تأثیر افزودن بنتونیت به بسترهای مختلف کاشت بر رشد رویشی و عملکرد لوبیا سبز (*Phaseulus vulgaris* L.)

پروان عقدک[۱*]، مصطفی مبلی[۱]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۲] و فاطمه شاکری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۸/۱۲)

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر افزودن سوپر جاذب رطوبت (بنتونیت) به بسترهای مختلف کشت بدون خاک روی رشد و عملکرد لوبیا سبز، پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۹ تیمار و چهار تکرار در گلخانه‌های پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. در آزمایش اول ۹ تیمار پوسته شلتوک، تراشه چوب، ماسه خالص و ترکیب هریک با ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی بنتونیت استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین طول ساقه، تعداد گره و برگ، وزن تر اندام هوایی و تعداد غلاف میوه مربوط به تیمار پوسته شلتوک ۹۰٪+ بنتونیت ۱۰٪ بود. کمترین رشد رویشی مربوط به تیمارهای حاوی ماسه و بنتونیت بود. افزودن مقدار بتونیت از ۱۰٪ به ۲۰٪ موجب کاهش شاخص‌های رشد رویشی در اکثر تیمارها شد. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش اول، تیمار ماسه حذف و در آزمایش دوم تیمارهای پوسته شلتوک، تراشه چوب، پرلیت خالص و ترکیب هریک با ۵ و ۱۰ درصد حجمی بنتونیت استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد گره و برگ، وزن خشک بوته، تعداد انشعاب و هم‌چنین بیشترین عملکرد مربوط به تیمار پرلیت خالص بود. افزودن ۵ و ۱۰ درصد بنتونیت به پوسته شلتوک و تراشه چوب موجب افزایش معنی‌دار رشد رویشی شد که این افزایش در مورد تیمارهای دارای ۱۰٪ بنتونیت بیشتر از تیمارهای حاوی ۵٪ بود. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، افزودن ۱۰٪ بنتونیت به بسترهای سبک پوسته شلتوک و تراشه چوب سبب افزایش رشد رویشی و عملکرد محصول و در همان حال کاهش هدرروی محلول غذایی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی و عملکرد، لوبیا سبز، بنتونیت، بستر کاشت، هیدروپونیک

مقدمه

به دلیل مشکلات ناشی از کشت خاکی، از جمله بیماری‌های خاکزاد، شوری و کمبود آب با کیفیت مناسب برای آبیاری، استفاده از روش‌های هیدروپونیک در دنیا و از جمله در ایران رو به گسترش است. بسترهای کاشت در سیستم‌های هیدروپونیک باید علاوه بر داشتن خصوصیاتی نظیر زهکشی مناسب، ظرفیت نگه‌داری آب، تبادل یونی مناسب، عاری بودن از آفات و بیماری‌ها و بذور علف‌های هرز (۱۲)، ارزان و در دسترس باشند (۱۵). هم‌چنین برگرداندن بسترهای با منشأ آلی به طبیعت راحت‌تر انجام می‌شود (۲۰). از آنجا که ظرفیت نگه‌داری محلول غذایی در تعدادی از بسترهای رایج هیدروپونیک محدود می‌باشد، بنابراین استفاده از مواد نگه‌دارنده

۱. به ترتیب کارشناس ارشد، دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: p.aghdak@ag.iut.ac.ir

آب و مواد غذایی می‌تواند در کاهش هدرروی محلول غذایی و کاهش هزینه‌های تولید مفید باشد (۴). در سال‌های اخیر استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب به عنوان یک راهکار در این زمینه مطرح شده است (۴). پلیمرهای سوپر جاذب، ژل‌های آبدوست یا هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقادیر زیادی آب را جذب کنند. پس از خشک شدن محیط اطراف ریشه، آب درون هیدروژل به تدریج تخلیه می‌شود و به این ترتیب، بستر کاشت به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (۶). این سوپر جاذب‌ها به صورت طبیعی و مصنوعی وجود داشته، ترکیباتی بی‌بو و بی‌خطر برای محیط زیست و بافت‌های گیاهی می‌باشند. هیدروژل‌ها از نظر بار الکتریکی دارای انواع آنیونی، کاتیونی و بدون بار می‌باشند که نوع آنیونی آن در کشاورزی دارای اهمیت است. ذرات هیدروژل‌ها از نظر اندازه به شکل پودری، کوچک (۰/۳ تا ۱ میلی‌متر)، متوسط (۱ تا ۲ میلی‌متر) و بزرگ (۲ تا ۴ میلی‌متر) می‌باشند (۱ و ۹). بنتونیت از جمله سوپر جاذب‌های طبیعی است که از گروه کانی‌های ۲:۱ بوده و مخلوطی از کانی‌های رسی است که دارای مقدار زیادی مونت‌موریلونیت می‌باشد و چسبندگی زیادی دارد. بنتونیت به سه صورت پتاسیک، سدیک و کلسیک وجود دارد. بنتونیت‌های سدیم‌دار دارای مقادیر زیادی سدیم با یون‌های قابل تعویض هستند که دارای ظرفیت بالای متورم شدن می‌باشد و وقتی آب به آنها اضافه شود به صورت ژله‌ای در می‌آیند. بنتونیت قابلیت جذب آب نسبتاً زیادی دارد و این قابلیت در نوع سدیم‌دار از انواع دیگر بیشتر است (۵).

