به نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ٤ ■ شماره ١ ■ بهار و تابستان ١٣٩٥
صفحه‌های ١٥-١
انتشار الکترونیکی: بهار ١٣٩٨

بررسی اثر بی‌کربنات آب آبیاری بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک شش پایه رویشی سیب

علی ایمانی[1*]، مجتبی سلیمی[2]، ابراهیم هادوی[2]

۱. دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج، ایران.
۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۵

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر بی‌کربنات کلسیم محلول غذایی بر برخی صفات رشدی و فیزیولوژیک پایه‌های رویشی سیب به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ انجام شد. در این آزمایش اثر سه سطح بی‌کربنات (۰ و ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مول بی‌کربنات کلسیم) بر پایه‌های رویشی یک‌ساله سیب M25، M9، M7، M26، MM106 و MM111 کشت‌شده در بستر پرلیت و کوکویت به نسبت ۱:۱ بررسی گردید. نتایج نشان داد که سطوح مختلف بی‌کربنات کلسیم اثرات متفاوت بر روی صفات موردمطالعه داشتند. بی‌کربنات کلسیم، خصوصاً غلظت ۱۵ میلی‌مول موجب کاهش ارتفاع نهال، قطر تنه، تعداد شاخه‌های فرعی، ماده تر و خشک برگ، محتوی کلروفیل، در پایه‌های رویشی سیب شد؛ اما نشت یونی، پرولین و کربوهیدرات پایه‌های رویشی سیب را افزایش داد. درمجموع در این پژوهش M9 و M26 به‌ترتیب، متحمل‌ترین و حساس‌ترین پایه به شرایط قلیایی حاصل از بی‌کربنات کلسیم تشخیص داده شدند.

کلیدواژه‌ها: بی‌کربنات، پایه، رشد رویشی، محتوای کلروفیل، نشت یونی.

* نویسنده مسئول
Email: imania45@yahoo.com

مقدمه

سیب از قدیمی‌ترین میوه‌هایی است که بشر آن را شناخته و برای تغذیه خود به پرورش و اهلی کردن آن اقدام نموده است [۱]. در منابع مختلف درخت سیب را به‌عنوان گیاه نیمه‌مقاوم به کلرز زردی در نظر می‌گیرند. ولی توسعه کشت آن روی پایه‌های رویشی نشان می‌دهد که تحمل سیب به کلرز زردی روی این پایه‌های مختلف بسیار متفاوت است [۱۲]. از طرفی یکی از دلایل بروز مشکلات تغذیه‌ای در گیاهان، وجود غلظت بالای بی‌کربنات کلسیم در محلول خاک در اطراف محیط ریشه گیاهان می‌باشد که بنیان آن به وجود آهک فراوان در خاک برمی‌گردد [۲۰] بنابراین میزان مقاومت یا حساسیت گونه‌های مختلف درختان میوه حتی ارقام داخل یک گونه نسبت به این عارضه فیزیولوژیکی متفاوت است [۱٤]. در بررسی تأثیر سطوح مختلف بی‌کربنات در بروز اختلالات تغذیه‌ای سه رقم نهال سیب در خاک آهکی چنین نتیجه‌گیری نمودند که آب‌های آبیاری دارای بی‌کربنات با غلظت بالاتر از پنج میلی‌مول در لیتر مشکل‌ساز بوده و خنثی‌سازی بی‌کربنات ضروری است [٦]. در تحقیقی دیگر در مؤسسه تولیدی گل خادم واقع در پاکدشت ورامین نشان داد شد که حذف بی‌کربنات آب آبیاری باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه گل‌دهنده در سطح یک درصد نسبت به شاهد گردید که شاید علت آن را بتوان در افزایش کلروفیل برگ و فتوسنتز و درنتیجه تولید کربوهیدرات‌های بیشتر و افزایش انتقال اسید جیبرلیک از ریشه به ساقه در اثر حذف بی‌کربنات آب آبیاری دانست [۱۱]. همچنین شاخص کلروفیل متری برگ که درواقع معیاری از محتوای کلروفیل و فعالیت آهن در برگ هست نیز در اثر حذف بی‌کربنات آب آبیاری، افزایش پیدا کرد که علت آن را می‌توان در رفع اثرات سوء بی‌کربنات بر فعالیت متابولیکی آهن و سبز شدن بیشتر برگ‌ها دانست.

در بررسی یک آزمایش گلخانه‌ای بر درخت زیتون از رقم پیکول[1] و درخت هلو با تیمارهایی با نسبت‌های مختلف بی‌کربنات به آهن گزارش شد که مقدار کلروفیل در بالاترین سطح بی‌کربنات و پایین‌ترین سطح آهن کاهش یافت و در این تیمار تعداد برگ‌های جدید و رشد ساقه کاهش یافت ولی رشد ریشه افزایش نشان داد [۲۰]. در بررسی pH محلول غذایی برجذب آهن توسط چهار رقم انگور، به این نتیجه رسیدند که با افزایش pH محول غذایی و بی‌کربنات، به‌طور معنی‌داری کلروفیل و سبزینگی برگ هر چهار رقم کاهش می‌یابد [۱٤]. با کاشت پایه‌های مختلف انگور در خاک معادل ده میلی‌مول بی‌کربنات، علائم کلروز ناشی از کمبود آهن، به نوع واریته و حتی تراوش‌ها ریشه‌ای آن‌ها بستگی دارد [۱۸]. تاکنون تحقیقات بسیار وسیعی در رابطه با تأثیر غلظت بی‌کربنات آب آبیاری بر رشد گیاه و تعیین غلظت بحرانی آن صورت گرفته است، ولی به‌دلیل متفاوت بودن تأثیر بی‌کربنات روی گیاهان تاکنون درباره این تأثیر، رده‌بندی و یا حد بحرانی مشخصی ارائه نگردیده است [۷]. سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی (FAO) بر مبنای مقدار بی‌کربنات و میزان تأثیر آن بر رشد گیاه، آب‌های آبیاری را به سه گروه تقسیم کرده است. بر اساس این تقسیم‌بندی اگر میزان بی‌کربنات در آب آبیاری کمتر از ۱/۵ میلی‌مول در لیتر باشد، بدون محدودیت، بین ۱/۵ تا ۸/۵، دارای محدودیت کم تا متوسط و اگر بیشتر از ۸/۵ میلی‌مول در لیتر باشد، آب آبیاری دارای محدودیت شدید برای رشد گیاه است [۵]؛ بنابراین ضروری است که برای رفع مشکل کلروز باغ‌های کشور تمامی ارقام و پایه‌های درختان میوه موجود در کشور در برابر یون بی‌کربنات و شرایط آهکی خاک‌های کشور ارزیابی شوند تا پایه‌ها و یا

