

اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر رشد، عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی خربزه گالیا

سمیه کوکبی^۱، سید جلال طباطبایی^{۲*} و رحیم نقش‌بند حسنی^۳
۱، ۲، ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد تغذیه معدنی گیاهی و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۵ - تاریخ تصویب: ۹۰/۷/۱۰)

چکیده

تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر رشد، عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی خربزه گالیا (*Cucumis melo* var. *reticulatus* L. Naud. cv. *Galia*) رشد یافته در آبکشت مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار (در هر تکرار ۴۸ گیاه) انجام گرفت. بذور خربزه گالیا در کانال‌های حاوی پرلیت و ورمی‌کولیت (به نسبت ۳:۱ V:V) کاشته شده و با نسبت‌های مختلف K/Ca (۴، ۳/۵، ۳، ۲/۵، ۲، ۱/۵) تغذیه گردیدند. عملکرد خربزه و خصوصیات فیزیولوژیکی از جمله شاخص کلروفیل و نترات دمبرگ مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان آزمایش کل گیاهان از بستر خارج شده و خصوصیات رویشی شامل سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که محلول‌های غذایی با نسبت‌های مختلف K/Ca تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر عملکرد خربزه گالیا داشت به طوری که حداکثر عملکرد ۹/۶۵ کیلوگرم در بوته در نسبت ۳ و حداقل ۶/۲۵ کیلوگرم در بوته در نسبت K/Ca برابر ۴ به دست آمد. تأثیر تیمارها بر سطح برگ معنی‌دار شد و حداکثر سطح برگ در نسبت ۳ مشاهده گردید. یک رابطه مثبت ($R^2=0.62$) بین سطح برگ و عملکرد به دست آمد. حداکثر شاخص کلروفیل نیز در نسبت ۳ دیده شد. همچنین تأثیر تیمارها بر وزن تر و خشک برگ‌ها و ساقه‌ها و میزان نترات دمبرگ معنی‌دار بود. تأثیر تیمارها بر درصد مواد جامد محلول (TSS) میوه‌ها معنی‌دار شد و حداکثر TSS در نسبت ۴ مشاهده گردید. به این ترتیب به نظر می‌رسد که نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۳ باعث افزایش رشد، عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی خربزه گالیا گردید بنابراین، تنظیم نسبت K/Ca در محلول غذایی برای حصول حداکثر عملکرد ضروری بنظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، خربزه گالیا، عملکرد، کلسیم، کلروفیل.

مقدمه

ضروری باید به صورت نمک‌های محلول به گیاه داده شود (Tabatabaei, 2009). خربزه گالیا یک میوه فرازگرا است و فاکتورهای اصلی بر کیفیت خوراکی، بافت، طعم و شیرینی آن تأثیر می‌گذارد (Luna-Guzman et al., 1999). خربزه گالیا گوشت سبز و پوست مشبک زرد

تغذیه عناصر معدنی و همچنین شرایط محیطی از جمله نور و دما و رطوبت نسبی از مهمترین عوامل موفقیت در مدیریت و پرورش محصولات گلخانه‌ای می‌باشد. در روش‌های کشت بدون خاک تمامی عناصر

(2005). میوه‌هایی که دارای کلسیم کمتری نسبت به میوه‌های دارای میزان کافی کلسیم هستند، زودتر می‌رسند. میزان کلسیم کم در بافت میوه سبب می‌شود که میوه در طی مدت زمان نگهداری سریع‌تر نرم شود و همچنین اسکالد و عوارض مربوط به دماهای کم و پوسیدگی میوه نیز با سرعت بیشتری پیشرفت کند. این مشکلات همگی ناشی از اثر غیر مستقیم غلظت کم کلسیم است که باعث تسریع رسیدن میوه می‌گردد و دیگر ضایعات را افزایش می‌دهد (Tabatabaei, 2009). با توجه به مطالب مذکور تنظیم نمودن نسبت K/Ca می‌تواند کیفیت و عملکرد را بهبود بخشد و علاوه بر آن بر طعم و سفتی میوه نیز تأثیرگذار است. بنابراین هدف از اجرای آزمایش بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر رشد، عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی خربزه گالیا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی کشت بدون خاک یا آبکشت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. آزمایش به صورت کشت بدون خاک در بستر مخلوطی از پرلیت^۱ و ورمی‌کولیت^۲ (۳:۱ V:V) در کانال‌های بتونی به طول ۳ متر و به تعداد ۶ عدد و به طول ۱/۵ متر و به تعداد ۱۲ عدد (۶ عدد کانال بتونی ۳ متری که برای بالابردن دقت آزمایش از وسط نصف شدند) اعمال شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار (در هر تکرار ۴۸ گیاه) صورت گرفت. تیمارهای آزمایش متشکل از ۶ محلول غذایی با نسبت‌های مختلف K/Ca (۱/۵، ۲، ۳/۵، ۳، ۴) بودند. ترکیب محلول‌های غذایی مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. این محلول‌ها براساس فرمول غذایی هوگلند تهیه شدند. بذور خربزه گالیا در آزمایشگاه تغذیه در داخل پتری‌دیش‌ها جوانه دار شدند به طوری که ابتدا کاغذ صافی دو لایه در داخل پتری‌دیش‌ها خیس‌اندوده شده و پس از قرار دادن بذرها، درون انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته شدند. پس از ۴۸ ساعت بذور

