



تأثیر استفاده از زئولیت خام و زئولیت غنی شده با NH_4 بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه فرنگی در شرایط کاهش نیتروژن و کشت بدون خاک

آزاده اسفندیاری^{۱*} - تکتّم سادات تقوی^۲ - مصباح بالار^۳ - مجتبی دلشاد^۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱۳

تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۱۵

چکیده

به منظور مطالعه اثر بستر زئولیت در مقایسه با پرلیت بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Beril) در کشت هیدروپونیک، بسترهای متفاوت پرلیت، مخلوط حجمی زئولیت غنی شده با آمونیوم به همراه پرلیت و زئولیت خام و پرلیت (۹۰۷_p / ۱۰۷_z) به صورت کرت خرد شده و طرح بلوک کاملاً تصادفی با دو محلول غذایی (محلول غذایی با فرمول کامل و محلول غذایی با ۳۰٪ کاهش نیتروژن) مورد بررسی قرار گرفتند. در طول دوره رشد صفات کمی و کیفی میوه مورد ارزیابی قرار گرفتند و مشخص شد که وزن میوه ها، طول آنها و درصد اسیدیته با کاهش نیتروژن در محلول غذایی کاهش یافت؛ میوه‌های ریز (زیر ۷۰ گرم) با کاهش نیتروژن افزایش پیدا کرد و عملکرد میوه‌ها تحت تأثیر محلول قرار نگرفت. بستر بر عملکرد میوه ها، تعداد میوه در بوته، وزن میوه، تولید میوه‌های متوسط (۷۰-۱۰۰ گرم) تأثیر معنی دار داشت و بیشترین مقدار این صفات در بستر زئولیت غنی شده و پرلیت بدست آمد. اثر متقابل محلول ضعیف شده و بستر زئولیت شارژ شده، باعث کاهش وزن میوه، درصد ماده خشک میوه و درصد ویتامین ث شد. در مورد میزان مواد جامد قابل حل، سفتی و چگالی میوه‌ها تفاوت معنی داری در بین تیمارها دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: هیدروپونیک، بستر کشت، زئولیت، نیتروژن

مقدمه

را داشته باشد و ضمن داشتن ظرفیت نگهداری آب مناسب، بتواند به سهولت و به نحوی مطلوب آب را تخلیه کند (۳۰). زئولیت‌ها کانی‌هایی طبیعی و آلومینو سیلیکاته با بار منفی هستند. مهمترین ویژگی زئولیت ظرفیت تبادل کاتیونی آن می‌باشد (۱۰۰ g/100 meq/۳۰۰-۱۰۰). این تبادل به طور عمده با آمونیوم و پتاسیم محیط انجام می‌گیرد و بار منفی ساختار با کاتیون‌های محیط خنثی می‌گردد (۱۴، ۷ و ۲۸). علاوه بر ظرفیت تبادل کاتیونی، زئولیت قدرت مکانیکی بالا در برابر سایش و خرد شدگی دارد؛ همچنین دارای تخلخل بالا برای انتشار گاز و ورود و خروج مایعات به خصوص آب می‌باشد و به اندازه کافی نرم هست که با خرد شدن به اندازه دلخواه در بیاید. علاوه بر این که سمی نیست و باعث آلودگی محیط زیست نمی‌شود (۵ و ۳۳)، کانی طبیعی و ارزان قیمت است (۵ و ۱۶) که در تغییرات pH ساختار خود را حفظ می‌کند، همچنین به نظر می‌رسد به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی، زئولیت میتواند عناصر غذایی به خصوص آمونیوم و پتاسیم را به صورت مخزنی در کانال‌های ساختاری خود نگه داشته و به تدریج در اختیار گیاه قرار دهند (۶ و ۲۹). گول و

در سیستم‌های کشت بدون خاک یا هیدروپونیک^۵ گیاهان در محیطی به غیر از خاک، به منظور رسیدن به حداکثر تراکم کشت، بهبود عملکرد و کاهش آلودگی‌های خاک زاد و مشکلات جذب عناصر، مورد کشت و کار قرار می‌گیرند (۱۳). از فاکتورهای موثر در موفقیت کشت بدون خاک می‌توان به نوع بستر اشاره نمود که می‌تواند دارای خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی باشد (۱۳). با توجه به اینکه گوجه فرنگی یک گیاه پر مصرف از لحاظ مواد غذایی است و اینکه در بسترهای متفاوت امکان کشت دارد، انتخاب یک بستر مناسب برای کشت آن موضوع تحقیقات بسیاری می‌باشد. بستر مناسب کشت باید توانایی در اختیار قرار دادن هوای کافی برای ریشه

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم باغبانی و گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

* - نویسنده مسئول: (Email: esfandiariazadeh@gmail.com)

در جدول شماره ۱ فرمول غذایی کامل برای گوجه فرنگی که در آزمایش مورد استفاده قرار گرفت، دیده می‌شود (۱). محلول غذایی دوم استفاده شده در تحقیق با کاهش نیتروژن به میزان ۳۰٪ بدست آمد. کاهش نیتروژن از نمک نیترات کلسیم انجام گرفت و برای جبران کمبود کلسیم، از کلرید کلسیم استفاده گردید. pH هر دو محلول در محدوده 6.2 ± 0.6 و EC آنها در حد ۳ دسی زیمنس بر متر تنظیم شد.

