکنش ژنوتیپ‌های آزمایشی بین آن دو می‌توان مقدار مطلوبیت را برای هر ژنوتیپ مشخص ساخت و بر اساس ضرایب مطلوبیت دست به گروه‌بندی زد (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). با استفاده از این روش مشخص گردید رقم شاهد MM111 با بیشترین شباهت به ژنوتیپ ایده‌آل مطلق و با شاخص ۰/۸۴ از بالاترین سطح مطلوبیت در میان ژنوتیپ‌های آزمایشی برخوردار است.

جدول ۲- ژنوتیپ پایه‌های سیب مورد مطالعه و والدین آن‌ها

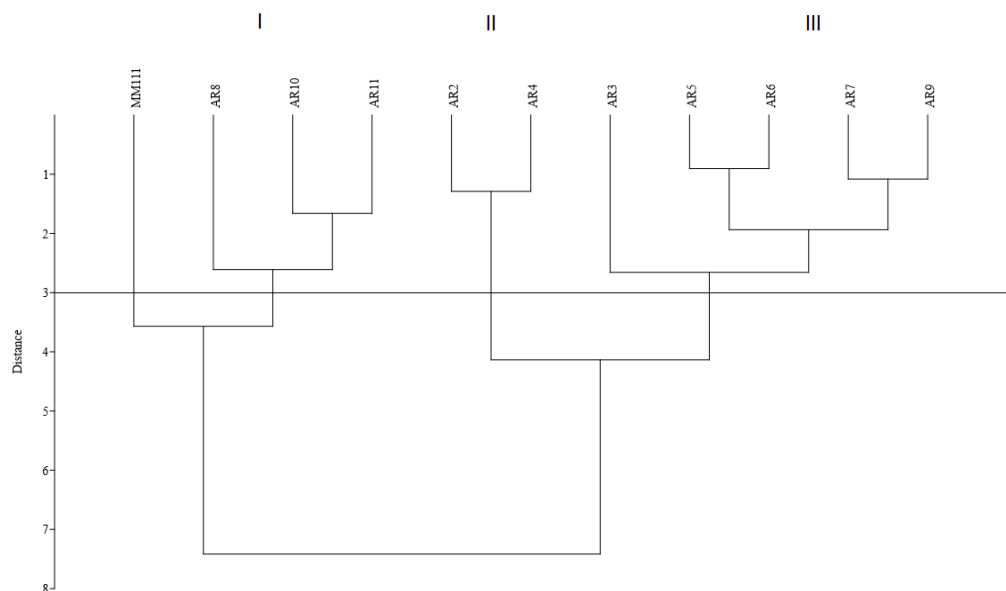
ژنوتیپ پایه	والدین	شجره
AR1	AZ _{OP}	obtained from open pollination of Azayesh genotype
AR2	AZ _{OP}	obtained from open pollination of Azayesh genotype
AR3	M9 _{OP}	obtained from open pollination of M9 rootstock
AR4	M9 _{OP}	obtained from open pollination of M9 rootstock
AR5	AZ×M ₉	hybrid between Azayesh genotype and M9
AR6	AZ×M ₉	hybrid between Azayesh genotype and M9
AR7	AZ×B ₉	hybrid between Azayesh genotype and B9
AR8	AZ×B ₉	hybrid between Azayesh genotype and B9
AR9	AZ×M ₂₇	hybrid between Azayesh genotype and M27
AR10	AZ×M ₂₇	hybrid between Azayesh genotype and M27
AR11	Morabaei×M ₉	hybrid between Morabaei genotype and M9
MM111	Northm spy×Merton793	hybrid between Northm spy and Merton793

جدول ۳- مقادیر ویژه و درصد توجیه هریک از مولفه‌ها در تجزیه به مولفه‌های اصلی ژنوتیپ پایه‌های سیب

مولفه	مقدار ویژه	درصد توجیه
۱	۳/۰۴	۵۵/۲۵
۲	۱/۴۲	۲۵/۸۹
۳	۰/۶۸	۱۲/۳۹
۴	۰/۲۷	۴/۹۵
۵	۰/۰۷	۱/۳۱
۶	۰/۰۱	۰/۲۱