1. Picule

ارقام میوه مقاوم یا متحمل در هرگونه انتخاب و به باغداران معرفی گردد. به‌این‌ترتیب می‌توان در آینده از این پایه‌ها و یا ارقام مقاوم به کلروز برای احداث باغ‌های جدید و یا جایگزینی در باغ‌های قدیمی استفاده کرد. لذا این تحقیق به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف بی‌کربنات کلسیم بر روی تحمل پایه‌های رویشی سیب M25، M9، M7، M26، MM106 و MM111 به بی‌کربنات آب آبیاری انجام می‌شود و مشکل عمده تولیدشان در نهالستان‌ها و مراکز تکثیر مرتفع گردد. در این راستا آزمایشی به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف بی‌کربنات کلسیم بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی پایه‌های رویشی سیب M25، M9، M7، M26، MM106 و MM111 و تحمل آن‌ها به بی‌کربنات آب آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در دو بخش مزرعه‌ای و آزمایشگاهی صورت گرفت. بخش فضای باز در نهالستان سلیمی واقع در استان کرمانشاه با ارتفاع ۱٤۰۰ متر از سطح دریا با میزان بارندگی متوسط سالیانه ٦٤۰ میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل غلظت‌های مختلف بی‌کربنات کلسیم (صفر، ۷/۵، ۱۵ میلی‌مول بی‌کربنات کلسیم در لیتر) و فاکتور دوم شامل شش پایه رویشی سیب (M7،M9،M25،M26،MM106 و MM111) بودند. هر تکرار آزمایشی شامل پنج گلدان بوده که درمجموع ۲۷۰ گلدان سطح کل آزمایش را تشکیل داد. در بخش آزمایشگاهی، برخی از اندازه‌گیری‌های پارامترهای موردنظر در آزمایشگاه بخش تحقیقات باغبانی کرج و برخی دیگر در آزمایشگاه فیزیولوژی گروه علوم باغبانی دانشگاه آزاد کرج انجام گردید. در این دو بخش اثر مقادیر مختلف بی‌کربنات و اثر پایه بر شاخص‌های رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی این پایه‌های رویشی موردبررسی قرار گرفت. برای اجرای این آزمایش در تابستان ۱۳۹۱ قلمه‌های ریشه‌دار شده انواع پایه رویشی یک‌ساله سیب شامل M7، M9، M25، M26، MM106 و MM111 از نهالستان بخش خصوصی واقع در استان قزوین، وارداتی از کشور انگلستان (یک سال بعد از گذراندن قرنطینه) تهیه شدند و در گلدان‌های ۳۰ در ۲۵ سانتی‌متری با ترکیب خاکی: خاک زراعی مرغوب (٦۵٪) ماسه (۲۵٪) کود دامی پوسیده (۱۰٪) کشت شدند پایه‌های مذکور تا اوایل فروردین سال ۱۳۹۲ در گلدان‌ها باقی‌مانده و ازنظر رشد رویشی به حد مطلوب و موردنظر رسیدند سپس قبل از باز شدن جوانه‌ها، آن‌ها را همراه ریشه کامل از خاک گلدان‌ها خارج نموده و ریشه آن‌ها را با آب به‌طور کامل شست‌وشو داده، سپس با محلول قارچ‌کش ۵ در هزار اکسی کلروز مس به‌مدت ۱۰ ثانیه ضدعفونی کرده و سپس در گلدان‌های ۳۰ در ۲۵ سانتی‌متری با ترکیب بستر مناسب هیدروپونیک (شامل کوکویت ۵۰٪ و پرلایت ۵۰٪) کشت شدند. برای جمع‌آوری زه‌آب، کف گلدان‌ها سوراخ شد و یک لایه شن درشت (۵ میلی‌متر) در کف گلدان‌ها ریخته شد و مابقی حجم گلدان‌ها با بستر موردنظر پر شدند. در هر گلدان یک گیاه پایه رویشی کشت گردید. پایه‌های رویشی پس از انتقال به بستر جدید، قیمت‌گذاری شدند. برای اندازه‌گیری راحت‌تر رشد گیاهان تا قبل از اعمال تیمارهای بی‌کربنات، به‌صورت تک‌تنه تربیت شدند و بعد از اعمال تیمارهای اصلی، به پایه‌های یک‌ساله اجازه رشد طبیعی داده شد. این پایه‌ها تا استقرار کامل و شروع رشد رویشی فعال (اواسط اردیبهشت ۱۳۹۲)، به‌وسیله محلول غذایی نیمه‌هوگلند (جدول ۱) که شامل عناصر غذایی کم‌مصرف

و پرمصرف بود تغذیه شدند. آبیاری گیاهان فقط توسط محلول غذایی صورت می‌گرفت و به هر گیاه در حدود ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول داده می‌شد.

برای تعیین خصوصیات شیمیایی آب مورداستفاده نیز قبل از اعمال تیمارهای بی‌کربنات کلسیم، از آب آبیاری نمونه تهیه‌شده و در آزمایشگاه تجزیه گردید (جدول ۲). برای تیمار ۷/۵ میلی‌مول، ۰/۷۵۰ گرم بی‌کربنات کلسیم و برای تیمار ۱۵ میلی‌مول ۱/۵ گرم بی‌کربنات کلسیم در لیتر استفاده گردید. غلظت بی‌کربنات موجود در آب شهری قبل از آبیاری با آنالیز آب شهری اندازه‌گیری و مشخص شد. سپس مقدار بی‌کربنات موردنیاز برای رسیدن به سطح غلظت موردنظر با توجه به مقدار بی‌کربنات موجود در آب آبیاری محاسبه و سپس مقدار لازم از منبع بی‌کربنات کلسیم به آب آبیاری اضافه شد.

برای اعمال تیمارهای بی‌کربنات، پس از تهیه غلظت‌های مختلف بی‌کربنات کلسیم، از اردیبهشت ۱۳۹۲، به‌مدت ٤ ماه، هر هفته یک‌بار این پایه‌ها با غلظت‌های تعیین‌شده بی‌کربنات کلسیم آبیاری شدند. زمان آبیاری با محلول هوگلند بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک گلدان‌ها و به‌روش وزنی تعیین شد.

جدول ۱. ترکیب نمک‌های استفاده‌شده در ماده غذایی هوگلند

نوع نمک	غلظت (گرم در ۱۰۰۰ لیتر)	نوع نمک	غلظت (گرم در لیتر)
KNO_3	۳۸۷/۸٤	$(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$	۱
$Ca(NO_3)_2$	٤۹۲	H_3BO_3	۱/۵
KH_2PO_4	۱۳٦	$MnSO_4$	۲
K_2HPO_4	۱۷/٤	$CuSO_4$	۱
NH_4NO_3	۱٦۰	$Zn\ SO_4$	۲
$MgSO_4$	۹۰		
NaCl	۱۱/۷		
$Mg(NO_3)_2$	۲۹/٦٦		

جدول ۲. تجزیه آب شهر، زه‌آب گلدان شاهد و زه‌آب گلدان‌های تیمار بیکربنات ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مول در لیتر

مشخصات	هدایت الکتریکی Ecx 10^{-6}	مجموع املاح محلول T.D.S (Mg/L)	اسیدیته (PH)	میلی‌اکی والان در لیتر								درصد سدیم محلول S.S.P	نسبت جذب سدیم S.A.R
				کربنات CO_3^-	بی‌کربنات CO_3H^-	کلر Cl	سولفات SO_4	مجموع آنیون‌ها S.Anions	کلسیم+ منیزیم Ca+Mg	سدیم Na	مجموع کاتیون‌ها S.Cations		
آب شهر	٤۲۹	۲۷۵	۷/٤۷	۰	.	۰/۵	۰/۷٦	۵/۷٦	۵/۳	۰/٤۵	۵/۷٦	۷/۸	۰/۲۸
زه‌آب گلدان شاهد	٤۳۱	۲۷٦	٦/۹۵	۰	.	۱	۱/۷	۵/۷	۰/۷	۱/۳	۵/۷	۱۲	۰/٤٤
زه‌آب گلدان حاوی بی‌کربنات کلسیم ۷/۵ mol/l–	۷٤۹	٤۷۹	۷/۱۸	۰	۳/۷	۲/٦	۳/۸	۱۰/۱	۸	۲/۱	۱۰/۱	۲۰/۸	۱/۰۵
زه‌آب گلدان حاوی بی‌کربنات کلسیم ۱۵ mol/l–	۵۷۲	۳٦٦	۷/۱۹	۰	٤	۱/٦	۲/۸	۸/٤	۷/۱	۱/۳	۸/٤	۱۵/۵	۰/٦۹