بسترهای کشت

برای تهیه بستر اول زئولیت تهیه شده از معدن میانه بعد از غنی شدن با آمونیوم ($37/2$ میلی گرم آمونیوم در هر گرم زئولیت) به میزان ده درصد حجمی با پرلیت مخلوط گردید. به منظور غنی سازی، زئولیت به مدت ۴ ساعت در تماس با محلول سولفات آمونیوم ۲ مولار تکان داده شد. سپس از محلول سولفات آمونیوم نمونه برداری شده و با استفاده از دستگاه کج‌دال میزان آمونیوم آن محاسبه گردید (۳۴). سپس از تفاضل مقدار اولیه و ثانویه آمونیوم در محلول، مقدار جذب شده آن توسط زئولیت محاسبه گردید (ده درصد از زئولیت غنی شده با آمونیوم دارای نیتروژنی معادل ۳۰٪ مقدار مورد نیاز برای ۶ ماه کشت گوجه فرنگی می‌باشد) (۳۱). در بستر دوم زئولیت خام از معدن مذکور به نسبت حجمی ۱۰ درصد با پرلیت مخلوط شد. در بستر سوم از پرلیت خالص استفاده گردید. بسترهای تهیه شده در گلدان‌های ۶ لیتری ریخته شدند. نوع زئولیت استفاده شده در بستر به وسیله سازمان زمین شناسی کشور کلینوپتیلولیت تشخیص داده شد و اندازه ذرات آن $0.5 - 1.7$ میلی‌متر بود. نشاهای گوجه فرنگی گلخانه ای رقم beril که در پرلیت در تاریخ $86/6/31$ بذر کاری شده بودند، در تاریخ $86/8/6$ به گلدان‌های اصلی منتقل شدند. میانگین دمای روز 27 ± 2 و میانگین دمای شب 17 ± 2 در نظر گرفته شد. برای محلول دهی گلدان‌ها از پمپ‌ها و قطره چکان‌های مناسب استفاده گردید و دور آبیاری با توجه به دما و مرحله رشد گیاه در طول دوره پرورش (۶ ماه) تنظیم گردید تا همواره رطوبت کافی و مقداری زهکش اضافه وجود داشته باشد. تعداد دفعات آبیاری از ۷ بار در روز شروع شده و در روزهای گرم و در زمان رشد گیاه به ۱۴ بار در روز نیز رسید. بوته‌ها به صورت تک ساقه تربیت شدند و کلیه ساقه‌ها ی فرعی به محض ظهور حذف می‌شدند (۹). گرده افشانی گیاهان به صورت دستی و از طریق ایجاد لرزش در سیستم‌های نگهدارنده (۲ بار در روز) انجام گرفت. سایر عملیات داشت همانند مبارزه با آفات و بیماری‌ها در مواقع لزوم انجام شد.

همکاران اثر نسبت‌های متفاوت پرلیت و زئولیت خام را در بستر هیدروپونیک کاهو مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که وزن تولیدی کاهو در بستر زئولیت بیشتر از پرلیت بود و با افزایش نسبت زئولیت در بستر کشت، افزایش بیشتری یافت. این محققین افزایش وزن را به افزایش جذب و کاهش مقدار آبشویی عناصر در اثر وجود زئولیت نسبت دادند (۱۰). لوین و همکاران برای رشد گیاه در پروژه‌های فضایی از بستر زئولیت برای گیاه گندم استفاده کردند، به طوری که زئولیت با عناصر ضروری برای رشد گیاه غنی شده بود و در طی رشد فقط آب دیونیزه شده به گیاه داده می‌شد. نتایج نشان داد که گندم هایی که در بستر زئولیت رشد کرده بودند نسبت به بستر پیت و ورمی کولایت دوره رشد رویشی طولانی تری داشتند که منجر به تولید مداوم پنجه‌های جدید شد (۱۷). مارکوویک و همکاران هشت بستر متفاوت را برای بررسی تاثیر زئولیت بر عملکرد فلفل و گوجه فرنگی آزمایش کردند. بسترها شامل دو نوع پیت، کمپوست، مخلوطی از کمپوست و پیت و مخلوطی از کمپوست و زئولیت غنی شده با آمونیوم و کلسیم بودند. نتایج نشان دادند که بالاترین کیفیت دانهال با استفاده از مخلوط بسترهایی مثل پیت و کمپوست به نسبت (۳ : ۲) و پیت و زئولیت غنی شده به نسبت (۳ : ۱) بدست آمد (۳۰). کلینوپتیلولیت^۱ فراوان ترین نوع زئولیت طبیعی می‌باشد و از لحاظ فراوانی ذخایر کلینوپتیلولیت در ایران در جایگاه دوم بعد از آهن قرار می‌گیرند (۲) و با توجه به این ویژگی‌ها به نظر می‌رسد زئولیت پتانسیل خوبی برای استفاده در بستر کشت در بر داشته باشد؛ بنابراین در این تحقیق اثر کلینوپتیلولیت خام نسبت به پرلیت و اثر استفاده از کلینوپتیلولیت غنی شده با آمونیوم به عنوان کود کند رها کننده^۲ به جای بخشی از نیتروژن محلول غذایی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش کرت خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی شامل دو نوع محلول غذایی و سه بستر کشت در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران از تاریخ $1385/6/31$ تا $1386/2/6$ انجام شد. محلول‌های غذایی در کرت اصلی و بسترهای کاشت در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. آزمایش در ۳ تکرار انجام شد و هر تکرار شامل ۵ بوته گوجه فرنگی بود و در مجموع ۹۰ گیاه $(2 \times 3 \times 3 \times 5)$ مورد آزمایش قرار گرفت. تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

محلول‌های غذایی

1 - Clinoptilolite

2 - Slow Release Fertilizer

(جدول ۱) - غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو در محلول غذایی (۱)

عناصر غذایی (mmol/L)							
Cl	S	Mg	Ca	K	P	N	
۰	۳/۶۵	۳/۶۴	۶	۶/۴۶	۱/۵	۱۶/۳۵	محلول غذایی کامل (N+)
۱/۱۶	۳/۶۵	۳/۶۴	۶	۶/۴۶	۱/۵	۱۰/۲۳	محلول غذایی ضعیف شده (N-)

عناصر غذایی (mg/L)							
B	Mo	Cu	Zn	Mn	Fe	Na	
۱	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۳۳	۰/۵۵	۱/۵۴	۰	محلول غذایی کامل و ضعیف شده