طلائی دارد که بسیار معطر و دارای قند بالایی می‌باشد (Lamb et al., 2003). گالیا در اوایل قرن ۱۹۷۰ برای تولید در شرایط گرم و خشک مناطق بیابانی توسعه یافته بود که به گالیا "desert melons" می‌گفتند. امروزه گالیا را در کشورهای اسپانیا، مراکش، ترکیه، مصر و خاورمیانه پرورش می‌دهند. خربزه گالیا با کیفیت بالا را در مرحله رسیدگی کامل برداشت می‌کنند و مثل همه خربزه‌ها خیلی حساس به بارندگی در طول گلدهی و تشکیل میوه می‌باشد (Rodriguew et al., 2001). عوامل اصلی در دستیابی به عملکرد بهینه و کیفیت بالا در تولید خربزه گالیای رشد یافته در گلخانه با کشت بدون خاک عبارتند از: مدیریت فصل، آبیاری، کوددهی، هرس مناسب و تربیت صحیح گیاهان. (Rodriguew et al., 2001). فراهم نمودن آب و عناصر غذایی در کشت بدون خاک خیلی مهم می‌باشد زیرا کنترل این عوامل در شرایط خاکی مشکل است (Rodriguew et al., 2001). عناصر غذایی از جمله K و Ca از عوامل بسیار مهم در کمیت و کیفیت خربزه شناخته شده‌اند. پتاسیم یک عنصر کیفی شناخته شده برای تنظیم فعالیت آنزیم در گیاهان می‌باشد. پتاسیم شدت فتوسنتز و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به بافت ذخیره‌ای از طریق آوند آبکش را افزایش می‌دهد، به همین دلیل کیفیت میوه و عملکرد بهبود می‌یابد (Lin et al., 2004). از طرف دیگر، کلسیم نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند همچنین فرآیند پیری را در میوه‌ها و سبزی‌ها به تأخیر می‌اندازد (Torre et al., 2001). کلسیم یک عنصر ضروری در تقسیم سلولی، طولی شدن، و رشد میوه می‌باشد، به علاوه اثر مثبتی بر کیفیت میوه مثل افزایش انبارداری، ویتامین‌ت و سفتی بافت میوه دارد (Bernadac et al., 1996). اثر کلرید کلسیم بر سفتی میوه را می‌توان با دلایل: (۱) تشکیل کمپلکس یون‌های کلسیم با دیواره سلولی و پکتین تیغه میانی؛ (۲) ایجاد غشاء سلولی توسط یون‌های کلسیم؛ (۳) اثر کلسیم بر فشار تورژسانس سلولی توضیح داد (Luna-Guzman & Barrett, 2000). کلسیم در گیاهان بیشتر به عنوان تشکیل‌دهنده لایه میانی دیواره‌های سلولی، یک کوفاکتور برای آنزیم‌های فعال در هیدرولیز ATP و فسفولیپیدها مورد بحث قرار می‌گیرد (Kafi et al.,

1. Perlite

2. Vermiculite

گیاهان با قطره‌چکان‌هایی با آبدهی چهار لیتر در ساعت و با زمان‌سنج‌های ویژه‌ای انجام گرفت. خربزه گالیا رشد یافته در گلخانه نیاز به هرس شدیدی دارد، زیرا هرس کم باعث رشد رویشی زیاد گیاه شده و تشکیل میوه را کاهش می‌دهد. بنابراین، همه شاخه‌های جانبی را تا گره هشتم از ساقه اصلی حذف کرده و سپس بعد از گره هشتم از هر شاخه جانبی که در اولین گره یک میوه به اندازه توپ گلف (قطر توپ گلف ۴/۲۷ سانتی‌متر) تشکیل شد را نگه داشته و بقیه شاخه را حذف نمودیم. و سپس این میوه‌ها را به دلیل سنگینی وزن روی بوته در داخل توری‌های پلاستیکی قرار داده و از سقف آویزان شدند (Lamb et al., 2003) (شکل ۱).

جوانه دار شده در اواخر اردیبهشت به صورت مستقیم در محیط کشت اصلی کاشته شدند. میانگین دمای روزانه گلخانه 28 ± 3 و دمای شبانه 22 ± 3 درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. محیط گلخانه نیز با رطوبت نسبی $5 \pm 65\%$ و شدت نور تقریباً $500 \mu\text{mol}^{-2}\text{S}^{-1}$ تنظیم شد. در ابتدا روزانه به میزان ۳۰۰ میلی‌لیتر به هر گیاه محلول داده شد و در زمان اوج باردهی این میزان روزانه به ۱۵۰۰-۱۰۰۰ میلی‌لیتر افزایش داده شد. pH محلول‌ها در محدوده ۶/۵ با تزریق اسید نیتریک تنظیم گردید و EC محلول‌های غذایی به طور مداوم اندازه‌گیری شده و هر هفته آبشویی بستر به منظور اجتناب از بالا رفتن pH بستر و تجمع نمک صورت گرفت. محلول‌رسانی به



شکل ۱- نمایی از گیاهان کشت شده خربزه گالیا

آزمایش گیاه از سطح بستر (تقریباً یقه) تا جوانه انتهایی با سانتی متر پارچه ای اندازه‌گیری شده و تعداد برگ‌ها شمارش شد. گیاه از سطح بستر (تقریباً یقه) تا جوانه انتهایی کف بر شده و سپس وزن تر و وزن خشک برگ و شاخساره محاسبه گردید. سطح برگ‌های گیاهان با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (Li-Cor, Model Li-1300, USA) اندازه گرفته شد که به این منظور در انتهای آزمایش دو گیاه از هر تیمار انتخاب و از سطح بستر بریده شدند. برگ‌های گیاه از ساقه جدا و همچنین دمبرگ آنها نیز جدا شد. غلظت نیترات دمبرگ‌های تازه برگ‌ها با استفاده از دستگاه نیترات‌سنج (Horiba, Japan) به دست آمد. مواد جامد محلول (TSS) با رفاکتومتر اندازه‌گیری شد برای این منظور چند قطره از آب قسمت میانی میوه مربوط به هر تیمار در روی صفحه شیشه ای قرار داده شد و پس از بستن درب آن را به طرف نور