پس از اعمال تیمارهای بی‌کربنات در آب آبیاری، رشد رویشی شاخه‌ها، رشد قطری تنه، رشد طولی یا ارتفاع پایه‌ها هر یک از پایه‌ها در تیمارهای مختلف بی‌کربنات به‌طور جداگانه با استفاده از خط‌کش وکولیس ورنیه اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری‌های لازم انجام گرفت. در انتهای آزمایش نهال‌ها از گلدان خارج شدند و به‌منظور تعیین وزن خشک هر یک از اندام‌ها، ابتدا ریشه‌ها با آب شست‌وشو گردیدند و بعد هر یک از اندام‌ها بعد از اندازه‌گیری وزن‌تر آن‌ها توسط ترازوی دقیق ۰/۰۱ (EK-300i)، در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بعد از ٤٨ ساعت نمونه‌ها از آون خارج و وزن خشک هر اندام اندازه‌گیری (واحد گرم) شد. همچنین سایر شاخص‌های فیزیولوژیکی به شرح زیر اندازه‌گیری شدند.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

به‌منظور اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ، از هر گیاه ٤ برگ کامل از قسمت بالایی شاخه و ٤ برگ کامل از قسمت پایینی شاخه اصلی انتخاب و پس از اندازه‌گیری وزن‌تر (FW)، به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر در شرایط تاریکی قرار گرفت تا آماس نمایند. بعد از خارج کردن برگ‌ها از آب مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس (TW) آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده‌شده تا وزن خشک (DW) آن‌ها اندازه‌گیری شود. درنهایت میزان نسبی آب برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC = ((FW-DW) / (TW-DW)) \times 100$$

کلروفیل a، b، کل و کارتنویید

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنویید، ابتدا مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی در هاون چینی ریخته و سپس نمونه‌های گیاهی با استفاده از نیتروژن مایع خرد شدند تا توده یکنواختی به‌دست آید. بیست میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه‌ها اضافه‌شده و سپس محلول حاصل با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. عصاره فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل گردید. مقداری از نمونه داخل بالن در کووت اسپکتروفتومتر ریخته شد و درنهایت مقدار جذب در طول‌موج‌های ٦٦٣ نانومتر (کلروفیل a)، ٦٤٥ نانومتر (کلروفیل b) و ٤٧۰ نانومتر (کارتنوئیدها)، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (BT600 Plus, Canada) اندازه‌گیری شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3\times A663 - 0.86\times A645)\ V/100W$$
$$\text{Chlorophyll b} = (19.3\times A645 - 3.6\times A663)\ V/100W$$
$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227$$

اندازه‌گیری پرولین

ابتدا ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی با هاون له و درون تیوب‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته و سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد به آن‌ها اضافه شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه درون حمام آب یخ قرار داده شدند. تیوب‌ها با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید تا مواد اضافی از محلول جدا شوند. ۲ میلی‌لیتر از فاز رویی حاصل از سانتریفیوژ، درون تیوب‌های ۱۵ میلی‌لیتری جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص به آن افزوده و سپس خوب مخلوط شدند. هم‌زمان مقدار ۲ میلی‌لیتر از استانداردهای ۰، ٤، ۸، ۱۲، ١٦ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین درون تیوب‌های جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال به آن افزوده و سپس خوب مخلوط

شدند. نمونه‌های اصلی و استاندارد ابتدا به‌مدت یک ساعت درون حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه درون حمام آب یخ قرار داده شدند تا کاملاً سرد شده تا واکنش متوقف گردد. سپس ٤ میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه و به‌مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس مخلوط شدند. میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۲۸ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (BT600 Plus, Canada) اندازه‌گیری گردید. درنهایت محتوی پرولین، از روی میزان جذب نمونه‌ها و مقایسه آن با منحنی استاندارد و با توجه به رابطه زیر برحسب میکرومول در گرم نمونه‌تر گیاهی بیان شدند.

$$\mu moles \frac{Proline}{g} of\ fresh\ weight\ material = \frac{[\frac{\mu g \frac{Proline}{ml} \times ml\ Toluene}{115.5 \mu \frac{g}{\mu mole}}]}{(g\ sample/5)}$$

کربوهیدرات‌های محلول

از ۰/۰۳ گرم نمونه‌های گیاهی پودرشده درون تیوب‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته و سپس ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد کاملاً داغ به تیوب‌ها اضافه‌شده و به‌مدت ۳۰ ثانیه ورتکس‌شده و به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس، فاز رویی به تیوب‌های ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و مراحل اضافه نمودن ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد داغ به رسوب انتهایی، ورتکس، سانتریفیوژ و اضافه نمودن فاز رویی به تیوب ۵۰ میلی‌لیتر جدید، دو بار تکرار شد تا تمامی قندهای محلول موجود در نمونه گیاهی استخراج گردند. در مرحله بعد، تیوب‌ها به‌مدت ٢٤ ساعت درون آون با دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته تا اتانول موجود در آن‌ها کاملاً تبخیر گردد. پس از تبخیر کامل اتانول، مقدار ٤۰ میلی‌لیتر آب مقطر به تیوب‌ها اضافه و به‌مدت ۲ دقیقه ورتکس شدند. به‌منظور حذف رسوبات اضافی و دیگر ترکیبات زائد، مقدار ۵ میلی‌لیتر سولفات روی ۵ درصد و ٤/۷ میلی‌لیتر هیدروکسید باریوم ۰/۳ نرمال به تیوب‌ها اضافه و مجدداً ورتکس شدند. سپس تیوب‌ها با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای اتاق به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. هم‌زمان ۱ میلی‌لیتر از فاز رویی و ۱ میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد گلوکز (۰، ۱۰، ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ قسمت در میلیون) به تیوب ۱۵ میلی‌لیتری جدید انتقال داده و به هریک از آن‌ها ۰/۵ میلی‌لیتر محلول فنل ۵ درصد اضافه و به‌شدت تکان داده شدند تا حباب-های کف سفیدرنگی داخل تیوب‌ها نمایان شود. مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد به‌وسیله سرنگ (دیسپنسر۱) با فشار به داخل تیوب‌ها اضافه شد. پس از گذشت ٤۵ دقیقه تا یک ساعت با تثبیت رنگ، توأم با خنک شدن تیوب‌ها، میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ٤۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Canada ,BT600 Plus) اندازه‌گیری شد. درنهایت محتوی قندهای محلول، از روی میزان جذب نمونه‌ها و مقایسه آن با منحنی استاندارد و با توجه به رابطه زیر برحسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیان شوند.

$$E = \frac{C*D*V}{DM*1000000} * 1000$$

که در آن:

E: مقدار قند نمونه برحسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک

C: غلظت نمونه برحسب میلی‌گرم در لیتر

D: درجه رقت

V: حجم نهایی عصاره تهیه‌شده

DM: وزن ماده خشک برحسب گرم

در آنالیز آماری داده‌ها ابتدا از یکنواخت بودن کلیه داده‌ها اطمینان حاصل شد و سپس تجزیه واریانس و مقایسه

1. Dispenser

میانگین به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن با نرم‌افزار SAS Version 9.2 و MSTAT-C انجام گرفت. نمودارهای مربوطه نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد پایه‌های رویشی سیب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و همچنین مقایسه میانگین اثر نوع پایه و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات بر شاخص‌های رشد پایه‌های رویشی مختلف سیب به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ٤ ارائه‌شده است.