شروع تحقیقات علمی پیرامون کاربرد هیدروژل‌ها در کشاورزی در دنیا مربوط به دهه ۱۹۸۰میلادی می‌باشد. در حالی که در ایران استفاده از مواد جاذب رطوبت به عنوان ماده افزودنی به بسترهای کاشت دارای سابقه چندانی نبوده و در چند سال اخیر آغاز شده است (۱). در پژوهشی، عابدی و سهراب (۵) اثر دو کانی زئولیت و بنتونیت بر سه نوع خاک سبک، متوسط و سنگین را در چهار سطح استفاده ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم کانی در کیلوگرم خاک بر پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک حاصل از برازش مدل RETC بررسی کردند. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد بین دو کانی با یکدیگر و با شاهد و هم‌چنین بین سطوح مختلف استفاده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت و میزان آب در دسترس گیاه نیز در هر بافت نسبت به شاهد افزایش داشت. در این پژوهش کاربرد کانی‌های بنتونیت و زئولیت موجب بهبود ساختمان خاک به دلیل افزایش چسبندگی خاکدانه‌ها، به خصوص در بافت‌های سبک شد. به علاوه درصد حجمی رطوبت اشباع و رطوبت باقی‌مانده خاک افزایش یافت (۵). عابدی و سهراب (۶) هم‌چنین اثر دو نوع سوپر جاذب سنتزی PR 3005 A و Superab A 100 را بر شاخصه‌های منحنی مشخصه رطوبتی سه نوع بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین) مورد بررسی قرار دادند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که مقدار آب در دسترس گیاه در هر بافت نسبت به نمونه شاهد افزایش دارد. هم‌چنین اثر کاربرد پلیمرها در افزایش انواع تخلخل در بافت شنی به علت درجه تورم بیشتر پلیمرها در این خاک چشمگیرتر است به طوری که باعث افزایش تخلخل مویین به میزان چهار برابر نسبت به نمونه شاهد و نیز کاهش تخلخل تهویه‌ای شده است. میلر (۱۷) اعلام کرد که کاربرد H-SPAN روی نگهداشت آب در خاک‌های با بافت متوسط، اثر قابل توجهی ندارد در حالی‌که آن را در شن به‌طور واضح افزایش می‌دهد. الحربی و همکاران (۱۱) نشان دادند افزودن مواد جاذب رطوبت به خاک باعث افزایش معنی‌دار در اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی شد. هم‌چنین اضافه کردن هیدروژل به بسترهای کاشت باعث افزایش وزن خشک نهال‌های کاهو، پنبه و تنباکو شده است (۲۴). سیواپالان و همکاران (۲۱) در آزمایشی تأثیر پلیمر رطوبتی الکوزورب را بر عملکرد و کارآیی مصرف آب توسط سویا بررسی نمودند. نتایج نشان داد استفاده از این پلیمر باعث افزایش مقدار آب نگه‌داری شده در خاک و هم‌چنین افزایش کارایی مصرف آب در سویا شد. اله‌دادی (۱) گزارش کرد که کاربرد هیدروژل موجب افزایش رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای شد. استیل (۲۲) در پژوهشی اثر کاربرد هیدروژل در محیط کشت تشکیل شده از پوست درخت را بر تعداد دور آبیاری، رشد و عمر گلجایی داوودی مورد بررسی

جدول ۱. ترکیب شیمیایی بنتونیت استفاده شده

ترکیبات شیمیایی اکسید	غلظت (%w/w)
SiO_2	۵۷/۲۲
Al_2O_3	۱۰/۷۰
Na_2O	۸/۶۰
MgO	۲/۰۲
CaO	۱/۸۹
Fe_2O_3	۱/۷۶
K_2O	۰/۴۵
TiO_2	۰/۲۳
SO_3	۰/۱۶
Cl	۰/۱۳
P_2O_5	۰/۰۳
SrO	۰/۰۳
ZrO_2	۰/۰۲
MnO	۰/۰۱
CuO	۰/۰۱
ZnO	۰/۰۱
کل	۹۹/۹۵

قرار داد. نتایج تحقیق وی نشان داد که با افزایش میزان هیدروژل، دور آبیاری کاهش و عمر گلجایی افزایش یافت، در حالی‌که وزن خشک گیاهان تحت تأثیر قرار نگرفت. جندقیان (۲) نشان داد که با افزایش مقدار هیدروژل از صفر تا ۵۰ ٪ حجمی در بستر کاشت، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه در دو گیاه شمعدانی و فیلودندرون افزایش یافت. اختر و همکاران (۱۰) نیز نشان دادند که اضافه کردن هیدروژل به بسترهای شنی و لوم شنی موجب افزایش رشد و بقای گیاهچه‌های جو، گندم و لوبیا چشم بلبلی شد.

با توجه به کم بودن ظرفیت نگه‌داری رطوبت بسیاری از بسترهای کشت محلی و ارزان قیمت داخلی و ضرورت استفاده از روش‌های مدیریتی جهت کاهش هدرروی محلول غذایی و کاهش هزینه‌های تولید، این پژوهش به منظور مطالعه اثر اختلاط هیدروژل با بسترهای کاشت بی‌اثر بر خصوصیات رویشی و عملکرد لوبیا سبز (*Phaseulus vulgaris* L) انجام شد.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش گلخانه‌ای هر کدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار و هر تکرار شامل دو بوته، در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد.

در آزمایش اول، ۹ ترکیب بستر کاشت در چهار تکرار مورد استفاده قرار گرفت. تیمارها شامل: پوسته شلتوک برنج (۱۰۰٪)، تراشه چوب (۱۰۰٪)، ماسه (۱۰۰٪)، پوسته شلتوک برنج (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)، تراشه چوب (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)، ماسه (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)، پوسته شلتوک برنج (۸۰٪)+ بنتونیت (۲۰٪)، تراشه چوب (۸۰٪)+ بنتونیت (۲۰٪) و ماسه (۸۰٪)+ بنتونیت (۲۰٪) بود. درصد اختلاط بسترها به صورت حجمی در نظر گرفته شد. ترکیب شیمیایی بنتونیت استفاده شده در جدول ۱ ارائه شده است.