گرده‌افشانی دو هفته بعد از کاشتن گیاه با قلم مو به طور دستی انجام شد. میوه‌ها پس از رسیدگی فیزیولوژیکی زمانی که رنگشان زرد طلایی شد برداشت و وزن آنها جداگانه برای هر بوته برای ارزیابی عملکرد توزین گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک میوه‌ها نیز از هر تیمار دو میوه انتخاب شده و پس از محاسبه وزن تر، میوه‌ها نصف شده و داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان تثبیت شدن وزن خشک نمونه‌ها قرار داده شدند. همچنین در این آزمایش پس از رشد کامل برگ‌ها و رسیدن گیاه به مرحله‌ی گلدهی میزان کلروفیل موجود در برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD 502, Minolta, Japan) حدود ۱۵-۱۰ بار برای هر گیاه اندازه‌گیری شده و میانگین آنها به عنوان شاخصی از میزان کلروفیل گیاهان هر تیمار یادداشت شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه در انتهای

استفاده از نرم‌افزار Microsoft Office Excel 2007 رسم گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر محلول‌های غذایی با نسبت‌های مختلف K/Ca بر رشد، عملکرد، خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی معنی‌دار بود (جدول ۲). حداکثر عملکرد در نسبت ۳ دیده شد که میانگین وزن کل میوه‌های یک بوته ۹/۶۵ کیلوگرم بود و این مقدار نسبت به تیمارهای دیگر ۵۴/۴ درصد بیشتر بود. عملکرد نسبت‌های دیگر K/Ca کمتر از نسبت ۳ بودند

گرفته و عدد مورد نظر که با خط آبی رنگ مشخص می‌شد، قرائت گردید. برای اندازه‌گیری pH و EC میوه‌ها از پالپ قسمت‌های میانی میوه‌ها به میزان ۱۰ میلی‌لیتر (۱۰ گرم) برداشته شد و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده. بعد با استفاده از دستگاه pH متر و EC متر پارامترها سنجیده شدند (Tabatabaei, 2009). پتاسیم میوه و برگ با روش نشر شعله ای اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های فوق با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه آماری و میانگین‌های به دست آمده با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. نمودارها نیز با

جدول ۱- غلظت عناصر برحسب $mg\ l^{-1}$ در محلول‌های غذایی مورد مطالعه

تیمارهای K/Ca						عناصر غذایی
T _۶ (۴)	T _۵ (۳/۵)	T _۴ (۳)	T _۳ (۲/۵)	T _۲ (۲)	T _۱ (۱/۵)	
۱۵۸/۰	۱۵۸/۰	۱۵۸/۰	۱۵۷/۰	۱۵۷/۰	۱۵۸/۰	N
۲۰۰/۰	۲۰۰/۰	۲۰۰/۰	۱۵۰/۰	۱۵۰/۰	۱۵۰/۰	K
۵۰/۰	۵۶/۰	۶۶/۰	۶۲/۰	۷۵/۰	۱۰۰/۰	Ca
۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	۲۲/۷	P
۵۱/۰	۵۱/۰	۵۱/۰	۴۶/۰	۴۹/۰	۴۶/۰	S
۲۵/۰	۲۵/۰	۲۵/۰	۲۵/۰	۲۵/۰	۲۵/۰	Mg
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	Fe
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	B
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	Mn
۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	Zn
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	Cu
۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	Mo

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و خصوصیات رویشی، فیزیولوژیکی و کیفی خربزه گالیبا

میانگین مربعات (صفات)						درجه آزادی	منابع تغییر
وزن خشک برگ (%)	وزن خشک برگ	وزن تر برگ	طول میانگره	تعداد گره	ارتفاع		
۳/۴۲**	۹۱/۸۹**	۲۱۴۴/۰۹**	۰/۵۷**	۶/۹۳*	۲۳۶۱/۳۴**	۲۶۶۱۳۳۴/۳۷**	نسبت K/Ca

ادامه جدول ۲-

میانگین مربعات (صفات)						درجه آزادی	منابع تغییر
وزن خشک میوه (%)	وزن خشک میوه	وزن تر میوه	وزن خشک ساقه (%)	وزن خشک ساقه	وزن تر ساقه		
۱/۳۴**	۷۹/۵۹**	۱۹۷۰/۰۱**	۰/۴۱**	۲۵/۴۴**	۳۷۴۱/۵۲*	۱۰۹۷۳۰۹/۹۵**	نسبت K/Ca

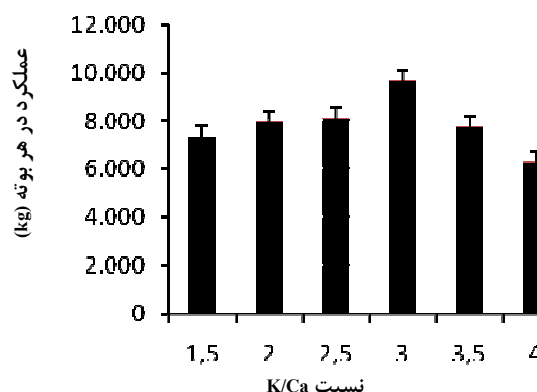
ادامه جدول ۲-

میانگین مربعات (صفات)						درجه آزادی	منابع تغییر
pH میوه	EC میوه	TSS میوه	پتاسیم میوه	پتاسیم برگ	شاخص کلروفیل		
۰/۰۲*	۰/۰۰۲ ^{ns}	۳/۱۲**	۱۱۶/۴۷*	۷۲۲/۰۴**	۴/۵۷*	۷۳۳۸۸۸/۸۹**	نسبت K/Ca