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر ارتفاع پایه‌های رویشی سیب

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر پایه، اثر بی‌کربنات و اثرات متقابل بین آن‌ها بر روی ارتفاع گیاهان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ٤) نشان می‌دهد که پایه MM111 و تیمار شاهد بدون بی‌کربنات بیشترین ارتفاع و پایه M26 و تیمار بی‌کربنات ۱۵ میلی‌مول در لیتر دارای کمترین ارتفاع بودند. این تفاوت‌ها ناشی از خصوصیات ژنتیکی این پایه‌ها هست زیرا پایه‌های MM111 و MM106 به‌ترتیب در گروه پایه‌های پر رشد و نیمه‌پر رشد می‌باشند، ولی پایه‌های M26 و M9 پاکوتاه می‌باشند. از طرفی بی‌کربنات به‌علت اثر در کاهش مقدار عناصر غذایی گیاه به‌ویژه آهن، عملکرد محصولات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سطوح بالای بی‌کربنات به‌دلیل غیرفعال شدن آهن، بیوسنتز DNA که برای رشد و تقسیم سلول ضروری است، کم می‌شود و درنتیجه رشد سلول‌ها و عملکرد پایین می‌آید [۱۲]. اثر بی‌کربنات بر روی چهار رقم انگور موردبررسی مؤثر بوده به‌طوری‌که نتایج آن‌ها نشان داد که بی‌کربنات موجب کاهش ارتفاع ساقه می‌شود. پاسخ مورفوفیزیولوژیک به کمبود آهن ناشی از بی‌کربنات (۰، ٤، ۸، ۱۲ و ۱٦ میلی‌مول در لیتر کربنات سدیم) در پنج رقم انگور را موردبررسی قراردادند که ارتفاع ساقه، در ارقام و سطوح مختلف بی‌کربنات متفاوت بود [۱۸ و ۲۳].

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر قطر ساقه پایه‌های رویشی سیب

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر پایه و اثر بی‌کربنات بر روی قطر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. ولی اثرات متقابل بین آن‌ها اختلاف معنی‌دار ۵ درصد را نشان داد.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات بر شاخص‌های رشد پایه‌های رویشی سیب

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع پایه	قطر پایه	تعداد شاخه‌های فرعی	وزن ترسمت هوایی پایه	وزن خشک پایه
پایه	۵	۱۸٦/٥٤**	۱۲/٤٥**	۲۰/٦۹**	۱٦٥۳۹/۷۰**	٤٦٥٤/٦۳**
بی‌کربنات	۲	٦٦۳۸/۷۰**	۳۲/۰۰**	٦٤/٥۱**	۷٤٥۳۱/۰۱**	۱۸٥۲۹/٤۱**
پایه × بی‌کربنات	۱۰	۱۰۸/۷۳**	۰/٤۳*	۲/۳٦*	۲۱٤۳/٦۸**	٥۸۹/۲۰**
خطا	۳٤	٤/۷٥	۰/۲۷	۰/۸۲	۲۳/۹۸	۱۲/۰۳
Cv%		۱۰/۳	٤/٥	۲۸/۹	۲	۳/۳

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر شاخص‌های رشد پایه‌های رویشی سیب

نوع پایه سیب	تیمار بی‌کربنات کلسیم	ارتفاع پایه (سانتی‌متر)	قطر پایه (میلی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی	وزن تر قسمت هوایی پایه (گرم)	وزن خشک قسمت هوایی پایه (گرم)
M7	شاهد (۰)	٤٥/۰۰ c	١١/٤٠ de	٧/۰۰ a	٢٤٨/۰۰ e	١١٢/٣٣ e
	٧/٥	١١/٦٦ e	١٠/٢٣ efg	٣/٣٣ def	١٧٥/۰۰ j	٦٨/٦٦ i
	١٥	٩/٧٣ ef	٩/٢٦ g	۰/٣٣ i	١٤٢/٦٦ k	٦١/۰۰ j
M9	شاهد (۰)	٣٣/۰۰ d	١٥/٢٦ a	٥/۰۰ bcd	٣٧۰/٦٦ a	١٦٧/٣٣ a
	٧/٥	١١/۰۰ e	١٣/٦٦ b	٢/۰۰ f-i	٢٨٨/٣٣ d	١٢۰/٣٣ d
	١٥	٩/٢٦ ef	١١/٦٣ cd	١/۰۰ hi	١٧٢/۰۰ j	٨۰/۰۰ gh
M25	شاهد (۰)	٣٤/٤٠ d	١٢/۰۰ cd	٢/٣٣ e-h	٢٩٢/۰۰ d	١١١/۰۰ e
	٧/٥	١۰/٩٣ e	١۰/٩۰ def	١/١٣ ghi	٢۰٧/٣٣ g	٨٣/۰٦ g
	١٥	٨/٥٦ ef	١۰/١٦ efg	۰/٣٣ i	١٣٨/۰۰ k	٤٤/٣٣ k
M26	شاهد (۰)	٣٣/٥٣ d	١٢/٧٣ bc	٧/٣٣ a	٢٤٢/٣٣ e	١٢۰/٦٦ d
	٧/٥	٧/٧٣ ef	١۰/٩٣ def	٦/۰۰ ab	٢۰٧/٦٦ g	٨٤/٦٦ g
	١٥	٦/٤٠ f	١۰/۰۰ fg	٤/۰۰ cde	١٨٧/٣٣ i	٧٤/٢۰ hi
MM106	شاهد (۰)	٥٤/٦٦ b	١٣/٦٣ b	٥/٦٦ abc	٣٤١/٣٣ b	١٧۰/٦٦ a
	٧/٥	١٢/۰۰ e	١٢/۰٣ cd	٣/۰۰ efg	٢٩۰/٣٣ d	١٥١/٤٣ b
	١٥	١١/۰۰ e	١۰/٤۰ efg	١/٣٣ ghi	١٩٤/٣٣ h	٧٩/٦٦ gh
MM111	شاهد (۰)	٥٨/٦٦ a	١١/٦٦ cd	٣/٣٣ def	٣٣٨/٦٦ b	١٣٧/۰۰ c
	٧/٥	١١/٦٦ e	١۰/٨٦ def	٢/٣٣ e-h	٣۰٢/٦٦ c	١۰٧/٣٣ e
	١٥	٩/٨۰ ef	٩/٢٣ g	١/۰۰ hi	٢٢٧/۰۰ f	٩٥/۰۰ f

حروف مشترک در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ٥ درصد است.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ٤) نشان می‌دهد که اثرات متقابل بین نوع پایه و بی‌کربنات بر روی قطر ساقه معنی‌دار است و پایه M9 و تیمار شاهد بدون بی‌کربنات بیشترین قطر ساقه و پایه M7 و تیمار بی‌کربنات ١٥ میلی‌مول در لیتر دارای کمترین قطر ساقه بودند. در تحقیقی دیگر که حذف بی‌کربنات آب آبیاری باعث افزایش معنی‌دار طول و قطر ساقه می‌شود که شاید علت آن را بتوان در افزایش کلروفیل برگ و فتوسنتز و درنتیجه تولید کربوهیدرات‌های بیشتر و افزایش انتقال اسید جیبرلیک از ریشه به ساقه در اثر حذف بی‌کربنات آب آبیاری دانست [١١].