تراشه چوب پس از الک کردن و جدا نمودن خاک اره به ابعاد تقریبی ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. این بستر از فرآورده‌های چوبی درختان تبریزی تهیه شد. در ابتدا بذرهای لوبیا سبز در سینی کاشت حاوی مخلوط ۸۰٪ پیت+ ۲۰٪ پرلیت ریز در تاریخ ۱۸ اسفند ۱۳۸۶ کشت شد. در تاریخ ۲۵ اسفند ۱۳۸۶ نشاها در مرحله یک برگ حقیقی به گلدان‌های اصلی منتقل شد. در این تحقیق از روش محلول‌رسانی به صورت قطره‌ای در سیستم باز استفاده شد. محلول غذایی به طور یکنواخت به بسترهای کاشت رسانده و زیادی آن توسط زهکشی جمع‌آوری و از محیط خارج شد. محلول‌رسانی به فواصل زمانی ۱/۵ ساعت و هر بار به مدت ۲ دقیقه انجام شد. سعی شد زهکشی گلدان‌ها در حد ۱۵ تا ۲۰ درصد حفظ شود تا علاوه بر دریافت کافی عناصر توسط گیاهان از تجمع املاح در سطح بسترها جلوگیری شود. از محلول غذایی ارائه شده توسط جانسون (۱۶) به غلظت یک دوم استفاده شد. متوسط دمای گلخانه در محدوده ۵±۲۵ درجه سلسیوس نگه‌داری شد. یک ماه پس از انتقال نشاها به بسترهای کاشت در تاریخ ۲۵

جدول ۲. تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر برخی صفات رشد رویشی و عملکرد (غلاف) لوبیا سبز در آزمایش اول

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد گره	تعداد برگ	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	تعداد غلاف
پوسته شلتوک برنج (۱۰۰٪)	۱۹/۱۲^{g*}	۲/۷۵^{d}	۳/۱۲^{d}	۴/۷۶^{c}	۰/۰۰^{c}
ماسه (۱۰۰٪)	۱۰۴/۱۹^{c}	۹/۰۰^{b}	۱۰/۳۰^{b}	۲۲/۶۹^{b}	۴/۷۵^{b}
تراشه چوب (۱۰۰٪)	۸۱/۲۲^{d}	۷/۸۷^{b}	۸/۱۲^{c}	۲۴/۴۱^{b}	۴/۲۵^{b}
پوسته شلتوک (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۱۳۸/۰۴^{a}	۱۶/۸۷^{a}	۱۵/۶۲^{a}	۴۳/۴۲^{a}	۹/۵۰^{a}
ماسه (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۳۶/۷۲^{e}	۴/۶۲^{c}	۳/۶۲^{d}	۷/۷۱^{c}	۰/۷۵^{c}
تراشه چوب (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۱۲۰/۶۸^{b}	۱۶/۳۷^{a}	۱۰/۸۷^{b}	۲۴/۷۳^{b}	۹/۰۰^{a}
پوسته شلتوک (۸۰٪)+ بنتونیت (۲۰٪)	۲۱/۴۲^{g}	۴/۵۰^{c}	۲/۰۰^{d}	۴/۹۳^{c}	۰/۰۰^{c}
ماسه (۸۰٪)+ بنتونیت (۲۰٪)	۲۷/۵۶^{f}	۳/۷۵^{cd}	۳/۰۰^{d}	۷/۸۵^{c}	۰/۳۷^{c}
تراشه چوب (۸۰٪)+ بنتونیت (۲۰٪)	۲۸/۵۵^{f}	۴/۰۰^{cd}	۳/۳۷^{d}	۶/۲۵^{c}	۰/۱۲^{c}
LSD	۴/۴۰	۱/۷۰	۱/۸۱	۶/۷۸	۱/۲۳

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵٪ بر اساس LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

فروردین ۱۳۸۷ گیاهان از گلدان‌ها خارج و صفات رویشی شامل ارتفاع گیاه، تعداد گره، تعداد برگ، وزن‌تر اندام هوایی و هم‌چنین تعداد غلاف تشکیل شده اندازه‌گیری شد.

در آزمایش دوم، با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش اول، بسترهای حاوی ماسه از تیمارها حذف شده و به جای آن از پرلیت استفاده شد. هم‌چنین درصد اختلاط بنتونیت با سایر مواد بستری کاهش یافت. بر این اساس تیمارهای آزمایش دوم عبارت بودند از: پوسته شلتوک برنج (۱۰۰٪)، تراشه چوب (۱۰۰٪)، پرلیت (۱۰۰٪)، پوسته شلتوک برنج (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)، تراشه چوب (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)، پرلیت (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)، پوسته شلتوک برنج (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)، تراشه چوب (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪) و پرلیت (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪). بذرکاری در دی‌ماه ۱۳۸۷ انجام شد و نشاها در مرحله سه برگ حقیقی در تاریخ ۵ بهمن ۱۳۸۷به بسترهای کاشت اصلی انتقال داده شد. از سیستم محلول رسانی آزمایش اول استفاده شده و غلظت محلول غذایی، دور و مدت محلول رسانی و سایر عوامل محیطی مشابه آزمایش اول تنظیم شد. سه ماه پس از نشاکاری، بوته‌ها از گلدان‌ها خارج و صفات رویشی و عملکرد (غلاف) اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج آزمایش اول

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر بسترهای کاشت بر ارتفاع گیاه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بوته‌های رشد کرده در بستر پوسته شلتوک برنج حاوی ۱۰٪ بنتونیت، بیشترین ارتفاع را داشتند در حالی‌که کمترین ارتفاع مربوط به تیمار پوسته شلتوک خالص بود. اما افزودن ۲۰٪ بنتونیت به پوسته شلتوک برنج موجب ایجاد تفاوت معنی‌دار در ارتفاع گیاه در مقایسه با پوسته شلتوک برنج خالص نشد. هم‌چنین افزودن ۱۰٪ حجمی بنتونیت به تراشه چوب موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه نسبت به تیمار خالص تراشه چوب شد. اما افزودن ۲۰٪ بنتونیت به تراشه چوب موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه

در مقایسه با تراشه چوب خالص شد. هم‌چنین افـزودن بنتونیـت به ماسه موجب کاهش ارتفاع گیاه در مقایسه با ماسه خالص شـد و این کاهش در تیمار ۲۰٪ بنتونیت شدیدتر بود (جدول ۲).