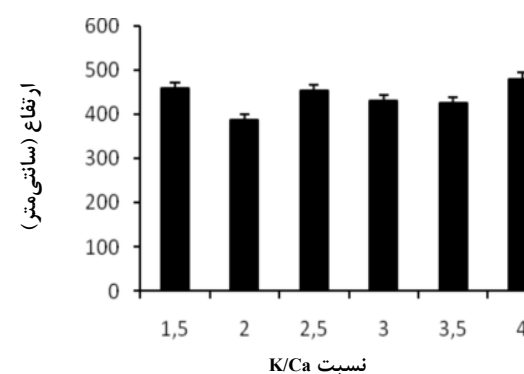
** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی‌داری.

که در نسبت متوسط K/Ca بیشترین ارتفاع در گل‌های رز گلدانی به دست آمد. تیمار نسبت‌های مختلف K/Ca روی تعداد گره و طول میان گره نیز معنی‌دار بود. صفت تعداد گره بین نسبت‌های ۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ تفاوت معنی‌داری نشان نداد، در عوض تفاوت نسبت ۲ با نسبت ۴ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نسبت‌های ۱/۵، ۲/۵، ۴ بیشترین میزان طول میان گره را داشتند که با بقیه نسبت‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان دادند. افزایش تعداد گره و طول میان‌گره باعث افزایش ارتفاع بوته نیز شده است. نسبت‌های مختلف K/Ca تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ داشتند. حداکثر سطح برگ در نسبت ۳ دیده شد (شکل ۴). پتاسیم باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها و افزایش فشار تورژسانس می‌شود که این باعث افزایش سطح برگ می‌شود (Maathutis & Sanders, 1996). فشار اسمزی با تجمع پتاسیم در سلول باعث توسعه سلول و برگ می‌شود (Elumalai et al., 2002). کمبود کلسیم در فرآیندهای فتوسنتز دخالت می‌کند که در نتیجه باعث کاهش کارایی کربوکسیلاسیون و فتوسنتز می‌شود که منجر به کاهش قابل توجهی در تولید زیست‌توده گیاهان می‌شود (Alarcon et al., 1999). سطح برگ یکی از خصوصیات بسیار مهم در رشد گیاه می‌باشد به طوری که هر چقدر سطح برگ افزایش یابد، مقدار فتوسنتز یا همان ماده‌سازی افزایش می‌یابد. از آنجا که فتوسنتز در کلروپلاست‌ها صورت می‌گیرد، علاوه بر شکل ساختمانی برگ، میزان فشردگی دیواره تیلاکوئید، حرکت کلروپلاست در داخل سلول‌ها و افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ به جذب حداکثر نور و بالارفتن میزان فتوسنتز کمک می‌کند (Kafi et al., 2005) که به دنبال آن شاهد ماده‌سازی بیشتر و بالارفتن میزان ماده خشک گیاهی می‌گردد. در این آزمایش هم نسبت ۳ که بیشترین سطح برگ را داشت، مقدار عملکرد بالایی را نشان داد. کلروفیل برگ‌های بالغ با استفاده از انرژی نور (محدوده ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) طی فرایند فتوسنتز مولکول‌های غیرآلی (بیشتر CO₂، فسفات، نیترا و آمونیوم) را به مولکول‌های ساده زیستی (از قبیل تریوز فسفات و آمینواسیدها) تبدیل می‌کند که آنها نیز به نوبه

که با همدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (شکل ۲). در آزمایشی که توسط Rodriguew et al. (2001) انجام شد، عملکرد خربزه گالیا ۷/۵-۸/۷ میوه برای هر بوته به دست آمده بود، که عملکرد بازارپسندی بین ۱۰/۱-۱۱/۷ کیلوگرم در بوته بود که این در شرایط کشت خاکی ۲/۰۵ کیلوگرم در بوته می‌باشد.