شکل ۱- بای پلات حاصل از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس دو مولفه اول



شکل ۲- دندروگرام حاصل از داده‌های صفات پایه‌های سیب بر مبنای روش Ward

دارای بیشترین شباهت به ژنوتیپ ایده‌آل مطلق است و همراه با آن ژنوتیپ AR10 در گروه کاملاً ایده‌آل واقع شده‌اند. سه رقم AR11، AR8 و AR3 در گروه ایده‌آل، ژنوتیپ‌های AR2، AR7، AR6، AR4، AR5 و AR9 در

پس از این رقم به ترتیب ژنوتیپ‌های AR10، AR11 و AR8 به ترتیب با شاخص‌های ۰/۸۲، ۰/۷۱ و ۰/۶۸ بیشترین مقدار مطلوبیت را دارا بودند (جدول ۴). با استفاده از شکل ۳ مشخص می‌گردد رقم شاهد MM111

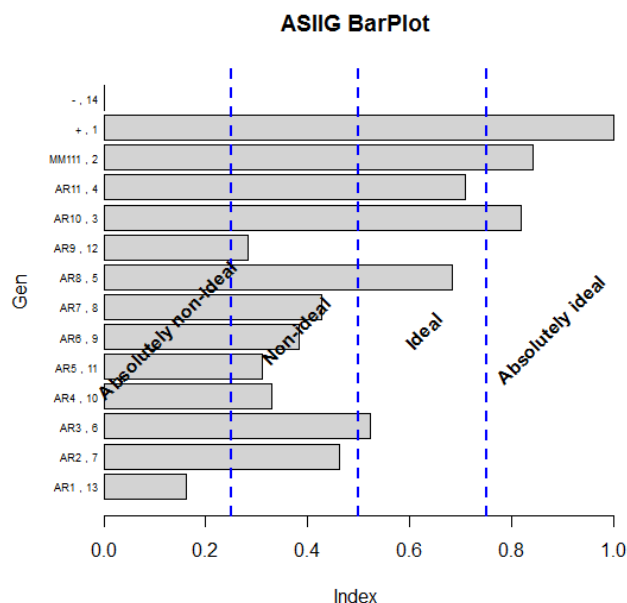
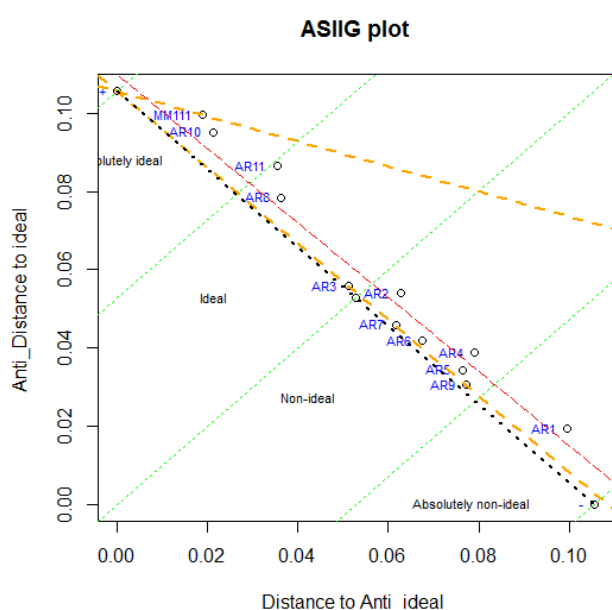
انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته بر روی محصول زیتون انجام گرفت رقم‌های کرونیکی و کنسروالیا رقم‌های مطلوب، برای معیارهای پایداری و عملکرد و ژنوتیپ‌های BN8، QG12 و BASH در رتبه آخر از نظر پایداری و عملکرد قرار گرفتند.

بررسی صفات مورفولوژیک ریشه شامل تعداد ریشه‌های (با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر) وزن تر و خشک، حجم، گسترش طولی و افقی ریشه نیز موید گروه‌بندی بر اساس سه روش فوق بود.