تعداد گره

مقایسه میانگین‌ها نشان داد پوسته شلتوک برنج (۹۰٪)+ بنتونیـت (۱۰٪) مؤثرترین تیمار در افـزایش تعـداد گـره بـود (جـدول ۲). افزایش نسبت بنتونیـت از ۱۰ بـه ۲۰ درصـد حجمـی در پوسـته شلتوک برنج، کاهش معنی‌دار در تعداد گره ایجاد کرد. با افـزودن ۱۰٪ حجمی بنتونیت به بستر تراشه چوب تعداد گره به بیش از ۲ برابر رسید در حالی که اضافه کردن ۲۰٪ بنتونیت موجب کـاهش معنی‌دار تعداد گره در مقایسه با بستر تراشه چـوب خـالص شـد. افزودن بنتونیت به ماسه موجب کاهش معنی‌دار تعداد گره نـسبت به تیمار ماسه خالص شد (جدول ۲).

تعداد برگ

بیشترین تعداد برگ در پایـان آزمـایش مربـوط بـه تیمـار پوسـته شلتوک برنج (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪) بـود (جـدول ۲). در واقـع افزودن ۱۰٪ بنتونیت موجب پنج برابر شدن تعداد برگ نسبت بـه تیمار پوسته شلتوک برنج خالص شد. با افزایش میزان بنتونیت بـه ۲۰٪، تعداد برگ کاهش یافت به طوری‌که تفـاوت معنـی‌داری در مقایسه با پوشته شلتوک خـالص نداشـت. تعـداد بـرگ در تیمـار تراشه چوب (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪) به طـور معنـی‌دار بیـشتر از تراشه چوب خالص بود. اما با افـزایش بنتونیـت از ۱۰٪ بـه ۲۰٪ تعداد برگ کاهش یافت، به طوری‌کـه بـا تراشـه چـوب خـالص تفاوت معنی‌داری نداشت. افزودن بنتونیت به ماسه موجب کاهش معنی‌دار تعداد برگ در مقایسه با ماسه خالص شد. اما بین مقـادیر مختلف بنتونیت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). دلیل این‌که تعداد برگ در بعضی تیمارها کمتر از تعداد گره‌ها می‌باشد، ریزش قبل از موقع تعدادی از برگ‌هاست. بیشتر بودن تعداد برگ در مقایسه با تعداد گره نیز به دلیل انشعاب می‌باشد، چـون تعـداد گره تنها در ساقه اصلی شمارش شده است.

وزن تر اندام هوایی

افزودن ۱۰٪ بنتونیت بـه پوسـته شـلتوک بـرنج، وزن تـر انـدام هوایی را نسبت به پوسته شلتوک خالص حدود ۹ برابر افـزایش داد (جدول ۲). در حالی که افزودن ۲۰٪ بنتونیت موجب کاهش وزن تر اندام هوایی نسبت به تیمار۱۰٪ شد، به طوری‌که تفاوت معنی‌داری در وزن اندام هوایی نسبت به پوسـته شـلتوک بـرنج خالص ایجـاد نکـرد. اضـافه کـردن ۱۰٪ حجمـی بنتونیـت بـه تراشه چـوب تفـاوت معنـی‌داری در وزن تـر انـدام هـوایی در مقایسه با تراشه چوب خـالص ایجـاد نکـرد. امـا افـزودن ۲۰٪ بنتونیت به تراشه چوب این صفت را نـسبت بـه تراشـه چـوب خالص به طور معنی‌داری کاهش داد. اضافه کـردن بنتونیـت در هر دو مقدار مصرفی به ماسه موجب کـاهش معنـی‌دار وزن تـر اندام هوایی نسبت به ماسه خالص شد (جدول ۲).

تعداد غلاف

اضافه کردن ۱۰٪ حجمی بنتونیت به پوسته شلتوک برنج، تعداد غلاف را از صفر در پوسته شلتوک برنج خالص به ۹/۵ رسـانید (جدول ۲). به طوری‌که این تیمار مؤثرترین تیمار از نظر تعـداد غلاف تـشکیل شـده در ایـن مـدت کوتـاه بـود. در مقابـل، در تیمارحاوی ۲۰٪ بنتونیت هیچ غلافـی تـشکیل نـشد. در تیمـار تراشه چوب (۹۰٪)+ بنتونیـت (۱۰٪) افـزایش معنـی‌دار تعـداد غلاف در مقایسه با تراشه چوب خالص مشاهده شد. اما افزودن ۲۰٪ بنتونیت به تراشه‌چوب موجب کاهش شدید تعداد غـلاف تا سطح کمتر از شاهد شد. افزایش بنتونیت به ماسـه در هـر دو مقدار مصرفی تعداد غلاف را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار ماسه خالص کاهش داد (جدول ۲).