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر تعداد شاخه‌های جانبی پایه‌های رویشی سیب

اثرات پایه‌های و بی‌کربنات بر روی این صفت نیز در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار شده است، همچنین اثرات متقابل نوع پایه سیب و بی‌کربنات در سطح احتمال ٥ درصد معنی‌دار شده است (جدول ٣).

پایه M26 در مقایسه با سایر پایه‌ها دارای تعداد شاخه فرعی بیشتری در تیمار شاهد (صفر میلی‌مول بی‌کربنات کلسیم) بود و پایه M25 و M25 کمترین تعداد شاخه فرعی را در تیمار ١٥ میلی‌مول بی‌کربنات کلسیم داشت (جدول ٤). پایه M26 در گروه پایه‌های پاکوتاه است و به‌دلیل غالبیت انتهایی کمتر، تمایل به تولید شاخه فرعی بیشتری دارد اما M25 پایه بسیار پر رشدی است و به‌دلیل غالبیت انتهایی بیشتر، تعداد شاخه فرعی کمتری تولید می‌کند. بی‌کربنات سبب کاهش تعداد شاخه‌ها نسبت به شاهد شد و کمترین تعداد مربوط به بالاترین سطح بی‌کربنات بود (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین

(جدول٤) نشان می‌دهد که اثرات متقابل بین نوع پایه و بی‌کربنات بر روی تعداد شاخه فرعی معنی‌دار است و پایه M26 و M7 (تعداد شاخه فرعی بیشتر در پایه M7 ناشی از قابلیت پاجوش‌دهی آن بود) تیمار شاهد بدون بی‌کربنات بیشترین تعداد شاخه فرعی و پایه MM111 و تیمار بی‌کربنات ۱۵ میلی‌مول در لیتر دارای کمترین تعداد شاخه فرعی بودند. در تحقیقی دیگر نیز گزارش کردند که افزایش بی‌کربنات سبب کاهش تعداد شاخه فرعی در زیتون شد و مشاهده نمودند که بین عنصر آهن با تعداد شاخه همبستگی بسیار مثبت و معنی‌داری وجود دارد و در آزمایش حاضر نیز احتمال می‌رود مکانیسم مشابهی وجود داشته باشد [۲]. چون در اثر حذف بی‌کربنات آب آبیاری شاخص رشد در گیاه افزایش می‌یابد، زیرا محتوای کلروفیل و فعالیت آهن در برگ افزایش پیداکرده که علت آن را می‌توان در رفع اثرات سوء بی‌کربنات بر فعالیت متابولیکی آهن و سبز شدن بیشتر برگ‌ها دانست. آهن به‌علت توانایی در تغییر ظرفیت خود می‌تواند به‌عنوان یک جز اساسی در سیستم اکسیداسیون و احیای سلول، انتقال الکترون‌ها را در فتوسنتز و تنفس تسهیل نماید و به‌عنوان کو آنزیم در آنزیم‌های منتقل‌کننده الکترون و ترکیب موادی که پیش‌ماده سنتز کلروفیل هستند شرکت کند و به‌همین دلیل در افزایش رشد گیاه مؤثر می‌باشد [۲۲].

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر وزن‌تر و خشک کل پایه‌های رویشی سیب

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که وزن تر و خشک کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین در جدول ٤ نشان می‌دهد که پایه‌های M9 و تیمار شاهد بدون بی‌کربنات بیشترین وزن تر و خشک کل و پایه M7 و تیمار بی‌کربنات ۱۵ میلی‌مول در لیتر دارای کمترین وزن تر و خشک کل بودند. تنش‌های اطراف ریشه توازن تنظیم‌کننده‌ها را برهم می‌زند به‌عنوان نمونه سبب کاهش سنتز سایتوکنین در محیط ریشه می‌شود و درنتیجه به کاهش انتقال آن از ریشه به اندام‌های هوایی و کاهش رشد منجر می‌شود [۱۰]. کاهش مقدار آهن در اندام هوایی توسط تیمار بی‌کربنات نتیجه کاهش رشد اندام هوایی است و کاهش رشد اندام هوایی خود نتیجه محدود شدن انتقال آهن به‌طرف اندام هوایی است که با حضور یون بی‌کربنات تشدید می‌شود [۲٤]. کاهش رشد مشاهده‌شده در آزمایش ما نیز احتمالاً تحت تأثیر مکانیسم مشابهی روی داده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی پایه‌های رویشی سیب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و همچنین مقایسه میانگین اثر نوع پایه و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات بر پارامترهای فیزیولوژیکی پایه‌های رویشی مختلف سیب به‌ترتیب در جدول‌های ۵ و ٦ ارائه‌شده است.

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر شاخص کلروفیل پایه‌های رویشی سیب

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر بی‌کربنات و اثر نوع پایه و برهمکنش آن‌ها بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۵). همچنین نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثر پایه بر کلروفیل a/b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده اما بی‌کربنات و برهمکنش بی‌کربنات و پایه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. معمول‌ترین کمبود تغذیه‌ای گیاهان در خاک‌های آهکی با کربنات کلسیم بیش از ۲۰ درصد، ظهور کلروز آهن یا زرد برگی در اثر آهک می‌باشد [٤]. در بررسی یک آزمایش گلخانه‌ای بر درخت زیتون رقم پیکول و درخت هلو با

تیمارهایی با نسبت‌های مختلف بی‌کربنات به آهن گزارش نمودند که مقدار کلروفیل در بالاترین سطح بی‌کربنات و پایین‌ترین سطح آهن کاهش می‌یابد که احتمالاً دلیل آن مربوط به نقش آهن در ساختار کلروفیل می‌باشد [۲۰].

مقایسه میانگین در جدول ٦ نشان داد که تأثیر پایه‌های مختلف بر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b برگ معنی‌دار بوده به‌نحوی‌که بالاترین میزان شاخص کلروفیل برگ در پایه‌های M9 و MM111 و کمترین میزان کلروفیل در پایه MM106 ثبت شد که گویای احتمال بالا بودن فتوسنتز در پایه‌های M9 و MM111 هست. همچنین مقایسه میانگین در جدول ٦ نشان داد که غلظت‌های مختلف بی‌کربنات بر کلروفیل a/b معنی‌دار نبوده اما بی‌کربنات در محلول غذایی کلروفیل a/b برگ را نسبت به شاهد (محلول غذایی بدون بی‌کربنات) کاهش داد. از طرفی از مقایسه میانگین در جدول ٦ مشخص می‌گردد که تأثیر پایه‌های مختلف بر کلروفیل a/b برگ معنی‌دار بوده به‌نحوی‌که بالاترین نسبت کلروفیل a/b برگ در پایه‌های M9، MM106 و M26 و کمترین نسبت کلروفیل a/b برگ در پایه M7 ثبت شد. دلایل آن را می‌توان گفت، سیب یکی از گونه‌های گیاهی است که در مقابل کلروز ناشی از آهک عکس‌العمل نشان می‌دهد و زردی برگ به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به کمبود آهن مربوط می‌شود. برگ‌های دارای کلروز آهن اغلب دارای مقدار آهن کل یکسان یا حتی بیشتر از برگ‌های سبز می‌باشند که نشان‌دهنده غیرفعال شدن فیزیولوژیک آهن هست، البته علائم کلروز ناشی از کمبود آهن، به‌نوع واریته و حتی تراوش‌ها ریشه‌ای آن‌ها بستگی دارد [۱۹].