(جدول ۲) - تجزیه واریانس فاکتورهای کمی میوه

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
عرض میوه (mm)	طول میوه (mm)	عملکرد (g)	وزن میوه (g)		
۳/۷ ns	۰/۷۳ns	۲۵۸۰۱/۳ns	۱۹/۹ns	۲	تکرار
۳/۹۳ns	۷/۵۴*	۱۰۹۳۸۶۸۴/۵۸ns	۵۲۲/۱۸**	۱	محلول غذایی
۱/۷۹	۰/۲۶	۱۳۰۸۹۴۳	۴/۳۴	۲	خطای کرت اصلی
۱/۱۹۵ns	۰/۳۰ sn	۵۰۶۲۹۶۷/۹۹**	۹۳/۰۳**	۲	بستر کشت
۰/۵۳ns	۰/۰۱۵ns	۱۱۶۵۲۱۷ns	۳۲/۳۷*	۲	محلول غذایی × بستر کشت
۰/۹۹	۳/۸۴	۴۰۱۵۲۰/۲	۳/۸۴	۸	خطای باقی مانده
۲/۵۸	۱/۴۳	۹/۶۳	۲/۵۸	-	CV

ns=غیر معنی دار، ** و * به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی دار می‌باشند

(جدول ۳) - تجزیه واریانس فاکتورهای کمی میوه

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
میوه بزرگ (%)	میوه متوسط (%)	میوه کوچک (%)		
۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۲ns	۲	تکرار
۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۵*	۱	محلول غذایی
۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۲	خطای کرت اصلی
۰/۰۰۲ns	۰/۰۶*	۰/۰۴۲*	۲	بستر کشت
۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۲	۰/۰۱*	۲	محلول غذایی × بستر کشت
۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۸	خطای باقی مانده
۲۵/۳	۱۶/۴۱	۱۶/۲۳	-	CV

ns=غیر معنی دار، ** و * به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی دار می‌باشند

اندازه گیری صفات کمی

تیتراسیون (به روش تیترا با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال برای رسیدن به pH= ۸/۱) (۳) و درصد ماده خشک میوه‌ها (آون ۶۰°C برای مدت ۷۲ ساعت) صورت گرفت.

به منظور اندازه گیری عملکرد هر بوته، میوه‌ها در مرحله قرمز کامل به طور مرتب برداشت و تک تک توزین شدند و طول و عرض هر یک به وسیله کولیس ورنیه اندازه گیری شد، سپس کل تولید میوه هر بوته، متوسط وزن میوه‌های هر بوته و متوسط طول و قطر میوه‌ها محاسبه گردید. تعداد میوه و تعداد خوشه در هر بوته مورد شمارش قرار گرفت و به منظور بررسی اثر تیمارها بر وزن میوه، میوه‌ها به سه محدوده وزنی (۱) کمتر از ۷۰ گرم، (۲) بین ۷۰-۱۰۰ گرم و (۳) بیشتر از ۱۰۰ گرم، دسته بندی شده و در صد آنها در کل تولید محاسبه گردید.

نتایج و بحث

میانگین وزن میوه: در جدول تجزیه واریانس ۲ و جدول مقایسه میانگین ۴ اثر تیمارهای مختلف بر صفات کمی میوه‌ها در طول دوره برداشت مشاهده می‌شود. همانطور که نشان داده شده، نوع محلول بر وزن میوه در سطح ۵٪ تأثیر معنی دار داشته است و با افزایش نیتروژن وزن میوه‌ها بیشتر شده؛ همچنین بین محیط‌های کشت مختلف نیز اختلاف معنی دار دیده می‌شود و بیشترین وزن در بستر دارای زئولیت شارژ شده و بعد از آن در بستر دارای زئولیت خام قرار می‌گیرد و کمترین وزن در بستر پرلیت وجود دارد. در اثر متقابل محلول و بستر (نمودار ۱) دیده می‌شود که با کاربرد محلول غذایی کامل هیچ تفاوت معنی داری در بین بسترها دیده نمی‌شود؛ در حالیکه با کاربرد محلول ضعیف شده نه تنها وزن میوه‌ها کاهش داشته است، بلکه بسترهای مختلف عکس العمل متفاوتی نشان داده اند؛ به طوریکه بستر اول (زئولیت غنی شده و پرلیت) دارای بیشترین وزن میوه و بستر پرلیت دارای کمترین وزن میوه بوده است. همچنین بین بستر دارای زئولیت شارژ شده با محلول غذایی ضعیف شده و بستر پرلیت با محلول غذایی کامل اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود که نشان دهنده واکنش خوب بستر اول با محلول ضعیف شده می‌باشد.

صفات کیفی

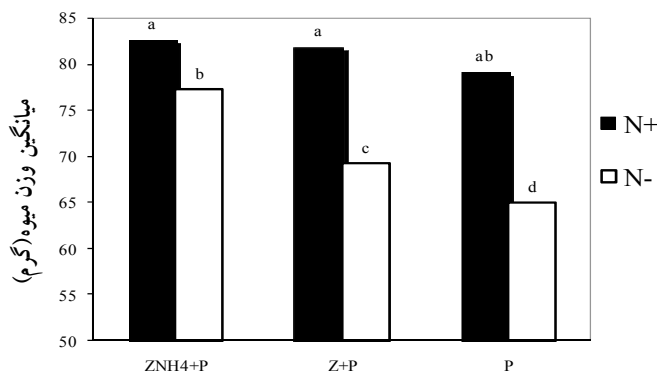
صفات کیفی میوه‌های برداشت شده سه بار و به فاصله ۲ ماه در طول دوره برداشت و به شرح زیر ارزیابی گردید. سپس میانگین آنها مورد تجزیه آماری قرار گرفت:

رنگ سنجی میوه‌ها به وسیله دستگاه رنگ سنج (Minolta, Ransey corp. NY) در دو نقطه انجام شد و فاکتورهای a^* و b^* و L^* بدست آمد، محاسبه زاویه هیو و کروما با استفاده از a و b انجام گرفت (۱۹)، اندازه گیری حجم به روش مستقیم غوطه ور کردن در آب به منظور محاسبه چگالی، سفتی میوه‌ها به وسیله فشار سنج (با قطر پروب ۰/۸ میلی متر) و وارد کردن آن تا مرز مشخص داخل گوشت میوه در دو نقطه (۲۶)، اندازه گیری مواد جامد قابل حل میوه با رفراکتومتر دستی مدل ATAGO (Brix=0-32%)، ویتامین ث (به روش تیتراسیون با ید و یدور پتاسیم) (۳)، درصد اسیدیته قابل