گروه نامطلوب و ژنوتیپ AR1 در گروه کاملاً نامطلوب واقع شده‌اند. احمدی و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته (ASIIG) و به‌منظور تعیین مطلوبیت بر مبنای صفات کیفی و کمی میوه از ۱۱ رقم سیب اسپورتایپ به‌همراه رقم شاهد گلدن‌دلشز، رقم یلواسپور را به‌عنوان رقم کاملاً مطلوب در شرایط اقلیمی کرج، انتخاب نمودند. با استفاده از تحقیقی که به منظور تجمع اثرات سازگاری و عملکردی بر مبنای روش‌های آماری ناپارامتریک و با استفاده از روش شاخص

جدول ۴- رتبه و امتیازات ژنوتیپ‌های آزمایشی جهت تعیین مطلوبیت و انتخاب با استفاده از روش ASIIG

رتبه	ASIIG	رقم/ژنوتیپ	فاصله از ضد مطلوب	فاصله از مطلوب	ردیف
۱۲	۰/۱۶	AR1	۰/۰۱۹	۰/۱۰۰	۱
۶	۰/۴۶	AR2	۰/۰۵۴	۰/۰۶۳	۲
۵	۰/۵۲	AR3	۰/۰۵۶	۰/۰۵۱	۳
۹	۰/۳۳	AR4	۰/۰۳۹	۰/۰۷۹	۴
۱۰	۰/۳۱	AR5	۰/۰۳۴	۰/۰۷۶	۵
۸	۰/۳۸	AR6	۰/۰۴۲	۰/۰۶۸	۶
۷	۰/۴۳	AR7	۰/۰۴۶	۰/۰۶۲	۷
۴	۰/۶۸	AR8	۰/۰۷۸	۰/۰۳۶	۸
۱۱	۰/۲۸	AR9	۰/۰۳۰	۰/۰۷۷	۹
۲	۰/۸۲	AR10	۰/۰۹۵	۰/۰۲۱	۱۰
۳	۰/۷۱	AR11	۰/۰۸۶	۰/۰۳۵	۱۱
۱	۰/۸۴	MM111	۰/۱۰۰	۰/۰۱۹	۱۲



شکل ۳- گراف‌های حاصل از روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته (ASIIG) جهت تعیین مطلوب و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های سیب بر این اساس

تعداد ریشه‌های با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر

ژنوتیپ پایه‌های سیب به لحاظ تعداد ریشه‌های با قطر بیشتر از ۲ میلی‌متر با هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. اما بیشترین تعداد ریشه در ژنوتیپ پایه‌های AR5, AR6 به‌ترتیب با ۶۶/۶۴ و ۶۶/۵۴ عدد ریشه درشت و کمترین تعداد در ژنوتیپ پایه AR11 با تعداد ۶۶/۲۷ عدد ریشه درشت ثبت شد.