نتایج آزمایش دوم

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار پرلیت خالص و کمتـرین آن مربـوط بـه تیمـار تراشـه چـوب خـالص بـود (جدول ۳). افزودن بنتونیت به پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب

جدول ۳ . تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر برخی صفات رشد رویشی لوبیا سبز در آزمایش دوم

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد گره	تعداد برگ	تعداد انشعاب	قطر ساقه (میلی‌متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن‌خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)
پوسته شلتوک برنج (۱۰۰٪)	۱۲۳^{f*}	۱۸/۰۰^{e}	۲۵/۷۵^{e}	۰/۷۵^{d}	۶/۱۶^{h}	۵/۴۰^{h}	۰/۸۷^{g}
پرلیت (۱۰۰٪)	۲۱۵^{a}	۳۰/۷۵^{a}	۶۳/۲۵^{a}	۴/۲۵^{a}	۹/۷۴^{b}	۴۶/۵۰^{b}	۱۳/۹۲^{a}
تراشه چوب (۱۰۰٪)	۹۹/۷۵^{h}	۱۲/۷۵^{f}	۱۶/۰۰^{g}	۰/۵۰^{d}	۷/۲۶^{f}	۶/۲۰^{h}	۱/۱۱^{g}
پوسته شلتوک (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)	۱۶۲/۵۰^{c}	۲۵/۲۵^{bc}	۳۳/۷۵^{c}	۳/۰۰^{b}	۸/۵۳^{d}	۳۲/۰۰^{d}	۴/۷۰^{e}
پرلیت (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)	۱۶۴/۲۵^{c}	۲۴/۰۰^{c}	۴۶/۵۰^{b}	۲/۰۰^{bc}	۱۰/۰۹^{a}	۳۷/۷۰^{c}	۷/۹۳^{c}
تراشه چوب (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)	۱۰۲/۵۰^{g}	۱۶/۷۵^{e}	۱۹/۵۰^{f}	۰/۵۰^{d}	۷/۵۹^{e}	۱۲/۹۰^{g}	۳/۰۴^{f}
پوسته شلتوک (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۱۸۱/۰۰^{b}	۲۵/۵۰^{b}	۳۵/۰۰^{c}	۱/۵۰^{cd}	۹/۲۰^{c}	۴۹/۹۵^{a}	۱۰/۰۶^{b}
پرلیت (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۱۵۰/۰۰^{d}	۲۱/۵۰^{d}	۳۰/۰۰^{d}	۲/۵۰^{bc}	۱۰/۱۴^{a}	۳۰/۰۵^{e}	۵/۸۴^{d}
تراشه چوب (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۱۴۴/۲۵^{e}	۱۷/۰۰^{e}	۱۸/۲۵^{f}	۰/۵۰^{d}	۶/۹۵^{g}	۲۵/۵۰^{e}	۵/۲۶^{e}
LSD	۲/۳۵	۱/۴۵	۱/۳۷	۱/۰۰	۰/۱۲	۱/۱۶	۰/۵۷

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵٪ بر اساس LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

به طور معنی‌داری موجب افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با تیمارهای خالص آنها شد که این افزایش طول در تیمارهای حاوی ۱۰٪ بنتونیت بیشتر از تیمارهای حاوی ۵٪ بنتونیت بود. اما افزودن ۵ و ۱۰ درصد بنتونیت به پرلیت موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار پرلیت خالص شد.

تعداد گره

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد گره در بوته مربوط به تیمار پرلیت خالص و کمترین آن مربوط به تیمار تراشه چوب خالص بود (جدول ۳). نتایج هم‌چنین نشان داد افزودن ۵٪ بنتونیت به پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب موجب افزایش معنی‌دار تعداد گره در بوته شد اما افزایش مقدار بنتونیت به ۱۰٪ افزایش بیشتری در تعداد گره ایجاد نکرد. افزودن بنتونیت به پرلیت موجب کاهش معنی‌دار تعداد گره در بوته در مقایسه با تیمار پرلیت خالص شد، به طوری‌که تعداد گره در بوته در تیمار پرلیت (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) به طور معنی‌داری کمتر از پرلیت خالص و پرلیت (۹۵٪) + بنتونیت (۵٪) بود (جدول ۳).

تعداد برگ

نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین تعداد برگ در بوته مربوط به تیمار پرلیت خالص و کمترین آن مربوط به تیمار تراشه چوب خالص بود (جدول ۳). افزودن ۵٪ بنتونیت به پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب تعداد برگ در بوته را به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمارهای خالص هریک افزایش داد. اما افزودن ۱۰٪ بنتونیت به پوسته شلتوک برنج یا تراشه چوب موجب افزایش بیشتر نگردید. هم‌چنین افزودن بنتونیت به پرلیت خالص موجب کاهش معنی‌دار تعداد برگ در بوته شد به طوری که تعداد برگ در تیمار پرلیت (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) به طور معنی‌داری کمتر از پرلیت (۹۵٪) + بنتونیت (۵٪) و پرلیت خالص بود (جدول ۳).

تعداد انشعاب

نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین تعداد انشعاب در بوته مربوط به تیمار پرلیت خالص بود. افزودن ۵٪ بنتونیت به پوسته شلتوک برنج موجب افزایش معنی‌دار تعداد انشعاب در

مقایسه با پوسته شلتوک برنج خالص شد (جدول ۳). افزودن ۵ و ۱۰ درصد بنتونیت به تراشه چوب اثر معنی‌داری بر تعداد انشعاب در بوته نداشت. در مقابل نتایج نشان داد افزودن بنتونیت به پرلیت تعداد انشعاب را به طور معنی‌داری در مقایسه با پرلیت خالص کاهش داد (جدول ۳).