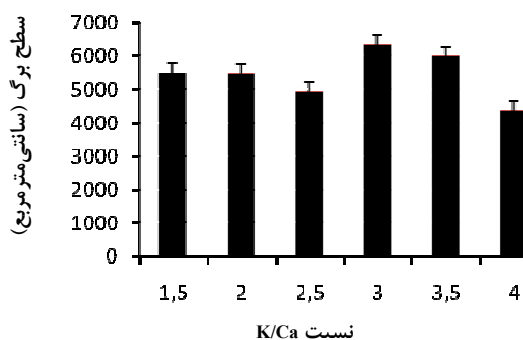


شکل ۲- تأثیر نسبت K/Ca بر عملکرد در هر بوته خربزه گالیا

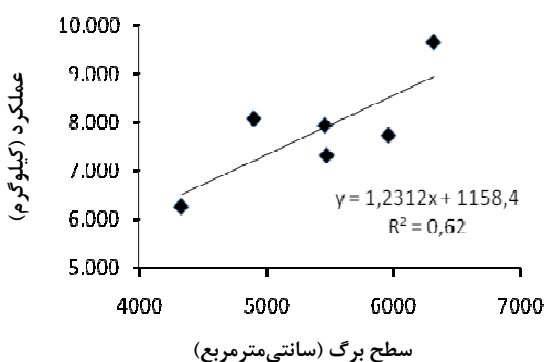


شکل ۳- تأثیر نسبت K/Ca بر صفت ارتفاع بوته خربزه گالیا

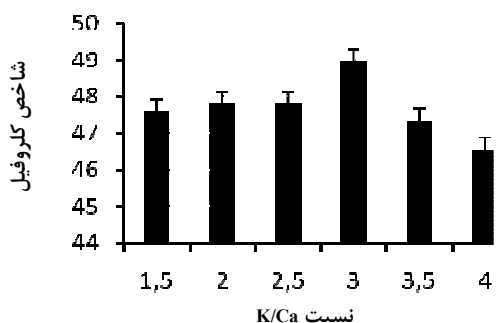
تأثیر محلول‌های غذایی با نسبت‌های مختلف K/Ca بر خصوصیات رویشی گیاهان نیز معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع در نسبت‌های ۱/۵ و ۴ دیده شد و کمترین مقدار در نسبت ۲ بود که با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (شکل ۳). Torre et al. (2001) گزارش کردند که کاربرد نسبت بالای K/Ca در رزها باعث طویل شدن دمگلچه شده بود که با یافته‌های Dela Guardia & Bennloch (1980) مطابقت دارد. همچنین Mortensen et al. (2001) بیان داشتند



شکل ۴- تأثیر نسبت K/Ca بر صفت سطح برگ خربزه گالیا



شکل ۵- رابطه بین سطح برگ با عملکرد در یک بوته



شکل ۶- تأثیر نسبت K/Ca بر شاخص کلروفیل خربزه گالیا

خود در فرآیند فتوسنتز با تشکیل مولکول‌های زیستی پیچیده‌تر (از قبیل ساکاریدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها) که برای فرایند رشد ضروری هستند مصرف می‌شوند (Pessarakli, 2002). همچنین در این آزمایش بین صفت سطح برگ با میزان عملکرد همبستگی نسبتاً قوی ($R^2=0/62$) مشاهده گردید (شکل ۵).

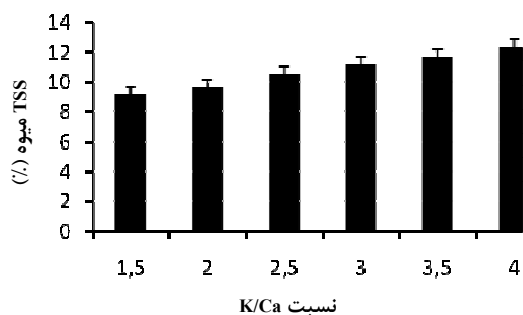
تأثیر نسبت‌های مختلف K/Ca بر شاخص کلروفیل معنی‌دار شد و حداکثر شاخص کلروفیل در نسبت ۳ و حداقل در نسبت ۴ مشاهده گردید (شکل ۶). کاربرد کلرید کلسیم نسبت به کلرید منیزیم و پتاسیم با حفظ درصد کلروفیل کل باعث تأخیر پیری در دیسک‌های میوه خربزه شده است (Lester, 1996). همین نتایج در دیسک‌های برگ کلم پیچ نیز یافت شد. نتایج این آزمایش با یافته‌های Cheour et al. (1992) مطابقت دارد. مقدار کلسیم کم در برگ‌ها، پیری و تخریب کلروفیل را تسریع می‌کند که در نتیجه باعث نکروزه شدن بافت شده بود که این نتایج با یافته‌های (Pooviah & Leopold, 1973; Torre et al., 2001) Zhao et al. (1987) Pier & Berkowitz (1969) و Szczerba et al. (2008) گزارش کردند که پتاسیم نقش مهمی در فرآیندهای بیوشیمیایی و بیوفیزیکی در گیاه دارد. پتاسیم باعث حفظ فتوسنتز شده و کمبود پتاسیم فعالیت فتوسنتز، غلظت کلروفیل و انتقال کربن تثبیت شده را کاهش می‌دهد. Malakouti (1999) بیان کرد که پتاسیم غلظت کلروفیل را افزایش می‌دهد و عمل کربن‌گیری را بیشتر می‌نماید.

جدول ۳- تأثیر نسبت K/Ca بر تعداد گره، طول میانگره، pH میوه، EC میوه، وزن تر و خشک برگ، % وزن خشک برگ خربزه گالیا

نسبت K/Ca	تعداد گره	طول میانگره (cm)	pH میوه	EC میوه (ms)	وزن تر برگ ($g\ plant^{-1}$)	وزن خشک برگ ($g\ plant^{-1}$)	% وزن خشک برگ
۱/۵	۴۲/۰ ab	۱۰/۸۸ a	۶/۵۴ ab	۰/۷۸ b	۲۸۶/۴ b	۳۶/۴۳ b	۱۲/۷۶ c
۲	۳۹/۳۳ c	۹/۸ c	۶/۶ ab	۰/۸۵ a	۲۷۹/۲۷ b	۴۳/۰۶ a	۱۵/۴۱ a
۲/۵	۴۲/۳۳ ab	۱۰/۶۹ a	۶/۵۸ ab	۰/۷۹ ab	۲۳۷/۴۵ c	۲۹/۴۱ c	۱۲/۳۸ cd
۳	۴۱/۶۷ bc	۱۰/۲۶ b	۶/۶۳ a	۰/۸۳ ab	۳۲۴/۰ a	۴۴/۶ a	۱۳/۷۶ b
۳/۵	۴۲/۶۷ ab	۹/۸۷ c	۶/۶۸ a	۰/۸۱ ab	۲۷۵/۰۶ b	۳۴/۶۸ b	۱۲/۶ cd
۴	۴۴/۶۷ a	۱۰/۶۸ a	۶/۴۴ b	۰/۷۷ b	۲۴۷/۳ c	۲۹/۵۸ c	۱۱/۹۶ d

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال تعیین شده می‌باشند.