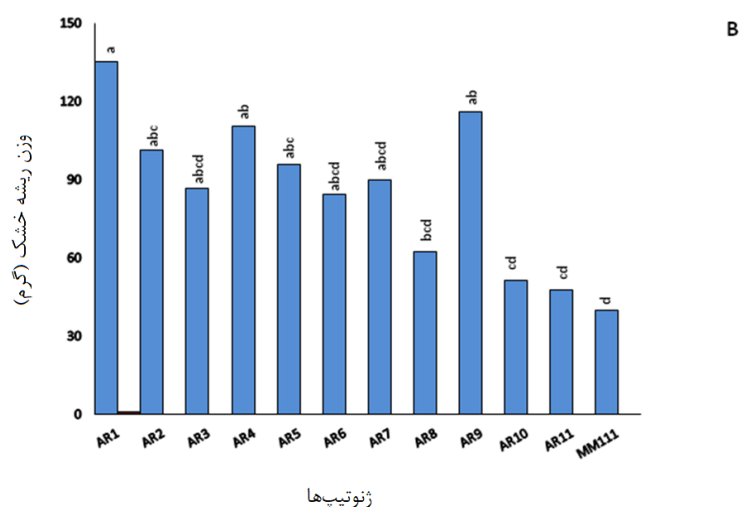
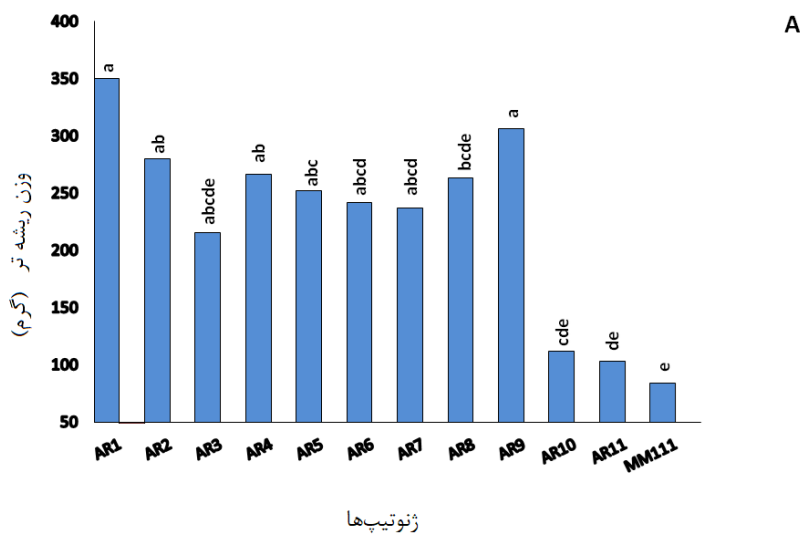
وزن تر و خشک ریشه‌ها

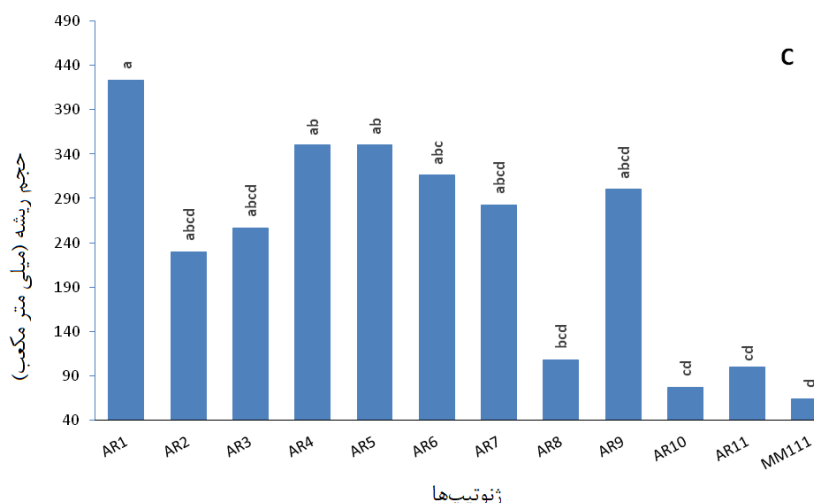
ژنوتیپ پایه‌های سیب به لحاظ وزن‌تر ریشه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین وزن‌تر ریشه در ژنوتیپ پایه‌های AR1, AR9 با ۳۵۰، ۳۰۶/۳۳ گرم و کمترین وزن‌تر ریشه در ژنوتیپ پایه‌های AR10, AR11, MM111 با ۸۴/۳۳، ۱۱۱/۱۰۳، ۶۶ گرم ثبت گردید (شکل ۴-الف).

ژنوتیپ پایه‌های سیب به لحاظ وزن خشک ریشه نیز تفاوت معنی‌داری با هم داشته‌اند. بیشترین وزن خشک ریشه در ژنوتیپ پایه‌های AR1, AR9 با ۱۱۶/۳۳، ۱۳۵/۳۳ گرم و کمترین وزن خشک ریشه در ژنوتیپ پایه‌های AR11, MM111 با ۴۸، ۴۰ گرم بود (شکل ۴-ب).