قطر ساقه

نتایج نشان داد بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمارهای پرلیت (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) و پرلیت (۹۵٪) + بنتونیت (۵٪) بود (جدول ۳). کمترین قطر ساقه مربوط به تیمار پوسته شلتوک خالص بود. نتایج هم‌چنین نشان داد افزودن ۵ و ۱۰ درصد بنتونیت به پوسته شلتوک موجب افزایش معنی‌دار قطر ساقه در مقایسه با پوسته شلتوک برنج خالص شد. هم‌چنین قطر ساقه در تیمار پوسته شلتوک برنج (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪) به طور معنی‌داری بیشتر از پوسته شلتوک برنج (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪) بود. افزودن ۵ و ۱۰ درصد بنتونیت به پرلیت نیز موجب افزایش معنی‌دار قطر ساقه نسبت به تیمار پرلیت خالص شد. اما تیمارهای پرلیت (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) و پرلیت (۹۵٪) + بنتونیت (۵٪) اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. نتایج هم‌چنین نشان داد افزودن ۵ و ۱۰ درصد بنتونیت به تراشه چوب به ترتیب موجب افزایش و کاهش معنی‌دار قطر ساقه در مقایسه با تیمار خالص آن شد (جدول ۳).

وزن تر اندام هوایی

نتایج نشان داد بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار پوسته شلتوک برنج (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪) و پس از آن پرلیت بود (جدول ۳). کمترین وزن تر اندام هوایی مربوط به پوسته شلتوک خالص و پس از آن تراشه چوب خالص بود. افزودن بنتونیت به پوسته شلتوک یا تراشه چوب متناسب با مقدار مصرف موجب افزایش وزن تر اندام هوایی شد ولی افزودن بنتونیت به پرلیت موجب کاهش وزن تر اندام هوایی گردید (جدول ۳).

وزن خشک اندام هوایی

نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار پرلیت خالص و کمترین آن مربوط به تیمارهای پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب خالص بود (جدول۳). نتایج هم‌چنین نشان داد افزودن بنتونیت به پوسته شلتوک برنج یا تراشه چوب متناسب با مقدار مصرفی موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با تیمار خالص هر یک شد. اما افزودن بنتونیت به پرلیت موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با پرلیت خالص شد (جدول ۳).

تعداد غلاف در بوته

نتایج نشان داد بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار پرلیت (۹۵٪) + بنتونیت (۵٪) بود. نتایج هم‌چنین نشان داد افزودن ۵٪ بنتونیت به پوسته شلتوک برنج موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در مقایسه با پوسته شلتوک خالص شد. اما با افزایش مقدار بنتونیت به ۱۰٪ تعداد غلاف در بوته کاهش یافت. افزودن ۵٪ بنتونیت به پرلیت نیز موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در مقایسه با پرلیت خالص شد. اما افزودن ۱۰٪ بنتونیت تأثیر منفی بر تعداد غلاف در بوته داشته به طوری‌که مشابه پرلیت خالص شد. نتایج هم‌چنین نشان داد افزودن ۵ و ۱۰ درصد بنتونیت به تراشه چوب تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در مقایسه با تیمار تراشه چوب خالص نداشت (جدول ۴).

وزن غلاف در بوته

نتایج نشان داد بیشترین وزن غلاف در بوته مربوط به تیمارهای پرلیت خالص و پرلیت (۹۵٪) + بنتونیت (۵٪) و کمترین آن مربوط به تیمارهای تراشه چوب خالص، تراشه چوب (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪) و پوسته شلتوک برنج (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪) بود. نتایج هم‌چنین نشان داد افزودن ۵٪ بنتونیت به پوسته شلتوک برنج موجب افزایش معنی‌دار وزن غلاف در مقایسه با تیمار پوسته شلتوک خالص شد. اما افزودن ۱۰٪ بنتونیت به آن وزن تر غلاف را در مقایسه با پوسته شلتوک برنج خالص به طور

جدول ۴ . تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر تعداد و وزن غلاف لوبیا سبز در آزمایش دوم

تیمار	تعداد غلاف	وزن تر غلاف (گرم در گلدان)
پوسته شلتوک (۱۰۰٪)	۲/۲۵^{d*}	۷/۳۲^{cd}
پرلیت (۱۰۰٪)	۳/۵۰^{bc}	۱۶/۶۲^{a}
تراشه چوب (۱۰۰٪)	۱/۵۰^{d}	۳/۶۶^{e}
پوسته شلتوک (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)	۴/۰۰^{ab}	۱۳/۹۸^{b}
پرلیت (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)	۵/۲۵^{a}	۱۷/۰۰^{a}
تراشه چوب (۹۵٪)+ بنتونیت (۵٪)	۱/۵۰^{d}	۳/۸۵^{e}
پوسته شلتوک(۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۱/۵۰^{d}	۳/۵۵^{e}
پرلیت (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۳/۵۰^{bc}	۶/۵۰^{d}
تراشه چوب (۹۰٪)+ بنتونیت (۱۰٪)	۳/۰۰^{bcd}	۸/۹۳^{c}
LSD	۱/۵۶	۲/۰۴

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵٪ بر اساس LSD اختلاف معنی داری ندارند.

معنی‌داری کاهش داد. افزودن ۵٪ بنتونیت به پرلیت نیز تأثیر معنی‌داری بر وزن غلاف‌ها در مقایسه با پرلیت خالص نداشت. اما افزودن ۱۰٪ بنتونیت وزن تر غلاف‌ها را نسبت به تیمار پرلیت خالص به طور معنی‌داری کاهش داد. افزودن ۵٪ بنتونیت به تراشه چوب نیز تأثیر معنی‌داری بر وزن غلاف‌ها نداشت. اما افزودن ۱۰٪ هیدروژل به آن وزن غلاف‌ها را در مقایسه با تراشه چوب خالص به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۴).