(جدول ۴). درصد وزن خشک میوه تفاوت معنی‌داری را نشان داد به صورتی که نسبت ۴ بیشترین میزان وزن خشک را دارا بود و نسبت ۱/۵ کمترین میزان درصد وزن خشک میوه را داشت (جدول ۴). در آزمایشی که Alarcon et al. (1997) انجام دادند درصد ماده خشک میوه ۶/۹٪ بود که با آزمایش ما مطابقت دارد. میزان نیترات دمبرگ نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. به طوری که با افزایش نسبت K/Ca، نیترات دمبرگ افزایش یافت (جدول ۴). پتاسیم نقش مهمی را به عنوان یون همراه برای جابجایی نیترات در آوندهای چوبی ایفا می‌کند. بعد از احیای نیترات در شاخساره لازم است تا تعادل باری به وسیله افزایش در مقادیر آنیون‌های اسیدهای آلی برقرار گردد (Marschner, 1995). He et al. (1999) گزارش کردند که فراهم شدن NO_3^- بالا در گوجه‌فرنگی رشد یافته در هایدروپونیک باعث افزایش غلظت پتاسیم و کاهش کلسیم و منیزیم می‌شود که با آزمایش ما مطابقت دارد. تأثیر محلول‌های غذایی با نسبت‌های مختلف K/Ca روی خصوصیات کیفی میوه نیز معنی‌دار شد. بیشترین درصد مواد جامد محلول (TSS) میوه در نسبت ۴ دیده شد و کمترین مقدار در نسبت‌های ۱/۵ و ۲ مشاهده شدند که با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (شکل ۷).

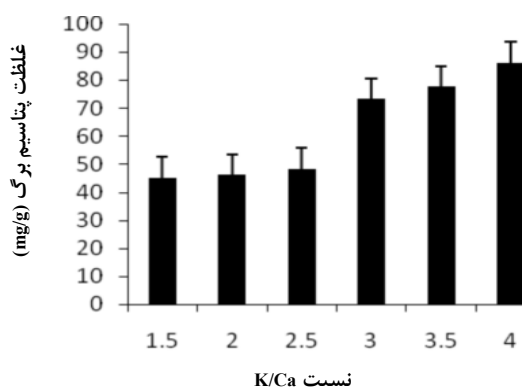


شکل ۷- تأثیر نسبت K/Ca بر مواد جامد محلول خربزه گالیا

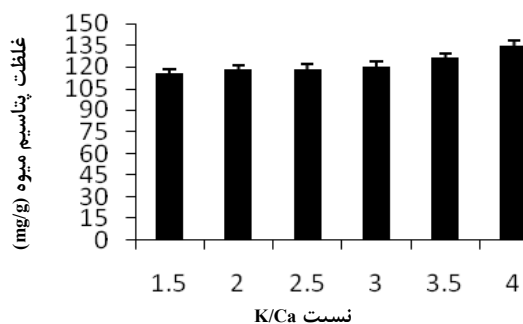
Zhao et al. (2001) گزارش کردند تجمع ساکاروز در میوه رسیده با فعالیت آنزیم‌هایی مثل اینورتاز که ساکاروز را متابولیزه می‌کنند ارتباط دارد. در این آزمایش نیز افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم باعث افزایش تجمع مواد جامد محلول در میوه شد که ممکن

وزن تر و خشک برگ در بین تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان دادند. بیشترین وزن تر و خشک برگ در نسبت ۳ دیده شد (جدول ۳). درصد وزن خشک برگ تفاوت معنی‌داری را نشان داد به صورتی که نسبت ۲ بیشترین میزان وزن خشک را دارا بود و نسبت ۴ کمترین میزان درصد وزن خشک برگ را داشت (جدول ۳). صفت وزن تر و خشک ساقه در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد که به ترتیب بیشترین مقدار در نسبت ۱/۵ و ۳ دیده شد (جدول ۴). نسبت ۳ K/Ca میزان درصد وزن خشک ساقه بیشتری را در مقایسه با نسبت‌های دیگر داشته که این صفت بسیار معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۴). ممکنست کاربرد نسبت بهینه پتاسیم به کلسیم باعث افزایش حجم کلروپلاست و در نتیجه افزایش کلروفیل شود و در نتیجه باعث افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه و درصد وزن خشک برگ و ساقه گردد. Torre et al. (2001) گزارش کردند که با افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم وزن تر ریشه و شاخساره گل‌های رز افزایش یافته است. Subbarao et al. (1990) و Caines & Shennan (1999) گزارش کردند که وزن خشک شاخساره در تیمار کلسیم با افزایش غلظت کلسیم به طور معنی‌داری در گوجه‌فرنگی افزایش یافته بود، زیرا کلسیم کم در بافت از رشد بهتر شاخساره جلوگیری می‌کند و این رشد بهتر به کلسیم محلول در بافت برگ ارتباط دارد زیرا غلظت کم کلسیم باعث از بین رفتن ثبات غشا و منجر به نشت بافت و شکسته شدن باندهای دیواره سلولی می‌شود. کلسیم نقش مهمی در رشد، تراکم و طول شدن ریشه‌های موئین گیاه داشته و بدین جهت در جذب عناصر غذایی از طریق ریشه‌ها تأثیرگذار می‌باشد. جذب کلسیم توسط ریشه به شدت تعرق گیاه، غلظت نمک‌های محلول (مخصوصاً سدیم) و غلظت رقابت آمیز یونهای مثبت مثل K^+ ، NH_4^+ ، H^+ و Al^{3+} که توسط ریشه به سرعت جذب می‌شوند و به شرایط محیطی مثل دمای محیط ریشه بستگی دارد (Alarcon et al., 1999). وزن تر و خشک میوه در بین تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان دادند. بیشترین وزن تر و خشک میوه به ترتیب در نسبت ۳ و ۴ دیده شد

مقدار پتاسیم برگ می شود.