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات بر پارامترهای فیزیولوژیکی پایه‌های رویشی سیب

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a +b	کلروفیل a/b	کاروتنویید
		(میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه)				
پایه	۵	٦۱/۰۹۸**	۱٦/۵۸۳**	۱۲۷/۲۳**	۱/۱۹۲**	۲۳/٤٦۰**
بی‌کربنات	۲	۲۹۱/۹۸۷**	٦۳/۵۹۳**	٦۲۷/۵۱**	۰/٤۲۳*	۱۱۳/٤۰۲**
پایه × بی‌کربنات	۱۰	۱۸/۰۷۱**	۱٤/٤۷۵**	٦۲/۰۲**	۰/۳۷٦*	۱۰/۳٤۰**
خطا	۳٤	۰/۱۱۷۹	۱/۵۱۹	۱/۸۳	۰/۱٦٤	۰/۱۷۷
Cv%		٦/٦۸	۱۲	۷/۱۰	۸/۹	٦/۷

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ادامه جدول ۵. تجزیه واریانس اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات بر پارامترهای فیزیولوژیکی پایه‌های رویشی سیب

منابع تغییرات	درجه آزادی	کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم)	پرولین (میکرومول بر گرم)	درصد محتوای آب نسبی RWC (%)	نشت یونی اول EL1	نشت یونی دوم EL2
پایه	۵	۵۸۷۰۷**	۰/۰۰۰۱٦۹**	۱٦۳/۷ ns	۰/۰۸٦۵**	۰/۲٦۷**
بی‌کربنات	۲	۵۰۵۷۵**	۰/۰۰۰٦۹۸**	۱٦۵/٦ ns	۰/۳۷۳۹**	۰/۷۹۹**
پایه × بی‌کربنات	۱۰	۳۷٤٤**	۰/۰۰۰۰۸۵**	۱۲۳ ns	۰/۰۱۲۳**	۰/۰۲۲**
خطا	۳٤	۲۲۹	۰/۰۰۰۰۰۵	۱۳۱/٦	۰/۰۰۰٤	۰/۰۰۷
Cv%		٦/۹۲	۱۵/٤۷			

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ٦. مقایسه میانگین اثر بی‌کربنات و نوع پایه بر پارامترهای فیزیولوژیکی پایه‌های مختلف سیب

نوع پایه سیب	تیمار بی‌کربنات	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل b +a	کلروفیل a/b	کاروتنویید
		(میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)				
M7	شاهد (۰)	۱۰/۸۰c	۵/٤٤bc	۱٦/۲٤bc	۱/۹۹abc	٦/۵۵c
	۷/۵	۲/٦۲g	۲/٤۷bcd	۵/۰۹d	۱/۰۷c	۲/۲۱gfe
	۱۵	۲/۲۵g	٤/۰۹bcd	٦/۳٤d	۱/۲۷bc	۱/٤۷g
M9	شاهد (۰)	۱٤/۰۰b	۵/٦۲b	۱۹/٦۲b	۲/۵۰ab	۸/۲۷b
	۷/۵	۸/٦۳d	۳/٤۷bcd	۱۲/۱۰c	۲/۵۰ab	۵/۱٤d
	۱۵	۸/۷۰d	۳/٤۵bcd	۱۲/۱٦c	۲/۵٤a	۵/۱۳d
M25	شاهد (۰)	۸/۷۵d	۳/٦۰bcd	۱۲/۳۵c	۲/٤٤ab	۵/۲۷cd
	۷/۵	٤/۵۰ef	۲/۸٤bcd	۷/۳۵d	۱/٦۱abc	۳/۱۷e
	۱۵	۲/۵٤g	۱/٤٤d	۳/۹۸d	۱/۷٦abc	۱/۵٦g
M26	شاهد (۰)	۱۰/٦٦c	٤/۵٦bcd	۱۵/۲۲c	۲/۳٤ab	٦/٤۲cd
	۷/۵	۵/۰۲e	۲/٤۲bcd	۷/٤٤d	۲/۱۱abc	۳/۰۳ef
	۱۵	۲/۷۰g	۱/٤۸d	٤/۱۸d	۱/۸۷abc	۱/۷۷gf
MM106	شاهد (۰)	٤/۳۵ef	۱/۷۸cd	٦/۱۳d	۲/۵۹a	۲/٤٤gfe
	۷/۵	۲/۸۱g	۱/۳۷d	٤/۱۸d	۲/۰٦abc	۱/٦۸g
	۱۵	۲/۵۳g	۱/۲٤d	۳/۷۷d	۲/۲۱abc	۱/۵۱g
MM111	شاهد (۰)	۱۸/۰۰a	۱۲/۳۸a	۳۰/۳۸a	۱/٤۵abc	۱۲/۵۰a
	۷/۵	٤/٤٦ef	۱/۹۷bcd	٦/٤۳d	۲/۲۸abc	۲/٦۰gfe
	۱۵	۳/۳۱fg	۱/۵۱d	٤/۸۲d	۲/۲۰abc	۲/۰۲gfe

حروف مشترک در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.

ادامه جدول ٦. اثر متقابل پایه و بی‌کربنات بربر پارامترهای فیزیولوژیکی پایه‌های رویشی سیب

نوع پایه سیب	تیمار بی‌کربنات	کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم)	پرولین (میکرو مول بر گرم)	درصد محتوای آب نسبی RWC (%)	نشت یونی اول EL1	نشت یونی دوم EL2
M7	شاهد (۰)	۱۱٦/٦۹ef	۰/۰۱٤e-i	٤۷/۲٦a	۰/۲۲ij	۰/٤۷gh
	۷/۵	۱۹۳/۵۷cd	۰/۰۱۵e-h	٤۸/۱۵a	۰/٤۲efg	۰/۷۸c-f
	۱۵	۲۹۵/۹۵a	۰/۰۱٦d-h	۳۵/۰۷a	۰/٦۵b	۰/۸۷bcd
M9	شاهد (۰)	۲۲۷/۵۸bc	۰/۰۱۷d-g	٤۱/۷۲a	۰/۱۲k	۰/۲۰i
	۷/۵	۲۹۵/۲۰a	۰/۰۱۸c-f	٤۸/۲۹a	۰/۳۸gh	۰/۵۸efg
	۱۵	۲۹٤/۸۹a	۰/۰۲۵bc	۳۸/۱۹a	۰/٤۵def	۰/۷۱c-g
M25	شاهد (۰)	۸۲/۳۳f	۰/۰۰۹hi	۳۹/۷۰a	۰/٤۸de	۰/۸٤b-e
	۷/۵	۹۱/۰۳f	۰/۰۱۱hi	٤۵/۰۲a	۰/٤۹d	۰/۹۳abc
	۱۵	۱۱٤/۸۱ef	۰/۰۱۳f-i	٤۳/۲٦a	۰/۷٦a	۱/۱٦a
M26	شاهد (۰)	۱۵٤/۲۵de	۰/۰۰۰i	٤۹/۰۲a	۰/۳۳h	۰/٦٤d-g
	۷/۵	۲۹٤/۱٤ a	۰/۰۱۵e-h	۵۰/۲۲a	۰/٤۳efg	۰/٦٤d-g
	۱۵	۲۹٦/٤٦a	۰/۰۲۱cd	۵۱/۷۲a	۰/٦۵ b	۱/۰٦ ab
MM106	شاهد (۰)	۳٤/۳٦g	۰/۰۱۲ghi	۵۱/۷٦a	۰/۱۹j	۰/۳۱hi
	۷/۵	۸٤/۳۸f	۰/۰۱۹de	۵٦/۵۳a	۰/۳۳h	۰/۵٦fgh
	۱۵	۱۸۰/۸٤d	۰/۰۳۱b	٤۲/٤۹a	۰/٤۲fg	۰/۸۲b-e
MM111	شاهد (۰)	۲۳۱/۵۱bc	۰/۰۱٤e-i	٦۳/۳۹a	۰/۲٦i	۰/۵٦fgh
	۷/۵	۲٦۷/۹۲ab	۰/۰۱۵e-h	٤۱/۷۹a	۰/٤۹d	۰/۸٤b-e
	۱۵	۲۹۵/۵۹a	۰/۰۳۵a	٤۹/۲۷a	۰/۵۰cd	۰/۹۲abc