بحث

در این پژوهش با افزودن ۱۰٪ حجمی هیدروژل به بسترهای پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب تمامی صفت‌های رویشی اندازه‌گیری شده افزایش یافت. جندقیان در پژوهشی با کاربرد سوپر جاذب پلی‌اکریل آمید در محیط کشت فیلودندرون نشان داد که با افزایش مقدار سوپر جاذب از صفر تا ۵۰٪ حجمی ارتفاع گیاه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه افزایش یافت. در پژوهش حاضر افزودن بنتونیت به مقدار بیش از ۱۰٪ اثر منفی بر رشد گیاه داشت که به دلیل نگه‌داری آب فراوان در بستر و کاهش هوا یا اکسیژن لازم برای تنفس ریشه‌ها می‌باشد. بر اساس پژوهش‌های انجام شده می‌توان بیان کرد که افزایش رشد رویشی در حضور بنتونیت می‌تواند ناشی از بهبود ویژگی‌های فیزیکی بسترها (۴) و در نتیجه افزایش ظرفیت نگه‌داری آب و افزایش آب قابل دسترس گیاه (۱۳ و۲۶)، افزایش جذب عناصر غذایی(۱۴) و کاهش تبخیر سطحی بسترها (۱۰) باشد. مواد سوپرجاذب رطوبت هم‌چنین به دلیل بهبود شرایط فیزیکی بسترهای کاشت موجب بهبود رشد ریشه‌ها می‌شوند (۲۵).

هم‌چنین پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تنش رطوبتی باعث کاهش طول ساقه می‌شود (۲۳). بنتونیت با افزایش ظرفیت نگه‌داری رطوبت بسترهای کاشت باعث جلوگیری از تنش رطوبتی شده و در فاصله بین دو محلول رسانی باعث ایجاد حالت بافری در بسترها شده و با کاهش اثر تنش رطوبتی مانع کاهش رشد گیاهان خواهد شد.

نتایج این پژوهش نشان داد افزودن بنتونیت به ماسه و هم‌چنین افزودن درصد حجمی بنتونیت از ۱۰ به ۲۰ درصد در دو بستر پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب موجب کاهش معیارهای رشد و عملکرد شد. به نظر می‌رسد در این تیمارها، بنتونیت با نگهداشت رطوبت با گیاه رقابت کرده است که می‌تواند به علت نگه‌داری آب بیش از حد نیاز گیاه در بسترها باشد که اثر منفی بر

تنفس ریشه گیاهان به دلیل کاهش اکسیژن داشته است. ماسه به دلیل دارا بودن درصد بالاتری از خلل و فرج ریز نیاز کمتری به مواد سوپر جاذب رطوبت نسبت به بسترهای پوسته شلتوک، تراشه چوب و پرلیت دارد. براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، قابلیت نگه‌داری رطوبت بسترهای پوسته شلتوک، تراشه چوب و پرلیت به ترتیب ۱۴/۷، ۱۳/۸ و ۲۸ درصد و تخلخل تهویه‌ای آنها به ترتیب ۷۵/۳، ۸۱/۲ و ۴۴ درصد بود. این بسترها به دلیل قابلیت نگه‌داری رطوبت کمتر از ماسه برای ریشه، پاسخ بهتری نسبت به ماسه در مقابل کاربرد سوپر جاذب نشان داده‌اند. بنتونیت به‌کار رفته در این تحقیق از نوع پودری بود. احتمالاً پر شدن فضاهای خالی بستر ماسه به وسیله بنتونیت موجب کاهش اکسیژن موجود در بستر ماسه و کاهش رشد رویشی گیاهان شده است. به همین علت توصیه شده است برای مقاصد کشاورزی و باغبانی از ذرات هیدروژل بزرگ‌تر از ۱ تا ۳ میلی‌متر استفاده شود (۸). این نتایج مشابه با نتایج شرفا (۳) است که بیان کرد افزودن سوپر جاذب در بسترهای سبک مانند پرلیت موجب افزایش ظرفیت نگه‌داری رطوبت و کاهش هدر رفت آب می‌شود ولی در خاک‌های سنگین به علت ظرفیت نگه‌داری رطوبت بالا در حالت عادی در این خاک‌ها، سوپر جاذب نه تنها مشکلی را حل نکرده بلکه مشکل رطوبتی بستر را تشدید می‌نماید. هم‌چنین استیل (۲۲) بیان کرد اضافه کردن مقادیر بالای هیدروژل (۳۹۷ و ۴۵۴ گرم بر ۰/۰۳ متر مکعب) به بستر پوست درخت به علت کاهش میزان تهویه بستر به خاطر پر شدن فضاهای خالی در اثر تورم هیدروژل موجب کاهش وزن خشک بوته‌های داوودی شد.

نتایج این تحقیق نشان داد افزودن ۱۰٪ حجمی بنتونیت به پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب موجب افزایش عملکرد شد که مشابه با نتایج عابدی کوپایی و مسفروش (۴)، پدمن و همکاران (۱۹) و الحربی و همکاران (۱۱) می‌باشد. تنش رطوبتی با اختلال در تکامل گل و تبدیل شدن آن به میوه موجب کاهش عملکرد می‌شود (۱۸). بنابراین عملکرد کم بسترهای پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب خالص به علت تأثیر منفی تنش رطوبتی بر تکامل گل و غلاف‌هاست. افزودن ۱۰٪ بنتونیت با افزایش قابلیت نگه‌داری رطوبت در این بسترها باعث کاهش تنش رطوبتی و بهبود عملکرد محصول می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده، افزودن بنتونیت به بسترهای بی‌اثر نظیر پوسته شلتوک برنج و تراشه چوب که با قیمت بسیار کم و به وفور یافت می‌شود از طریق بهبود قابلیت نگه‌داری آب و محلول غذایی موجب بهبود ویژگی‌های رویشی و عملکرد لوبیا سبز شده و می‌توان از این بسترها به عنوان بسترهای مناسب در هیدروپونیک استفاده نمود. با این حال، با توجه به نتایج سایر محققین به نظر می‌رسد درصدهای کمتری از بنتونیت مؤثرتر باشد، اگرچه برای این فرضیه نیاز به آزمایش دیگری می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان مراتب قدردانی خود را از آقای دکتر قاضی عسگر به‌خاطر تأمین سوپرجاذب مورد نیاز این پژوهش اعلام می‌دارند.