حجم ریشه (میلی‌متر مکعب)

ژنوتیپ پایه‌های سیب به لحاظ حجم ریشه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند و بیشترین حجم ریشه در ژنوتیپ پایه‌های AR1, AR4, AR5 به‌ترتیب با ۳۵۰، ۳۵۰، ۴۲۳/۳۳ میلی‌متر مکعب و کمترین حجم ریشه در ژنوتیپ پایه‌های AR11, MM111, AR10 با ۹۹/۳۳، ۷۶/۶۶، ۶۳/۶۶ میلی‌متر مکعب ثبت گردید.





شکل ۴- مقایسه میانگین صفات وزن تر (A)، وزن خشک (B) و حجم ریشه (C) در ژنوتیپ پایه‌های مختلف سیب. ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی داری از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

به گیاه اجازه می‌دهد که آب را از اعماق پایین جذب نمایند و مقاوم به خشکی شوند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). داشتن ریشه‌های ضخیم و کم حجم از ویژگی‌های پایه رویشی MM111 به شمار می‌رود. ژنوتیپ پایه‌های AR8، AR11، AR10 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای کمترین حجم، وزن تر و خشک ریشه و مشابه پایه رویشی MM111 بودند (شکل ۶). در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ پایه‌های AR8، AR11، AR10 دارای بیشترین شاخص پایداری فیزیولوژیکی بودند (آتشکار و همکاران، ۱۳۹۷) بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود، ریشه‌های ضخیم و کم حجم جزء شاخص‌های فیزیکی تحمل به تنش خشکی در پایه‌های سیب به شمار می‌رود.

نتیجه‌گیری کلی

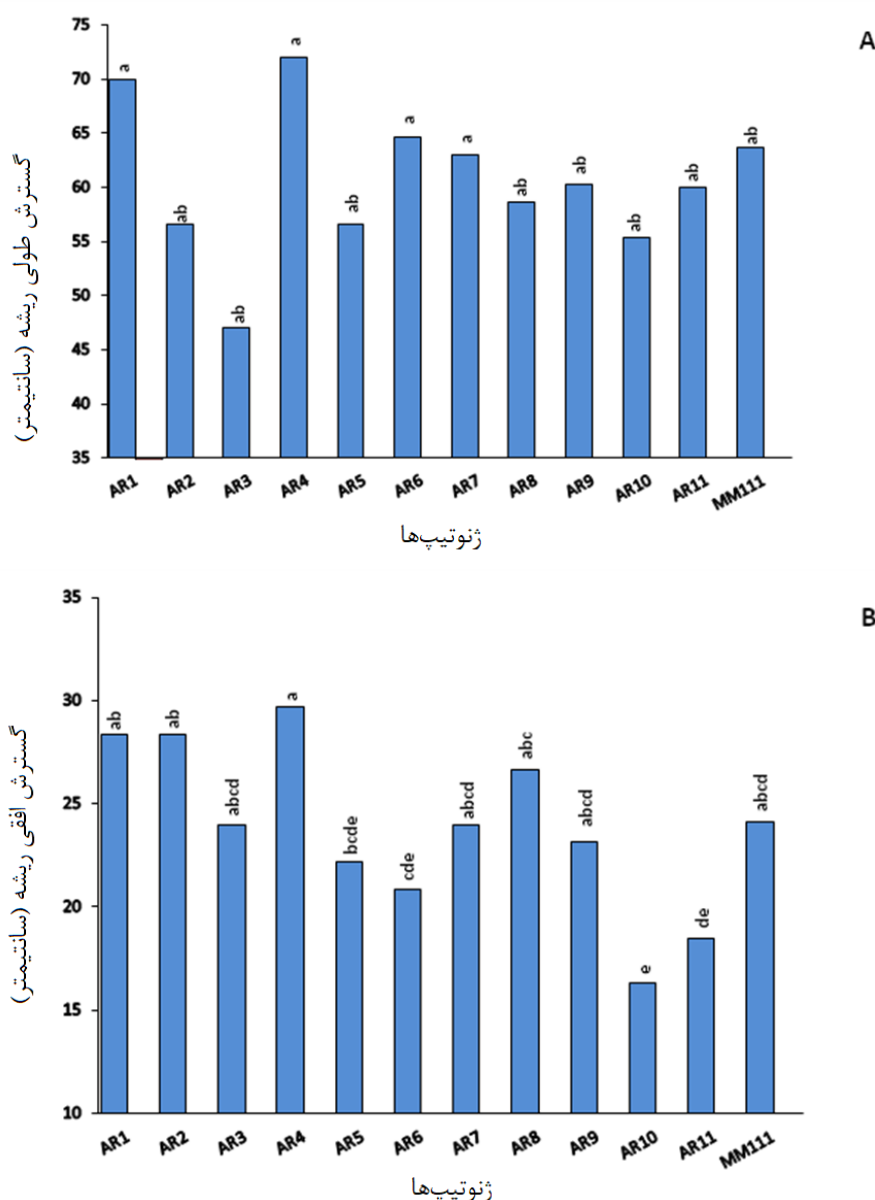
خصوصیات ریشه از جمله حجم، تعداد، نوع و میزان نفوذ آن بستگی به فاکتورهای ژنتیکی پایه و بافت خاک اطراف ریشه دارد. در شرایط خاکی یکسان تفاوت‌های مشاهده شده در خصوصیات ریشه ژنوتیپ پایه‌های سیب به ژنتیک آنها بر می‌گردد. با برش دندروگرام، ژنوتیپ‌ها به سه گروه مختلف شامل گروه یک ژنوتیپ‌های MM111، AR10، AR11، AR8 گروه دو شامل دو ژنوتیپ AR2 و AR4 و در نهایت گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های AR7، AR9، AR6، AR5، AR3 دسته‌بندی شدند. در گروه اول سه ژنوتیپ AR11، AR10، AR8 بیشترین شباهت را از نظر صفات مورد ارزیابی در این آزمایش به رقم شاهد MM111