(جدول ۴) - مقایسه میانگین اثر تیمارهای اعمال شده بر وزن و اندازه میوه گوجه فرنگی رقم Beril

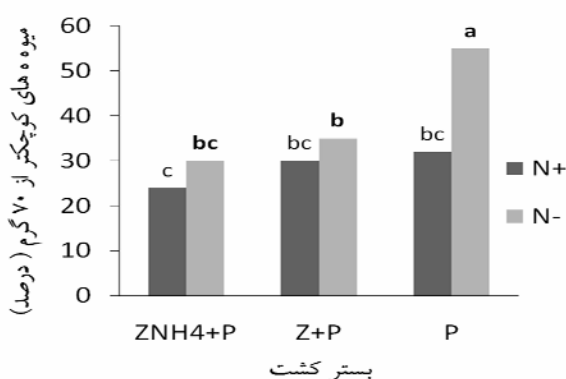
تیمار	وزن (گرم)	میوه >۷۰گرم (%)	۷۰<میوه<۱۰۰ (%)	میوه <۱۰۰گرم (%)	طول (میلیمتر)	قطر (میلیمتر)
اثر محلول غذایی						
محلول غذایی کامل	۸۱/۲۶a*	۰/۲۸b	۰/۵۴a	۰/۱۰a	۴۳/۱۸a	۵۴/۲۶a
محلول غذایی ضعیف شده	۷۰/۴۹b	۰/۳۹a	۰/۵۳a	۰/۰۸a	۴۱/۸۸b	۵۳/۹۵a
اثر بستر کشت						
زئولیت غنی شده+پرلیت	۷۹/۹۶a	۰/۲۷b	۰/۶۱a	۰/۱۱a	۴۲/۷۰a	۵۴/۲۶a
زئولیت خام و پرلیت	۷۵/۵۷b	۰/۳۲b	۰/۶۱a	۰/۰۹۱a	۴۲/۶۱a	۵۳/۹۵a
پرلیت	۷۲/۱۰C	۰/۴۳a	۰/۴۲b	۰/۰۷a	۴۲/۲۸a	۵۳/۳۸a

*- در هر ستون علائم متفاوت نشانه معنی دار بودن در سطح ۵٪ می‌باشد



(شکل ۱) - اثر متقابل محلول و بستر بر متوسط وزن میوه

N_+ = محلول غذایی کامل، N_- = محلول غذایی با کاهش نیتروژن، P = پرلیت، $Z+P$ = زئولیت خام و پرلیت، ZNH_4+P = زئولیت غنی شده با آمونیوم و پرلیت



(شکل ۲) - اثر متقابل محلول و بستر بر ایجاد میوه‌های زیر ۷۰ گرم

N_+ = محلول غذایی کامل، N_- = محلول غذایی با کاهش نیتروژن، P = پرلیت، $Z+P$ = زئولیت خام و پرلیت، ZNH_4+P = زئولیت غنی شده با آمونیوم و پرلیت

در محلول غذایی کامل و بستر پرلیت رشد کرده اند، تفاوت معنی دار نشان نمی دهد. در طول دوره برداشت، تعداد میوه هایی که وزن کمتر از ۷۰ گرم داشتند مورد شمارش قرار گرفته، و درصد آن محاسبه گردید. جدول تجزیه واریانس ۲ و مقایسه میانگین ۳ نشان می دهد که این فاکتور به طور معنی داری تحت تأثیر نوع بستر کشت، نوع محلول غذایی و اثر متقابل این دو قرار گرفته است. طبق نتایج، درصد میوه های ریز ایجاد شده در گیاهانی که محلول غذایی آنها از نظر نیتروژن کمبود داشته به ۳۹ درصد می رسد، در حالیکه ۲۸ درصد در محلول کامل می باشد، در واقع کاهش نیتروژن در ایجاد میوه های کمتر از ۷۰ گرم موثر بوده است و با کاهش نیتروژن این درصد به طور معنی دار افزایش می یابد. بسترهای دارای زئولیت، در طول دوره میوه های ریز کمتری نسبت به بستر پرلیت تولید کردند. همچنین اثر متقابل بستر در محلول غذایی (نمودار ۲) به خوبی نشان می دهد که بستر دارای محلول غذایی کامل دارای تعداد میوه ریز کمتری بوده اند. همچنین بسترهایی که با محلول غذایی ضعیف شده تغذیه شده اند، اگر با زئولیت همراه باشند، تفاوت معنی دار با بسترهای دارای نیتروژن کامل نشان نمی دهند. این در حالی است که بسترهای دارای

ساواز و همکاران (۲۷) قدرت تبادل کاتیون بالای زئولیت و قدرت بافری این بستر در حفظ آب و pH بستر را دلیل ایجاد میوه های با وزن بالاتر در بستر دارای زئولیت نسبت به پرلیت دانستند. لی (۱۸) معتقدند که اگر مدتی در طول دوره رشد گیاه منبع خارجی نیتروژن به طور کامل حذف گردد، نیتروژن در همه ارگان ها کاهش می یابد. لی بوت و همکاران (۱۵) با تأکید بر این نکته نشان دادند که بیشترین اثر کمبود نیتروژن در ارگان های با رشد بالا اتفاق می افتد و در نتیجه آن رشد برگ های جوان و بیومس خشک گیاه کاهش می یابد. میوه ها به طور طبیعی کمترین درصد نیتروژن را در خود دارند، اما دارای بیشترین مقدار زی توده هستند که آنها را به سینک اصلی نیتروژن تبدیل می سازد. میلارد و همکاران نشان دادند چون میوه ها ترکیب اصلی بیومس خشک گیاه را تشکیل می دهند، کاهش زی توده خشک گیاه در زمان کمبود نیتروژن مربوط به میوه ها است (۲۳). به نظر می رسد به همین دلیل گیاهانی که با محلول غذایی با کاهش نیتروژن تغذیه شده اند دارای میوه هایی با وزن کمتر می باشند که این کمبود در بستری که دارای زئولیت غنی شده بوده است به واسطه آزاد سازی آمونیوم جبران گشته و وزن میوه های این بستر با وزن میوه هایی که

پرلیت با تغذیه محلول کاهش یافته نیتروژنی، بیشترین درصد میوه‌های ریز را تولید نموده است. از لحاظ تولید میوه‌های متوسط (۷۰g-۱۰۰g)، محلول غذایی تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت. بستر پرلیت دارای میوه‌های متوسط کمتری نسبت به بسترهای دارای زئولیت بود و تولید میوه‌های درشت ($>100g$) تأثیری از تیمارهای اعمال شده نگرفت.