حروف مشترک در هر ستون نشان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر کاروتنویید

پایه‌های رویشی سیب

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر بی‌کربنات و اثر پایه‌های و اثرات متقابل بین آن‌ها بر میزان کارتنویید برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است.

مقایسه میانگین (جدول ٦) نشان داد که اثرات متقابل بی‌کربنات و پایه بر کارتنویید معنی‌دار بوده به‌نحوی‌که بالاترین میزان کارتنویید در پایه MM111 در محلول غذایی بدون بی‌کربنات مشاهده شد و پایه M9 در محلول غذایی بدون بی‌کربنات در رتبه بعدی قرار گرفت. کمترین میزان کارتنویید در پایه MM106، M25،M26 و M7 در محلول غذایی با بی‌کربنات ۱۵ میلی‌مولار در لیتر، ثبت شد. پایه M9 در محلول غذایی با بی‌کربنات ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مولار در لیتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که نشان‌دهنده مقاومت این پایه به بی‌کربنات است. با توجه به این‌که همبستگی بسیار بالا و مثبتی بین کارتنویید با میزان فتوسنتز وجود دارد که توجیه‌کننده بالا بودن میزان فتوسنتز در این پایه در خاک‌های آهکی است. در پایه MM106 و M7 همراه با بی‌کربنات ۷/۵ میلی‌مولار در لیتر، نیز کمترین میزان کارتنویید ثبت شد که نشان‌دهنده حساسیت این دو پایه به کلروز است. در یک آزمایش گلدانی در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات و آب آبیاری (۰، ۵، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و ٤٠، ۸۰ و ۱۲۰ روز بعد از آبیاری)، بروز اختلالات تغذیه‌ای در سه رقم نهال سیب را موردبررسی قرار دادند و نتایج حاکی از اثرات معنی‌دار غلظت و زمان و اثر متقابل آن‌ها برشدت سبزینگی برگ بود [٦].

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر کربوهیدرات

طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول ۵، اثر بی‌کربنات و اثر پایه‌های و اثرات متقابل بین آن‌ها بر کربوهیدرات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ٦) نشان می‌دهد که اثرات متقابل نوع پایه و بی‌کربنات بر کربوهیدرات برگ معنی‌دار بوده به‌طوری‌که بیشترین کربوهیدرات برگ در پایه‌های M7، M9، MM111 و M26 در محلول غذایی بی‌کربنات ۱۵ میلی‌مولار در لیتر ثبت شد. کمترین کربوهیدرات برگ در پایه MM106 در تیمار شاهد بدون بی‌کربنات مشاهده شد. دلیل این امر را می‌توان به ساختن و حتی ذخیره قند اشاره نمود که در شرایط تنش به گیاه، اتفاق می‌افتد. در سطوح بالاتر بی‌کربنات، میزان پرولین و قندهای محلول افزایش‌یافته که می‌تواند به‌عنوان نوعی از مکانیسم مقاومت به شرایط تنش ناشی از بی‌کربنات تلقی شود [۱۳].

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر پرولین

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان می‌دهد که پایه‌ها و بی‌کربنات تأثیر بسیار معنی‌داری بر پرولین برگ‌ها داشتند. همچنین اثر متقابل پایه‌های و بی‌کربنات نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. از طرفی نتایج مقایسه میانگین (جدول ٦) نشان می‌دهد که اثرات متقابل نوع پایه و بی‌کربنات بر پرولین برگ معنی‌دار بوده به‌طوری‌که بیشترین پرولین برگ در پایه‌های MM106 و MM111 در محلول غذایی دارای ۱۵ میلی‌مولار در لیتر بی‌کربنات و کمترین میزان پرولین نیز در پایه‌های M25 و M26 در تیمار شاهد بدون بی‌کربنات مشاهده شد. دلیل این امر شاید افزایش میزان پرولین در سطوح بالاتر بی‌کربنات به‌عنوان نوعی از مکانیسم مقاومت به بی‌کربنات بوده است [۷]. ازآنجایی‌که پرولین یک ترکیب آلی است و در ساخت آن نیتروژن وجود دارد [۳]. از طرفی کلروفیل و پرولین هر دو از پیش‌ماده گلوتامات سنتز می‌شوند. شاید

بتوان گفت که در بی‌کربنات که کلروفیل کاهش می‌یابد، سبب شده است تا پیش‌ماده گلوتامات صرف ساختن پرولین بیشتری نسبت به شاهد شود [۸].

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر محتوای آب نسبی

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۵ نشان می‌دهد که پایه و بی‌کربنات و همچنین اثر متقابل پایه‌های و بی‌کربنات بر محتوای آب نسبی معنی‌دار نشده است. بااین‌حال گرچه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بین پایه‌ها و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات و همچنین اثر متقابل پایه‌ها و بی‌کربنات بر محتوای آب نسبی در سطح ۱ درصد مشاهده نمی‌گردد، ولی با افزایش غلظت بی‌کربنات، محتوای آب نسبی کاهش‌یافته و در پایه‌های M26،MM106 و MM111 بیشتری مشاهده بوده است (جدول ٦).

اثر نوع پایه و غلظت بی‌کربنات کلسیم بر نشت یونی

طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول ۵، اثر بی‌کربنات و اثر پایه‌ها و اثرات متقابل بین آن‌ها بر نشت یونی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز در جدول ٦ نشان داد که اثرات متقابل نوع پایه و بی‌کربنات بر نشت یونی برگ معنی‌دار بوده به‌طوری‌که بیشترین نشت یونی برگ در پایه M25 در محلول غذایی با بی‌کربنات ۱۵ میلی‌مولار در لیتر ثبت شد. کمترین نشت یونی برگ در پایه M9 در تیمار شاهد بدون بی‌کربنات مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بی‌کربنات بر روی شاخص‌های رشد رویشی بسیار مؤثر بود. به‌طوری‌که سطوح مختلف بی‌کربنات کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر روی صفات موردمطالعه داشتند. بی‌کربنات کلسیم، خصوصاً غلظت ۱۵ میلی‌مول موجب کاهش ارتفاع نهال، قطر تنه و محتوی کلروفیل، در پایه‌های رویشی سیب شد؛ اما نشت یونی را در پایه‌های رویشی سیب افزایش داد. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نه‌تنها نوع ژنوتیپ (پایه) در افزایش مقاومت پایه‌ها به غلظت‌های بالای بی‌کربنات کلسیم مؤثر است. بلکه پاسخ پایه‌ها به اثر بی‌کربنات بر روی شاخص-های رشد رویشی بسیار متفاوت بود. به‌طوری‌که افزایش غلظت بی‌کربنات سبب کاهش فتوسنتز، کلروفیل و کارایی مصرف آب در پایه‌ها شد بااین‌حال پاسخ پایه‌ها به شاخص‌های فیزیولوژیکی یکسان نبود. درمجموع در این پژوهش‌های M9 و M26 به‌ترتیب، متحمل‌ترین و حساس‌ترین پایه به شرایط قلیایی حاصل از بی‌کربنات کلسیم تشخیص داده شدند. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان در آینده از این پایه‌ها برای احداث باغ‌های جدید و یا جایگزینی در باغ‌های قدیمی به‌ویژه در شرایط خاک‌های آهکی استفاده نمود.