گسترش عمودی ریشه

ژنوتیپ پایه‌های سیب به لحاظ گسترش عمودی با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین گسترش عمودی ریشه‌ها مربوط به ژنوتیپ پایه‌های AR4، AR1، AR6 با ۶۴/۶۶، ۷۰، ۷۲ سانتی‌متر و کمترین گسترش عمودی ریشه‌ها در ژنوتیپ پایه‌های AR10، MM111، AR3 با ۳۳/۵۵، ۴۷ و ۶۶/۲۹ سانتی‌متر بود (شکل ۵-الف).

گسترش افقی ریشه

ژنوتیپ پایه‌های سیب به لحاظ گسترش افقی ریشه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین گسترش افقی ریشه‌ها مربوط به ژنوتیپ پایه‌های AR4، AR2، AR1 با ۳۰/۲۸، ۳۳/۲۸، ۶۶/۲۹ سانتی‌متر و کمترین گسترش افقی ریشه‌ها در ژنوتیپ پایه‌های AR6، AR11، AR10 با ۳۳/۱۶، ۵۰/۱۸ و ۸۳/۲۰ سانتی‌متر بود (شکل ۵-ب). پایه رویشی MM111 در بین سایر پایه‌های رویشی سیب تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی دارد و همواره در آزمایشات به عنوان شاهد متحمل به تنش خشکی استفاده می‌شود. تفاوت‌های ژنوتیپی از نظر طول و گسترش سیستم ریشه در اکثر گیاهان گزارش شده است (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). داشتن ریشه‌های عمیق و ضخیم به‌عنوان مکانیزم‌های اجتناب از تنش خشکی محسوب می‌شوند. کیفیت ریشه‌ها یعنی ساختمان و توزیع آن نسبت به تعداد آن مهم‌تر است. برای تحمل به خشکی، گزینش گیاهان دارای سیستم ریشه‌ای عمیق کارآمد در تحمل به خشکی اهمیت دارد. ریشه‌های عمیق و ضخیم