لی بوت و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که در میوه‌های کوچک و متوسط درصد نیتروژن نسبت به میوه‌های بزرگ کمتر می‌باشد و در طول دوره رشد درصد نیتروژن میوه کاهش پیدا می‌کند، چون محتوای نیتروژن ثابت باقی می‌ماند ولی وزن خشک در حال افزایش است. در زمان کاهش نیتروژن، درصد نیتروژن در کلیه اندام‌ها کاهش پیدا می‌کند و ذخیره کمتری هم در اختیار میوه قرار می‌گیرد در نتیجه رشد میوه کمتر می‌شود. جدید و همکاران (۸) در استفاده از ۵ نوع بستر مختلف، بهترین اندازه میوه را در مخلوط پرلیت و زئولیت به نسبت ۲:۱ بدست آوردند؛ همچنین یمری و همکاران (۳۵) ذکر کردند که با استفاده از کودهای کند رها کننده، میوه‌های بزرگتری به دست خواهد آمد.

طول و قطر میوه: تیمار غذایی از لحاظ طول باعث تغییر اندازه میوه شده است (جدول ۴). ولی در قطر میوه‌ها اثری نداشته است. گیاهانی که محلول غذایی کامل دریافت کرده اند نسبت به گیاهانی که نیتروژن کمتری در محلول غذایی خود داشته اند، دارای طول میوه بیشتری می‌باشند، این تفاوت از نوع محلول غذایی ناشی شده و طول میوه در بسترهای مختلف تفاوت معنی دار نداشته است و اثر متقابل بستر و محلول نیز برای این صفت معنی دار نبوده است (جدول ۲).

عملکرد: در جدول مقایسه میانگین ۵ و تجزیه واریانس ۲ دیده می‌شود که نوع محلول غذایی بر عملکرد کل بو ته‌ها معنی دار نبوده است. (اگر چه میزان عملکرد در گیاهانی که محلول غذایی کامل دریافت کرده اند ۲۱/۱۸٪ بیشتر از گیاهانی است که محلول غذایی با نیتروژن کاهش یافته دریافت کرده اند.) در مورد بسترهای مختلف،

گیاهانی که در بستر زئولیت غنی شده بوده اند و همین طور گیاهانی که در بستر زئولیت خام رشد کرده اند از لحاظ عملکرد تفاوت معنی داری ندارند اما این دو بستر دارای تفاوت آماری با بستر پرلیت می‌باشند و میزان عملکرد در بستر زئولیت غنی شده و پرلیت ۲۴/۴۳٪ و در بستر زئولیت خام و پرلیت ۱۷/۸۳٪ از بستر دارای پرلیت بیشتر بود. اثر متقابل محلول و بستر در مورد عملکرد معنی دار نبود. لی بوت و همکاران (۱۵) به این نتیجه رسیدند که نیتروژن کامل، ۱۷ درصد تولید محصول را بیشتر خواهد کرد ولی تفاوت آماری از لحاظ تولید عملکرد کل به وجود نخواهد آمد. هارلند و همکاران (۱۱) توضیح دادند که زئولیت به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا باعث جذب عناصر و در دسترس بودن پتاسیم، کلسیم، و منیزیم برای گیاه می‌گردد. آیان و همکاران (۴)؛ مالوپا و همکاران (۲۱) به این نتیجه رسیدند که با وجود زئولیت، غلظت این عناصر درون بافت گیاه بالاتر می‌رود و گیاهان رشد یافته در این بستر به دلیل در دسترس بودن عناصر برای آنها رشد بهتری دارند. در ضمن اینکه با وجود زئولیت آب بیشتری برای جذب گیاه فراهم می‌شود و در واقع توازن رطوبت در محیط ریشه به دلیل توانایی زئولیت در جذب آب بیشتر است. همچنین ریشه به خوبی قادر به رشد در محیط زئولیت می‌باشد و جذب کافی عناصر انجام می‌گیرد. در نتیجه رشد و عملکرد گیاه افزوده می‌شود.

از لحاظ تعداد خوشه در طول ساقه تفاوت معنی داری در بین بسترها یا بین محلول‌ها دیده نشد (جدول ۵). محلول غذایی بر تعداد کل میوه تأثیر معنی دار نداشت ولی در بین بسترها از لحاظ تعداد میوه تولید شده تفاوت معنی دار وجود دارد و تعداد کل میوه در بستر دارای پرلیت نسبت به بسترهایی که دارای زئولیت هستند کمتر می‌باشد (جدول ۵). یمری و همکاران (۳۵) ذکر کردند که با استفاده از زئولیت در بستر هیدروپونیک گوجه فرنگی، تعداد میوه افزایش پیدا می‌کند که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد.

(جدول ۵) - اثر تیمارهای اعمال شده بر میوه گوجه فرنگی رقم Beril

تیمار	عملکرد (گرم)	تعداد میوه	تعداد خوشه
اثر محلول غذایی			
محلول غذایی کامل	۷۳۵۷/۹a*	۹۰/۴۴a	۲۱/۳۳a
محلول غذایی ضعیف شده	۵۷۹۸/۷۹a	۸۱/۵۵a	۱۹/۳۳a
اثر بستر کشت			
زئولیت غنی شده + پرلیت	۷۳۷۶/۸۱a	۹۲/۶۶a	۲۱a
زئولیت خام و پرلیت	۶۷۳۸/۸۱a	۸۹/۵a	۲۰/۵a
پرلیت	۵۰۴۷/۴۱b	۷۹/۳۳b	۱۹/۵a