شکل ۸- تأثیر نسبت K/Ca بر غلظت پتاسیم برگ خربزه گالیا



شکل ۹- تأثیر نسبت K/Ca بر غلظت پتاسیم میوه خربزه گالیا

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که تنظیم نسبت K/Ca برابر ۳ در محلول غذایی برای حصول به کیفیت مناسب و رسیدن به عملکرد بهینه مناسب می‌باشد.

است به فعالیت این آنزیم و تشکیل ATP مرتبط باشد. Bar-Yosef (1996) نشان داد که افزایش در غلظت پتاسیم برگ تولید ماده خشک را در طالبی‌های رشد یافته در گلخانه افزایش می‌دهد. Ming et al. (1996)، Souza & Souza (1998) و Panagiotopoulos et al. (2001) بیان کردند که تغییر در مواد جامد محلول ارتباط مستقیمی با پتاسیم موجود در خربزه دارد. pH و EC میوه‌ها نیز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۳). غلظت پتاسیم در میوه و برگ نیز به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و با افزایش نسبت K/Ca غلظت پتاسیم در میوه و برگ‌ها افزایش یافت (شکل‌های ۸ و ۹). Mengel (1991) بیان کرد که مقدار پتاسیم در گیاه شدیداً تحت تأثیر تغذیه با پتاسیم قرار دارد و این مقدار در گیاهانی که کمبود دارند، کم است و غلظت آن در قسمت‌های سبز گیاه اغلب زیر ۱۵ mg/kg ماده خشک می‌باشد. Paiva et al. (1998) گزارش کردند که سطوح پتاسیم در میوه‌های گوجه‌فرنگی رشد یافته در هیدروپونیک با افزایش غلظت کلسیم در محلول‌های غذایی کاهش یافته بود. کاهش غلظت پتاسیم میوه به اثر رقابتی کلسیم برای جایگاه جذبی در گیاه نسبت داده می‌شود. چون پتاسیم روی سنتز کارتنوئید و لیکوپن تأثیر دارد به همین دلیل تولید این رنگدانه‌ها کاهش یافته بود. Gunes et al. (1998) بیان کردند که غلظت پتاسیم گیاه گوجه‌فرنگی با بالا رفتن غلظت پتاسیم در محیط کشت افزایش می‌یابد. Hochmuth et al. (1993) در مطالعاتشان در پاسخ بادمجان به کوددهی پتاسیم گزارش کردند که افزایش کود پتاسیم باعث افزایش

جدول ۴- تأثیر نسبت K/Ca بر نیتрат دمبرگ، وزن تر و خشک ساقه و میوه، % وزن خشک ساقه و میوه خربزه گالیا

نسبت K/Ca	نیترات دمبرگ (mg l^{-1})	وزن تر ساقه (g plant^{-1})	وزن خشک ساقه (g plant^{-1})	% وزن خشک ساقه	وزن تر میوه* (g)	وزن خشک میوه (g)	% وزن خشک میوه
۱/۵	۸۱۰۰/۰c	۶۰۵/۹۲a	۳۸/۵۵ab	۶/۳۶bc	۱۲۱۳/۱۶d	۷۴/۱۲d	۱۲/۲d
۲	۸۹۰۰/۰b	۴۸۳/۸c	۳۲/۳c	۶/۶۸b	۱۳۵۳/۳۴ab	۹۳/۱۴b	۱۳/۷۶b
۲/۵	۹۱۰۰/۰b	۵۳۵/۸۵b	۳۲/۹۶c	۶/۱۶c	۱۳۵۳/۳۴ab	۹۳/۱۴b	۱۳/۷۶b
۳	۹۵۰۰/۰a	۵۵۹/۶۸b	۴۰/۶۸a	۷/۲۶a	۱۳۷۴/۶۶a	۹۰/۸۶b	۱۳/۲۲c
۳/۵	۹۶۶۶/۷a	۵۴۷/۸۷b	۳۳/۲۹c	۶/۰۷c	۱۲۷۹/۰c	۸۵/۰c	۱۳/۲۸bc
۴	۹۵۰۰/۰a	۵۷۷/۶۵ab	۳۶/۸۵b	۶/۳۸bc	۱۳۲۱/۳۴b	۱۱۱/۲a	۱۶/۸۲a

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال تعیین شده می‌باشند.