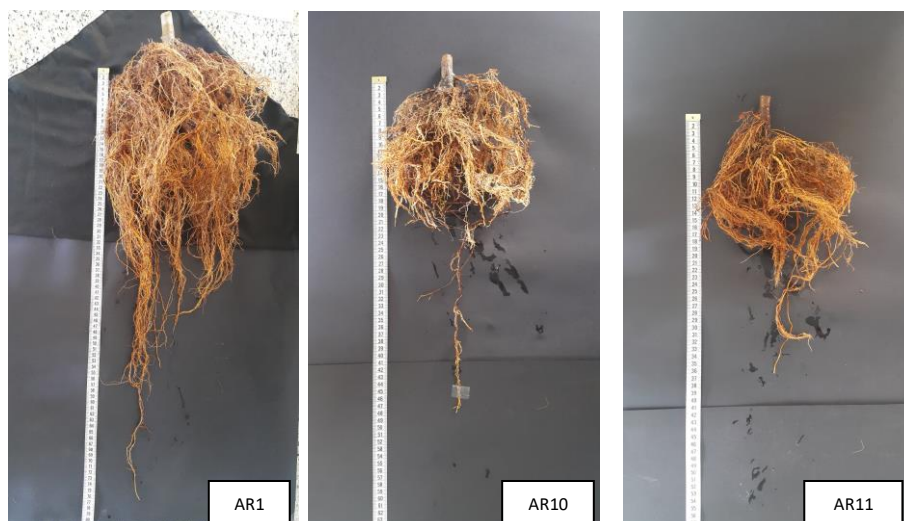
شکل ۵- مقایسه میانگین صفات گسترش طولی ریشه (A)، و گسترش افقی ریشه ها (B) ژنوتیپ پایه‌های مختلف سیب. ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی داری از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

این آزمایش را در خصوص ارتباط خصوصیات مورفولوژیکی ریشه و میزان تحمل به تنش خشکی را اثبات کرده است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی که زمینه اجرای این پژوهش را برای ما فراهم نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

داشتند. ریشه‌های کم حجم و استخوانی از ویژگی‌های بارز این پایه رویشی است، پایه رویشی MM111 در بین سایر پایه‌های رویشی سیب به عنوان پایه پابند با تحمل نسبی به تنش خشکی شناخته می‌شود. اما در گروه دوم و سوم ریشه‌ها پر حجم و حالت افشان داشتند. به عنوان نتیجه‌گیری فرعی از انجام این آزمایش می‌توان انتظار داشت که ژنوتیپ پایه‌های سیب هیبرید AR11، AR10 و AR8 که به لحاظ مورفولوژی ریشه شباهت‌های نزدیکی به پایه رویشی MM111 دارند، متحمل به تنش خشکی و ژنوتیپ پایه‌های با داشتن ریشه افشان و حجیم حساس به تنش خشکی باشند. سایر آزمایشات فیزیولوژیکی نیز نتایج