*- در هر ستون علائم متفاوت نشانه معنی دار بودن در سطح ۵٪ می‌باشد

(جدول ۶) - تجزیه واریانس فاکتورهای کیفی میوه

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
کروما	زاویه هیو	قرمزی *a	درخشندگی *L		
۱۳/۸۷ns	۵/۰۳ns	۱/۷۵	۱/۲۰ns	۲	تکرار
۰/۸۴ns	۰/۰۵ns	۳/۲۵ns	۵/۴۴ns	۱	محلول غذایی
۱/۰۶	۱/۲۴	۴/۲۳	۰/۱۲۶	۲	خطای کرت اصلی
۰/۱۴ns	۳/۰۴ns	۱/۱۲ns	۳/۸۸*	۲	بستر کشت
۰/۲ns	۹/۰۹ns	۲/۲۳ns	۲/۵۶ns	۲	محلول غذایی × بستر کشت
۰/۸۶	۱/۳۵	۰/۵۲	۰/۸	۸	خطای باقی مانده
۱۰/۷	۷/۳۵	۵/۲۴	۲/۳۳	-	CV

ns=غیر معنی دار، * و ** به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی دار می‌باشند

(جدول ۷) - تجزیه واریانس فاکتورهای کیفی میوه

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
جرم حجمی	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	ویتامین ث (mg/100g)	وزن خشک (%)	مواد جامد محلول (Brix)	سفتی بافت (Kg/cm ²)		
۰/۱۸ns	۰/۰۰۷ns	۱۵/۵۰ns	۲/۰۹ns	۱/۸۳ns	۰/۵۵ns	۲	تکرار
۰/۰۱ns	۰/۳۶*	۸/۳۶ns	۱۷/۱۳ns	۱/۹۱ns	۱/۷۴ns	۱	محلول غذایی
۰/۰۱۴	۰/۰۰۵ns	۷/۲۹	۳/۸۴	۱/۰۲	۰/۷۵	۲	خطای کرت اصلی
۰/۰۴ns	۰/۰۵۶ns	۴/۹ns	۶/۹۱ns	۰/۱۲ns	۰/۳۱ns	۲	بستر کشت
۰/۱۸*	۰/۰۲۶ns	۲۳/۳۷*	۹/۵۷*	۰/۸۷ns	۰/۲۳ns	۲	محلول غذایی × بستر کشت
۰/۰۳۵	۰/۰۱۵	۳/۳۸	۱/۴۴	۰/۴۲	۰/۵۱	۸	خطای باقی مانده
۶/۲۶	۱۵/۵۸	۷/۳۵	۹/۶۹	۷/۵۷	۲۱/۲۲	-	CV

ns=غیر معنی دار، * و ** به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی دار می‌باشند

فاکتورهای کیفی

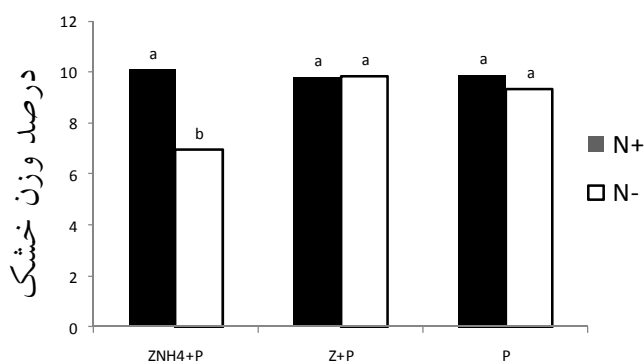
در بررسی رنگ میوه‌ها دیده می‌شود که بستر دارای ژئولیت غنی شده به طور معنی داری دارای درخشندگی بالاتر نسبت به بستر ژئولیت خام و پرلیت و بستر پرلیت می‌باشد که به دلیل نیتروژن بالاتر و ترکیب نیترات با آمونیوم می‌باشد. زاویه هیو و شدت رنگ (کروما) تأثیری از تیمارهای اعمال شده نگرفته است (جدول ۸) که با نتایج لوپز و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد.

فاکتورهای درصد ماده خشک و ویتامین ث تحت تأثیر اثر متقابل بستر و محلول غذایی قرار گرفتند (شکل ۳ و ۴) و اثرات ساده در مورد آنها معنی دار نبود. همانطور که در نمودارهای ۳ و ۴ دیده می‌شود، زمانیکه محلول غذایی کاهش یافته استفاده شد، در بستر ژئولیت شارژ شده کمترین میزان درصد ماده خشک و ویتامین ث نسبت به بسترهای دیگر بدست آمد. شاید علت این موضوع دخالت آمونیوم به عنوان منبع نیتروژنی برای رشد میوه باشد.

جدول ۸- اثر تیمارهای اعمال شده بر عملکرد و رنگ میوه گوجه فرنگی رقم Beril

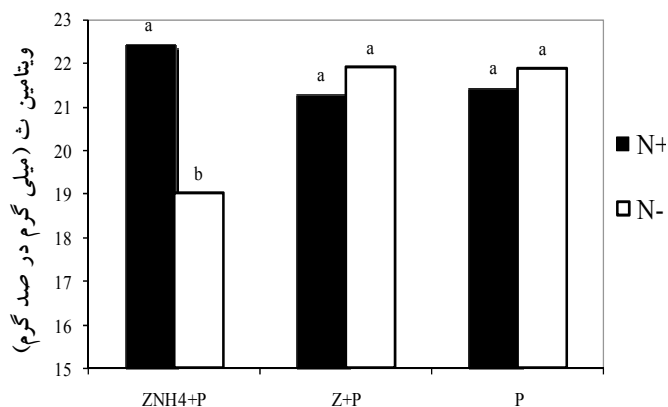
تیمار	مواد جامد قابل حل	سفتی	چگالی	درخشندگی	زاویه هیو	شدت رنگ
اثر محلول غذایی						
محلول غذایی کامل	a*۷/۲۱	۴/۴۰a	۱/۰۲a	۴۰/۲۶a	۴۳/۱۶a	۳۳/۳۴a
محلول غذایی ضعیف شده	۶/۶۶a	۴/۱۳a	۱/۰۲a	۳۹/۴۸a	۴۲/۹۹a	۴۲/۹۴a
اثر بستر کشت						
زئولیت غنی شده + پرلیت	a۷/۰۸	۴/۳۶a	۱/۰۲a	۴۰/۵۱a	۴۳/۴۶a	۳۳/۲۸a
زئولیت خام و پرلیت	a۷/۰۰	۴/۳۵a	۱/۰۲a	۳۹/۶۸b	۴۳/۱۵a	۳۳/۱۷a
پرلیت	a۶/۷۳	۴/۰۸a	۱/۰۱a	۳۹/۴۲b	۴۲/۳۱a	۳۲/۹۷a