* وزن میوه بدون قسمت بذور

REFERENCES

1. Alarcon, A. L., Madrid, R., Egea, C. & Guillen, I. (1999). Calcium deficiency provoked by the application of different forms and concentrations of Ca^{+2} to soilless cultivated muskmelons. *Scientia Horticulturae*, 81, 89-102.
2. Alarcon, A. L., Madrid, R., Egea, C. & Rincon, L. (1997). Respuesta del melon Galia (cv. Revigal). Sobre lana roca, a diferentes aguas de riego y zonas de cultivo. *Actas de Horticultura*, 16, 91-97.
3. Bar-Yosef, B. (1996). Greenhouse muskmelon response to K concentration in water and irrigation rate. In: Proceedings of the 9th international congress on soilless culture, St. Helier, New Jersey, Channel Islands, April 12-19, 35-50; Wageningen, Netherlands: International Society for Soilless Culture (ISOSC).
4. Bernadac, A., Baptiste, I. J., Bertoni, G. & Morard, P. (1996). Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. *Scientia Horticulturae*, 66, 181-189.
5. Caines, A. M. & Shennan, C. (1999). Growth and nutrient composition of Ca^{2+} use efficient and Ca^{2+} use inefficient genotypes of tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 37, 559-567.
6. Cheour, F., Arul, J., Makhlof, J. & Willemont, C. (1992). Delay of membrane lipid degradation by calcium treatment during cabbage leaf senescence. *Journal of Plant Physiology*, 100, 1656-1660.
7. De la Guardia, M. D. & Bennloch, M. (1980). Effect of potassium and gibberellic acid on stem growth of whole sunflower plants. *Journal of Plant Physiology*, 49, 443-448.
8. Elumalai, R. P., Nagpal, P. & Reed, J. W. (2002). A mutation in the Arabidopsis KT2/KUP2 potassium transporter gene affects shoot cell expansion. *Plant, Cell & Environment*, 14, 119-131.
9. Gunes, A., Alpaslan, M. & Inal, A. (1998). Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants. *Journal of Plant Nutrition*, 21(10), 2035-2047.
10. Hart, C. E. (1969). Effects of potassium deficiency upon translocation of sugarcane. *Journal of Plant Physiology*, 44, 1461-9.
11. He, Y., Terabayashi, S., Asaka, T. & Namiki, T. (1999). Effect of restricted supply of nitrate on fruit growth and nutrient concentrations in the petiole sap of tomato cultured hydroponically. *Journal of Plant Nutrition*, 22(4&5), 799-811.
12. Hochmuth, G. J., Hochmuth, R. C. & Donley, M. E. (1993). Eggplant yield in response to potassium fertilization on sandy soil. *Scientia Horticulturae*, 28(10), 1002-1005.
13. Kafi, M., Lahuti, A., Sharifi, M. & Goldani, M. (2005). Plant Physiology, Jahad Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran. Pp. 350. (In Farsi).
14. Lamb, E. M., Shaw, N. L. & Cantliffe, J. (2003). Galia muskmelon: evaluation for Florida greenhouse production. *Institute of Food Agricultural Science Publications*, 919, 1-5.
15. Lester, G. (1996). Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. *Postharvest Biology and Technology*, 7, 91-96.
16. Lin, D., Huang, D. & Wang, S. (2004). Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. *Scientia Horticulturae*, 102, 53-60.
17. Luna-Guzman, I. & Barrett, D. M. (2000). Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*, 19, 61-72.
18. Luna-Guzman, I., Cantwell, M. & Barrett, D. M. (1999). Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl_2 dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 201-213.
19. Maathuis, F. J. M. & Sanders, D. (1996). Sodium uptake in Arabidopsis roots is regulated by cyclic nucleotids. *Journal of Plant Physiology*, 127, 1617-25.
20. Malakouti, M. J. (1999). Sustainable Agriculture using balanced fertilization in Iran, Nashre Amozesh Keshavarzi Publication. Pp. 300. (In Farsi).
21. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plant*. Academic press, London.
22. Mengel, K. (1991). *Ernahrung und stoffwechsel der pflanze*. Academic Press, Giessen.
23. Ming, W. Y., Wyllie, S. G., Leach, D. N. & Wangm, Y. M. (1996). Chemical change during the development and ripening of the fruit of *Cucumis melo* (cv. Makdimon). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 210-216.
24. Mortensen, L. M., Ottosen, C. O. & Gislerod, H. R. (2001). Effects of air humidity and K: Ca ratio on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. *Scientia Horticulturae*, 90, 131-141.
25. Paiva, E. A. S., Sampaio, R. A. & Martinez, H. E. P. (1998). Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, 21(12), 2653-2661.
26. Panagiotopoulos, L., Rahn, C. & Fink, M. (2001). Effects of nitrogen fertigation on growth, yield, quality and leaf nutrient composition of melon (*Cucumis melo* L.). *Acta Horticulturae*, 563, 15-121.

27. Pessaraki, M. (2002). *Handbook of plant and crop physiology*. The University of Arizona. 270 Madison Avenue, New York, NY 10016.
28. Pier, P. A. & Berkowitz, G. A. (1987) Modulation of water-stress effects on photosynthesis by altered leaf K^+ . *Journal of Plant Physiology*, 85, 655-61.
29. Poovaiah, B. W. & Leopold, A. C. (1973). Deferral of leaf senescence with Ca. *Plant Physiology*, 52, 236-239.
30. Rodrigue, J. C., Shaw, N. & Cantliffe, D. J. (2001). Production of galia-type muskmelon using a passive ventilated greenhouse and soilless culture. University of Florida, Gainesville, FL 32611 USA.
31. Souza, V. F. & Souza, A. P. (1998). Effects of frequency of application of N and K by trickle irrigation in melon (*Cucumis melo*). *Engenharia-Agricola*, 17(3), 36-45.
32. Subbarao, G. B., Johansen, C., Jana M. K. & Kumar Rao, J. (1990). Physiological basis of differences in salinity tolerance of pigeonpea and its related wild species. *Journal of Plant Physiology*, 137, 64-71.
33. Szczerba, M. W., Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2008). K^+ transport in plants: *Physiology and Molecular Biology*, 166, 447-466.
34. Tabatabaei, S. J. (2009). *Principles of mineral nutrition of plants*. Authors Publication, Tabriz, Iran. Pp. 389. (In Farsi).
35. Torre, S., Fjeld, T. & Gislerod, H. R. (2001). Effect of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. *Scientia Horticulturae*, 90, 291-304.
36. Zhao, D., Oosterhuis, D. M. & Bednarz, C. W. (2001). Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. *Photosynthetica*, 39, 103-9.