منابع

۱. ایمانی ع (۱۳۸۳) بیولوژی گلدهی میوه‌های معتدله (ترجمه). انتشارات سنا، ٦۷۵ ص.

۲. بختیاری ن. ربیعی و طاهری م. واعظی ع. و تابنده ل (۱۳۹۱) اثر شوری و بی‌کربنات بر رشد رویشی و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نهال‌های زیتون ارقام زرد و آربیکن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد (.M.Sc).

۳. خلدبرین ب. و اسلام زاده ط (مترجمین). (۱۳۸۰). تغذیه معدنی گیاهان عالی. مرکز نشر دانشگاه شیراز، ایران.

٤. خوشخوی م. شیبانی ب. روحانی ا. و تفضلی ع (۱۳۷۹) اصول باغبانی.، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ص ۵۵۲.

۵. دهقانی ف. علایی‌یزدی ف. و ملکوتی م ج (۱۳۸۰) بررسی کیفیت آب آبیاری در استان یزد از دیدگاه اثرات سوء تغذیه‌ای. نشریه فنی ۲۰۶، نشر آموزش کشاورزی، معاونت تات، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

٦. شهابی ع. ا. و ملکوتی، م ج (۱۳۸۰) تأثیر بی‌کربنات آب آبیاری در سبزینگی و غلظت عناصر غذایی در برگ نهال-های ارقام مختلف سیب. مجله علمی پژوهشی خاک و آب (ویژه‌نامه مصرف بهینه کود)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. ۱۲(١٤): ١٦٥-١٥٤،

۷. شهابی ع. ا. و ملکوتی، م ج (۱۳۸۱) نقش بی‌کربنات در بروز ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در درختان میوه. انتشارات معاونت باغبانی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

۸. طاهری م (۱۳۸۸) مطالعه جذب و متابولیسم نیتروژن بر رشد رویشی برخی ارقام زیتون. رساله نامه دکتری علوم باغبانی. دانشکدهٔکشاورزی، دانشگاه تهران.

۹. طباطبایی س.ج، ملکوتی م.ج و بای بوردی ا (۱۳۸٦) اثر شوری کلرید سدیم (NaCl) بر رشد، فتوسنتز و نسبت پتاسیم به سدیم سه‌پایه‌های زیتون. مجله علوم خاک و آب، ۲۱(۱):١٣٤-١٤٣.

۱۰. علایی ش، و تفضلی عا (۱۳۸۸) تأثیر شوری و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (کینیتین و سایکوسل) بر رشد رویشی زیتون.

۱۱. مطلبی‌فرد ر (۱۳۷۹) تأثیر نوع و مقادیر مختلف کود پتاسه و اسیدی کردن آب آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی گل میخک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران.

۱۲. ملکوتی م ج، و همایی م (۱۳۸۳). حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها)، چاپ دوم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران، ایران.

۱۳. ملکوتی م ج، احیایی، م ع و خوش‌خبر ژ (۱۳۷۸) بی‌کربنات آب آبیاری مانعی درراه افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در کشور. نشریه فنی شماره ٦٧. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

۱٤. میرسلیمانی ع، و تفضلی ع (۱۳۸۵) تأثیر pH محلول غذایی برجذب آهن توسط ٤ پایه‌های انگور. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۱.

15. Celik H, Katkat A V and Basar H (2006) Effects of bicarbonate induced chlorosis on selected nutrient content and nutrient ratio of shoots and roots of different maize varieties. Journal Agronmental. 5(2): 369-374.
16. Gucci R, Tattini M and Everard J D (1996) Carbon assimilation and partitioning in olive leaves. Plant Physiology and Biochemistry. 122: S10-S20.
17. Korcak R F (1987) Iron deficiency chlorosis. Horicalture Revew. 9: 133-175.
18. KsouriR, Gharsalli M and Lachaal M (2005) Physiological response of Tunisian grapevine varieties to bicarbonate-induced iron deficiency. Plant Physiology. 162: 335-341.
19. Ksouri R, Debez A Mahmoudi H Ouerghi Z Gharsalli M and Lachaa M (2007) Genotypic variability within Tunisian grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) facing bicarbonate-induced iron deficiency. Plant Physiology and Biochemistry. 45 315-322.
20. Manul DG and Esteban A (2002) Bicarbonate and low iron level increase rot to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. Plant Nutrition. 25: 1021-1032.
21. Mengel K, Planker R and Hoffman B (1994) Relationsip between leaf apoplast pH and Fe chlorosis of sunflowers (*Heliantus annus* L.) Journal Plant Nutrition. 17: 1053-1064.
22. Ruiz J M, Baghour M and Romrs L (2000) Efficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and response of some bioindicators. Journal Plant Nutrition. 23: 1777-1786.
23. Sabır A, Bilir-Ekbic H Erdem H and Tangolar S (2010) Response of four grapevine (*Vitis* spp.) genotypes to direct or bicarbonate-induced iron deficiency. Spanish Journal of Agricultural Research. 8(3): 823-829.
24. Zarib K and Gharsalli M (2002) Effect of bicarbonate on growth and iron nutrition of *pea*. Journal Plant Nutrition. 25 (10): 2143-2149.

Breeding of Agronomic and Horticultural Crop
(Journal of Agriculture, University of Tehran)

Vol. 4 ■ No. 1 ■ Spring & Summer 2016

Study of bicarbonate effects on some of physiological and growths parameters of 6 apple rootstocks

Ali Imani[1*], Mojtaba Salimi[2], Ebrahim Hadavai[2]

1. Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
2. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Received: February 07, 2016 Accepted: April 13, 2016

Abstract

In this research, effects of calcium bicarbonate on some characteristics of M7, M9, M25, M26, MM106 and MM111 rootstocks using factorial experiment based on complete randomized block design with three replications was evaluated during 2012- 2013. Three level of calcium bicarbonate (0, 7.5 and 15 mM) were used on one year old M7,M9, M25,M26,MM106 and MM111 rootstocks grown in perlite: cocopite (1:1) medium. The results showed that the different levels of calcium bicarbonate had deferent effect on studied traits. Calcium bicarbonate, especially 15 mM reduced height, trunk diameter, dry and fresh matter weight, chlorophyll and carotenoid content of rootstock. But increased ion leakage, proline and carbohydrate content in apple vegetative rootstocks. In total, the traits measured showed that M9 and M26 rootstocks were tolerant and susceptible to the high calcium bicarbonate concentrations respectively.

Keywords: Rootstock, bicarbonate, vegetative growth, chlorophyll content, ion leakage

Corresponding author: imania45@yahoo.com