*- در هر ستون علائم متفاوت نشانه معنی دار بودن در سطح ۵٪ می باشد



شکل ۳- اثر متقابل محلول و بستر در درصد وزن خشک

N+ = محلول غذایی کامل، N- = محلول غذایی با کاهش نیتروژن، P = پرلیت، Z+P = زئولیت خام و پرلیت، ZNH4+P = زئولیت غنی شده با آمونیوم و پرلیت

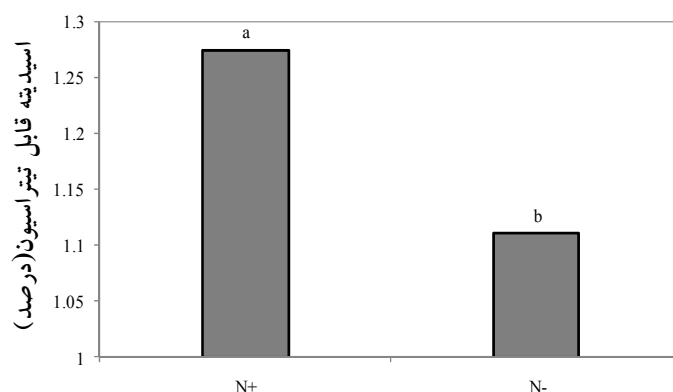


شکل ۴- مقایسه اثر متقابل محلول و بستر بر ویتامین ث

N+ = محلول غذایی کامل، N- = محلول غذایی با کاهش نیتروژن، P = پرلیت، Z+P = زئولیت خام و پرلیت، ZNH4+P = زئولیت غنی شده با آمونیوم و پرلیت

مطابقت دارد. همچنین جدیدید و همکاران این نظریه را تأیید می نمایند، ولی با نظر پاریزی و همکاران (۲۵) که معتقدند سطوح مختلف نیتروژن بر میزان اسیدیته اثر ندارد، مخالف است. چگالی میوه ها، سفتی میوه ها، کل مواد جامد محلول، تأثیری از تیمارهای اعمال شده نگرفتند (جدول ۷).

هارتمن و همکاران (۱۲) و ویلکوکس و همکاران (۱۹۹۷) در تحقیقات خودشان به این موضوع اشاره داشته اند که استفاده از آمونیوم باعث کاهش درصد وزن خشک میوه ها و ویتامین ث می شود. تولید اسیدهای آلی قابل تیتراسیون در میوه ها با افزایش نیتروژن محلول غذایی افزایش نشان داد (نمودار ۵) که با نظر میلادیز (۲۴)



شکل ۵- اثر محلول غذایی بر درصد اسیدیته قابل تیتراسیون

=N+ = محلول غذایی کامل ، =N- = محلول غذایی با کاهش نیتروژن

نتیجه گیری کلی

طبق نتایج این آزمایش استفاده از زئولیت درون بستر باعث افزایش عملکرد و افزایش متوسط وزن میوه می‌شود. همچنین در این بستر درصد میوه‌های ریز نسبت به پرلیت کمتر است. زمانیکه زئولیت شارژ شده با آمونیوم در شرایط کاهش نیتروژن استفاده شد، تأثیر متقابل محلول و بستر، متوسط وزن میوه‌ها را به حد پرلیت و محلول غذایی کامل رساند، نتایج دیگری مانند کاهش وزن خشک و میزان ویتامین ث یا افزایش درخشندگی میوه‌ها نشان دهنده استفاده گیاه از آمونیوم درون زئولیت بوده است. بنابراین زئولیت توانایی آزادسازی

آمونیوم را در طول دوره رشد گیاه، به عنوان جایگزین نیتروژن محلول غذایی دارد؛ در ضمن اینکه ریشه به خوبی در آن رشد کرده و کاتیون‌های آزاد شده را جذب می‌نماید.

سپاسگزاری

نگارندگان از کمک و همکاری معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران و پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران کمال تشکر را دارند. همچنین از شرکت افردن توسکا به خاطر تأمین زئولیت مورد نیاز این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع

- ۱- دلشام، کاشی ع. و بابالار م. ۱۳۸۵. بررسی امکان جایگزین کردن بسترهای رایج هیدروپونیک با بسترهای آلی و یافتن محلول غذایی مناسب کشت بدون خاک گوجه فرنگی گلخانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۷، شماره ۱، ۱۷۶-۱۸۶.
- ۲- کاظمیان ح. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر زئولیت‌ها کانی‌های سحرآمیز. انتشارات بهشت.
- ۳- ماجدی م. ۱۳۷۳. روش‌های آزمون شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاهی دانشگاه تهران.
- 4- Ayan S., Yahaoglu Z., Gercek V., and Sahin A. 2008. Utilization of zeolite as a substrate for containerized oriental spruce (*Picea orientalis* L.(Link)) seedling propagation. Acta Hort., 779:583-590.
- 5- Barton L., and Comer T.D. 2006. Irrigation and fertilizer strategies for minimizing nitrogen leaching from turfgrass. Agricultural Water Management, Vol 80, Issues 1-3:160-175.
- 6- Caballero R.P., Gil J., Benitez C., and Gonzalez J.L. 2005. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the N-K nutrition of olive trees. Preliminary results. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 2(1): 321-324.
- 7- Dixon J.B. and Weed S.B. 1989. Minerals in soil environments. Published by: Soli Science Society of America, USA, and SSSA book series: 1 pp:873-911.
- 8- Djedidi M., Gerasopoulos D., and Maloupa E. 1998. The effect of different substrates on the quality of F.CARMELLO tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) grown under protection in a hydroponic system. Cahiers options Mediterranean's. 31:379-383.
- 9- Ep Heuvelink (ed). 2005. Tomatoes. Wageningen University, the Netherlands.
- 10- Gul A., Eroglu D., and Ongun A.R. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. Elsevier. Scientia Hort.106: 464-471.
- 11- Harland J., Lane S., and Price D. 1999. Further experiment with recycled zeolite as a substrate for the sweet pepper crope. Acta Hort., 482:187-194.