شکل ۶- مقایسه حجم ریشه در ژنوتیپ پایه‌های هیبرید سیب

منابع

- احمدی، ج.، تقی‌زاده، ا.ع. و آتشکار، د. ۱۴۰۱. ارزیابی مطلوبیت در گزینش برخی ارقام سیب با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته (ASIIG). علوم باغبانی ایران، ۵۳(۳): ۵۴۴-۵۵۲.
- آتشکار، د.، ارشادی، ا.، عبدالمهی، ح. و طاهری، م. ۱۳۹۷. غربالگری برخی پایه‌های هیبرید انتخابی سیب برای تحمل به تنش خشکی بر اساس صفات مرتبط با فتوسنتز. علوم باغبانی ایران، ۴۹(۴): ۱۰۱۳-۱۰۲۴.
- آتشکار، د.، پیرخضری، م. و تقی‌زاده، ا.ع. ۱۳۹۵. تولید و ارزیابی مقدماتی پایه‌های دورگ رویشی سیب (*Mallus domestica* Borkh). مجله علوم باغبانی ایران، ۴۷: ۳۲۹-۳۳۵.
- تقی‌زاده، ا.ع.، امینیان‌دهکردی، ر. و زینالو، ع.ا. ۱۳۹۹. برآورد سازگاری برخی رقم‌ها و ژنوتیپ‌های زیتون در شرایط اقلیمی طارم با استفاده از روش‌های ناپارامتری آماری. علوم باغبانی ایران، ۵۱(۳): ۶۵۷-۶۸۸.
- Araki, H. and Iijima, M. 2001. Deep rooting in winter wheat: rooting nodes of deep roots in two cultivars with deep and shallow root systems. *Plant Production Science*, 4(3): 215-219.
- An Haishan, A.H., Dong Haiqiang, D.H., Wu Ting, W.T., Wang Yi, W.Y., Xu Xuefeng, X.X., Zhang Xinzong, Z.X. and Han Zhenhai, H.Z. 2017. Root growth angle: an important trait that influences the deep rooting of apple rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 216: 256-263.
- Di Vaio, C., Cirillo, C., Buccheri, M. and Limongelli, F. 2009. Effect of interstock (M. 9 and M. 27) on vegetative growth and yield of apple trees (cv "Annurca"). *Scientia Horticulturae*, 119(3): 270-274.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N.S.M.A., Fujita, D.B.S.M.A. and Basra, S.M. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, Dordrecht: Springer Netherlands, pp.153-188.
- Fernandez, R.T., Perry, R.L. and Ferree, D.C. 1995. Root distribution patterns of nine apple rootstock in two contrasting soil types. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120(1): 6-13.
- Hwang, C.L. 1981. Multiple attributes decision making. *Methods and Applications*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Jakubowski, T. 1996. Preliminary evaluation of new apple rootstocks clones. In *Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics*, 484: 97-100.
- Jakubowski, T. and Zagaja, S.W. 1999. 45 years of apple rootstocks breeding in Poland. In *Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics*, 538: 723-727.
- Johnson, W.C. 2000. Methods and results of screening for disease and insect apple rootstocks. *The Compact Fruit Tree*, 33: 108-111.
- Khanizadeh, S., Groleau, Y., Granger, R., Cousineau, J. and Rousselle, G. 2000. New hardy rootstocks from the Quebec apple breeding program. *Acta Horticulturae*, 2: 719-722.

- Ma, L., Hou, C.W., Zhang, X.Z., Li, H.L., Wang, Y. and Han, Z.H. 2013. Seasonal growth and spatial distribution of apple tree roots on different rootstocks or interstems. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138(2): 79-87.
- Shao, K.J., Li, D.K. and Zhang, Z.R. 1988. A study on the breeding of apple dwarfing rootstock SH series. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 3: 86-93.
- Uga, Y., Sugimoto, K., Ogawa, S., Rane, J., Ishitani, M., Hara, N., Kitomi, Y., Inukai, Y., Ono, K., Kanno, N. and Inoue, H. 2013. Control of root system architecture by Deeper Rooting 1 increases rice yield under drought conditions. *Nature Genetics*, 45(9): 1097-1102.
- Wang, S., Liang, D. Lli, C. Hao, Y. Ma, F. and Sho. H. 2012. Influence of drought stress on the cellular ultrastructure and antioxidant system in leaves of drought-tolerant and drought-sensitive apple rootstocks. *Plant Physiology and Biochemistryjournal*, 51: 81-89.
- Wang, Y., Li, W., Xu, X., Qiu, C., Wu, T., Wei, Q., Ma, F. and Han, Z. 2019. Progress of apple rootstock breeding and its use. *Horticultural Plant Journal*. 5 (5): 183–191.
- Zagaja, S.W., Jakubowski, T., Pieklo, A. and Przybyla, A. 1989. Preliminary evaluation of new clones of apple rootstocks. *Fruit Science*, 16: 205-213.
- Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asgharii, A. and Hoseini, S.M. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum*, 7(2): 703-711.