منابع مورد استفاده

۱. اله دادی، ا. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر کاربرد هیدروژل‌های سوپر جاذب در کاهش تنش خشکی در گیاهان. مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی- آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر جاذب، تهران، صفحات ۳۳-۵۵.

۲. جندقیان، م. ۱۳۷۵. بررسی اثر کوپلیمرهای پلی‌اکریل‌آمید روی ریشه‌زایی فیلودندرون (*Phylodendron scandens* S) و رشد شمعدانی (*Pelargonium hortorum* L.). پایان‌نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم، ۹۵ ص.

۳. شرفا، م. ۱۳۶۶. اثر پرلیت و هیدروپلاس بر تخلخل، ظرفیت نگه‌داری رطوبت و آب‌گذری خاک‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۴. عابدی‌کوپایی، ج. و م. مسفروش. ۱۳۸۶. ارزیابی کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و ذخیره عناصر غذایی در خیار گلخانه‌ای. مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارتقاء کارآیی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای، ۲۹ مهر، تهران.

۵. عابدی کوپایی، ج. و ف. سهراب. ۱۳۸۳. تأثیر کانی‌های زئولیت و بنتونیت بر خصوصیات هیدرولیکی خاک‌ها. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش بلور شناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه شهید چمران، اهواز، صفحات ۵۶۲-۵۶۷.

۶. عابدی کوپایی، ج. و ف. سهراب. ۱۳۸۳. ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابرجاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۱۷(۳): ۱۶۳-۱۷۳.

۷. عسگری، ف.، س. نفیسی، ح. امیدیان و س.ع. هاشمی. ۱۳۷۳. سنتز، شناسایی و اصلاح خواص ابرجاذب‌ها. سمینار بین‌المللی علوم و تکنولوژی پلیمر، تهران، صفحات ۸۰ -۸۳.

۸. کبیری، ک. ۱۳۸۱. مقدمه‌ای بر کاربرد هیدروژل‌های سوپر جاذب آکریلی در صنایع گوناگون. مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی- آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر جاذب، تهران، صفحات ۱-۳۲.

۹. کبیری، ک. ۱۳۸۴. هیدروژل‌های سوپر جاذب (معرفی و کاربردها). مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژل‌های سوپر جاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران.

10. Akhter, J., K. Mahmood, K. A. Malik, A. Mardan, M. Ahmad and M. M. Igbal. 2004. Effect of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soil and seedling growth of barley, wheat and chickpea. Plant Soil Environ. 50: 463-469.
11. Al-Harbi, A. R., A. M. Al-Omran, A. A. Shalalay and M. I. Choudhary. 1999. Efficacy of a hydrophilic polymer declines with time in greenhouse experiments. HortScience 34: 223-224.
12. Cantliffe, D. J., J. Funes, E. Jovicich, A. Parajpe, J. Rodriguez and N. Shaw. 2003. Media and containers for greenhouse soilless grown cucumbers, melons, pepper and strawberries. Acta Hort. 614: 199-203.
13. Davies, F. T. and Y. Castro-Jimenez. 1989. Water relations of Lagerstromia indica growth in amended media under drought stress. Sci. Hort. 41: 97-104.
14. El-Hady, O. A., M. Y. Tayel and A. A. Lofty. 1981. Super gel as a soil conditioner. II- Its effect on plant growth, enzymes activity, water use efficiency and nutrient uptake. Acta Hort. 119: 257-265.
15. Grillas, S., M. Lucas, E. Bardopoulou, S. Sarafopoulos and M. Voulgari. 2001. Perlite based culture systems: current commercial applications and prospect. Acta Hort. 548: 105-113.
16. Johnson, C. M., P. R. Stout, T. C. Boyer and A. B. Carlton. 1957. Comparative chlorine requirements of different plant species. Plant Soil 8: 337-353.
17. Miller, D. E. 1979. Effect of H-SPAN on water retention of soil after irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 628- 629.
18. Nuruddin, M. M., C. A. Madramootoo and G. T. Dodds. 2003. Effect of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality. HortScience 38: 1389-1393.
19. Padman, d. R., B. L. porwal and J. C. Patel. 1994. Effect of levels of irrigation, nitrogen and jalashakti on gtowth and yield of Indian mustard (*Brassica juncea*). Indian J. of Agron. 39: 599-603.
20. Shaw, N. L., D. Cantliffe, J. Funes and C. Shine. 2004. Successful beit alpha cucumber production in the greenhouse using pine bark as an alternative soilless media. Hort. Tech. 14: 289-294.
21. Sivapalan, S. 2001. Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency. Proc. of 10th Australian Agronomy Conference, Hobart.
22. Still, S. M. 1976. Growth of sunny mandalay chrysanthemums in hardwood bark amended media as affected by insolublized polyethylene oxide. HortScience 11: 483-484.
23. Stocker, O. 1960. Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency. Arid Zone Res. 15: `63-94.
24. Wallace, A. and G. A. Wallace. 1986. Effect of polymeric soil conditioners on emergence of tomato seedlings. Soil Sci. 141: 321-323.
25. Wallace, A. and G. A. Wallace. 1994. Water soluble polymers help protect the environment and correct soil problems. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 25:105-108.
26. Wang, Y. and L. L. Gregg. 1992. Hydrophilic polymers, their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. Am. Soc. Hort. Sci. 115: 943-948.