- 12- Hartman P.L., Mill H.A., and Jones J.B. 1986. The influence of nitrate: ammonium ratios on growth, fruit development and element concentration floradel tomato plant. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 111:487-490.
- 13- Inden H. and Torres A. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. Acta Hort. 644: 205-210.
- 14- Ito H., and Araki K. 1987. The effect of different N-sources in greenhouse tomato cultivation. Acta Hort. 57: 126-132.
- 15- Le Bo, J., Jeannequin B., and Fabre R. 2001. Growth and nitrogen status of soil less tomato plants following nitrate withdrawal from the nutrient solution. Annals of Botany 88:361-370.
- 16- Leggo J.P., Ledesert B., and Christie G. 2006. The role of clinoptilolite in oregano-zeolitic-soil systems used for phytoremediation. Elsevier, Science of the total environment. 36, Issues 1-3: 1-10.
- 17- Levine H.G. 1999. The growth of wheat in tree nutrient providing substrates under consideration for spaceflights application. Acta Hort. Abstract. Int. Sym. On growing media and hydroponics.
- 18- Li Z. 2002. Use of surfactant modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrogen release. Elsevier, micro porous and mesoporous materials, 61, Issues 1-3: 181-188.
- 19- Lopez Camelo A.F., and Gomez P.A. 2004 a. Comparison of color index for tomato ripening. Horticulture Brasilia, 22:534-537.
- 20- Lopez J., Vasquez F., and Ramos F. 2004 b. Effect of substrate quality of the greenhouse tomato. Acta Hort. 659:417-424.
- 21- Maloupa M., Samartzidis C., Couloumbis P., and Komninou A. 1999. Yield quality and photosynthetic activity of greenhouse grown 'Madelon' rose on perlite-zeolite substrate mixtures. Acta Hort. 481: 97-99.
- 22- Markovic V., Djurovka M. and Llin Z. 1997. The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics. Acta Hort., 396:321-328.
- 23- Millard P. 1988. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. Plant Cell and Environment. 11: 1-8.
- 24- Miladis S., Gould W.A. and Clements R.L. 1969. Heat processing effect of starch, sugars, proteins, amino acids of tomato Juice. Food. Tecnol., 23:93-101.
- 25- Parisi A.B., Manna P., Mule chess F., and Meloni S. 2006. Amended soils with natural zeolites: analysis of two-year tests on greenhouse tomato. Acta Hort., 747:211-218.
- 26- Ritenor A.M., Lamp M.E., and Stoffella J.P. 2002. A portable, digital devise fir measuring Tomato firmness. University of Florida, Indian River Research and Education Center. 2199s. Rock Road. ff. Pierce, FL 34, 45-3138.
- 27- Savvas D., Samantouros K.D., Stamatakis M., and Vassilatos C. 2004. Yield and nutrient status in the root environment of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) grown on chemically active and inactive inorganic substrates. Acta Hort 644: 377-383.
- 28- Semmens J.M. 1983. Zeo-agriculture: cation exchange properties of natural zeolites. Department of Civil and Mineral Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota 55455.
- 29- Sheppard A.R. 1983. Zeo-agriculture: characterization of zeolitic material in agricultural research. U. S. Geological survey, Federal center, Denver, Colorado 80225.
- 30- Verdonck o., and Demeyer P. 2004. The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. Acta Hort., 644: 99-102.
- 31- Wang Y., Liu S., Xu Z., Heu T., Chuan S. and Zhu T. 2006. Ammonia removal from leachate solution using natural Chinese clinoptilolite. Journal of Hazardous Materials, vol 136:735-740.
- 32- Wilcox G.E., matchell C.A., and Hoff J.E. 1977. Influence of nitrogen from on exudation rate, and ammonium, amide, and action composition xylem exudates in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 102:192-196.
- 33- Wilson G.P., and Mumpton A.F. 1984. Zeo-agriculture: use of natural zeolites in agriculture and aquaculture. Westviw press, Boulder, Colorado, 285pp.
- 34- WPCF, APHP, AWWA. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. Methods 4500-NH₃-c: 4-117.
- 35- Yemeri A., Gerasopoulos D., and Maloupa E. 1999. Quality characteristics of Daniela tomatoes grown on a perlite-zeolite culture load fed with slow release fertilizer. Acta Hort., 486:331-335.



The effect of using raw and NH₄-zeolite on yield and quality of tomato crop at reduced nitrogen concentration solution in hydroponic

A. Esfandiari^{1*} - T. Sadat Taghavi² - M. Babalar³ - M. Delshad⁴

Abstract

In order to provide optimal yield and quality of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Beril), different growing media for soilless culture of tomato plants were studied. seedling of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. Beril) were cultivated in perlite, mixture of perlite with NH₄-zeolite and with raw zeolite (z:p ratio 10v:90v) and fed by two nutrient sources: a) complete nutrient solution (N⁺) b) nutrition solution with 30% decrease in N concentration. The experimental design was split plot with complete randomized block design. Fruit quality and yield were determined during growth. Result indicated that fruit yield, length of fruits and titrable acidity decreased and small fruits increased with reducing nitrogen in solution. Solution didn't significantly effects in yield. Fruit weight were reduced significantly with nitrogen decreasing in nutrition solution, But solution types didn't affect on yield. Media significantly affected yield, Weight of fruit, number of fruit per plant and medium fruits (70-100g). The highest of this characteristic obtained in saturated zeolite and perlite. Interaction effect of incomplete solution and saturated zeolit media caused a reduction in weight of fruit, dry mater, small fruit ratio in yield and vitamin C in comparison to other media. There weren't significantly difference among TSS, firmness and density.

Key words: Soilless culture, Media, Zeolite, Nitrogen

1,2,3,4 -Contribution from College of Agriculture, University of Tehran, Karaj
(*). Corresponding author Email: esfandiariazadeh@gmail.com