

مقایسه پارامترهای رویشی و عملکرد ریشه گیاه دارویی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*) در سیستم های مختلف کشت بدون خاک و کشت خاکی تحت تأثیر منابع مختلف نیتروژن

احمد استاجی^{۱*}، حمیدرضا روستا^۱ و محمود رقامی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۹)

چکیده

تولید گیاهان دارویی در سیستم های کشت بدون خاک و شرایط کنترل شده فرصتی را برای افزایش کمیت و کیفیت ماده اولیه گیاهان دارویی فراهم می کند. برای این منظور، آزمایشی به صورت فاکتوریل با چهار سیستم مختلف کشت (هواکشت، لایه نازک محلول غذایی (NFT)، هیدروپونیک کلاسیک (بستر) و خاک) تحت تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن (نیترات، آمونیوم و آمونیوم) در سه تکرار صورت گرفت. نتایج نشان داد که صفات رویشی نظیر ارتفاع گیاه، قطر ساقه و ریشه، تعداد شاخه جانبی و سطح برگ تحت تأثیر سیستم های مختلف کشت و منابع مختلف نیتروژن قرار گرفت، به طوری که گیاهان تغذیه شده با نیترات آمونیوم در سیستم هواکشت بیشترین ارتفاع گیاه، قطر ساقه و قطر ریشه را به خود اختصاص دادند. همچنین، نتایج نشان داد که صفات مربوط به وزن تر و خشک ریشه و ساقه و عملکرد ریشه در هکتار تحت تأثیر سیستم های مختلف کشت و تغذیه نیتروژن قرار گرفت، به طوری که بیشترین مقدار این صفات در سیستم کشت هواکشت و تغذیه نیترات آمونیوم و کمترین مقدار سیستم هواکشت و تغذیه نیتروژن آمونیومی قرار گرفت. لذا، با توجه به نتایج به دست آمده، نیترات آمونیوم در سیستم هواکشت مناسب ترین منبع نیتروژن برای تولید ریشه شیرین بیان است.

کلمات کلیدی: سیستم لایه نازک محلول غذایی، شیرین بیان، نیترات آمونیوم، هواکشت، هیدروپونیک

مقدمه

ترکیبات ثانویه که در این گیاه سنتز می گردد اسید گلیسرینیک می باشد که نقش مهمی در کنترل بیماری های نظیر ایدز (۱۷) و سرطان (۱۱) دارد. امروزه، بسیاری از دولت ها با افزایش تقاضای بازارهای جهانی، توجه بیشتری به کشت گیاهان دارویی نموده اند. با توجه به اهمیت گیاهان دارویی، امروزه شاهد احداث مزارع وسیع آزمایشی و تولیدی در زمینه

گیاه شیرین بیان با نام علمی *Glycyrrhiza glabra* L. گیاهی چندساله از خانواده بقولات (Leguminosae) است که به واسطه دارا بودن ترکیبات دارویی و غذایی مهم در ریشه و ریزوم آن در دنیا حائز اهمیت بوده و مورد توجه صنایع دارویی، غذایی و حتی دخانیات قرار گرفته است (۷). یکی از

۱. گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: estaji1366@gmail.com

ریشه و عدم رشد علف‌های هرز بر کشت خاکی ترجیح داده می‌شود (۶).

بنابراین، تحقیقات زیادی مبنی بر استفاده از سیستم‌های کشت برای افزایش عملکرد نسبت به کشت خاکی مطرح شده است، به طوری که استفاده از سیستم هواکشت سبب افزایش تولید ریزغده در گیاه سیب‌زمینی شد (۴). همچنین، استفاده از سیستم‌های مختلف کشت نظیر NFT و هواکشت روی گیاهان دارویی مختلف نظیر زنجبیل، باب‌آدم، گزنه و ریحان فندقی سبب افزایش عملکرد این گیاهان نسبت به کشت خاکی گردید (۱۵). مقدار کلروژنیک اسید گیاه خار باب‌آدم تولید شده در شرایط هواکشت در مدت ۶ ماه برابر مقدار کلروژنیک اسید گیاهان دوساله در شرایط نرمال بود (۱۶). ماده مؤثره گیاه دارویی شیرین‌بیان که در سیستم کشت جریان عمیق (Deep Flow Technique, DFT) و کشت گلدانی رشد کرده، در ۶ ماه اول رشد سنتز گردیده بودند. این در صورتی است که گیاه شیرین‌بیان در شرایط عادی از سال‌های سوم و چهارم تولید ماده مؤثره را دارد (۶). از طرف دیگر، رعایت اصول تغذیه‌ای در سیستم‌های مختلف کشت تأثیر مستقیمی بر عملکرد و رشد گیاه دارد و در این بین مدیریت تغذیه کود نیتروژن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۴). اکثر گیاهان می‌توانند از نیترات و آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (۱۰). ولی نیترات را به آمونیوم ترجیح می‌دهند؛ اگرچه کاربرد همزمان این دو ترکیب اثرات مفیدی بر رشد و محصول دارد (۲۲). میزان اثربخشی هر کدام از آنها به مرحله رشد گیاه، میزان جذب عناصر غذایی، گونه گیاهی و نسبت نیترات به آمونیوم بستگی دارد (۱۰). به طور کلی، کاهش رشد در گیاهانی که با آمونیوم تغذیه می‌شوند در اثر عواملی مانند اختلال در کاهش آمونیوم، کاهش pH، اثرات سمیت آمونیوم آزاد، کمبود عناصر غذایی مثل پتاسیم، کلسیم و منیزیم و نیز محدودیت کربوهیدرات ناشی از مصرف بیش از حد قندهای محلول برای آسیمیلایون آمونیوم است (۲۵).

گیاهان دارویی هستیم. در این راستا، هر ساله صدها هزار هکتار از زمین‌های کشورهای غربی و آمریکا برای کشت گیاهان دارویی اختصاص می‌یابد. در این بین، سطح زیر کشت گیاهان دارویی در ایران حدود ۶۶ هزار هکتار می‌باشد که گیاه شیرین‌بیان هیچ سهمی ندارد. سالانه صدها تن از ریشه شیرین‌بیان جهت استخراج مواد با ارزش شیمیایی و دارویی به صورت خام از کشور خارج می‌شود و فرآورده‌های آن به کشور وارد می‌شود و در نهایت این گیاه نیز در معرض انقراض است (۲). از طرف دیگر، به خاطر خشکسالی و شوری آب آبیاری، در سال‌های اخیر در کشور تمرکز بر تولید گیاهان دارویی با کیفیت مناسب تحت شرایط کنترل شده معطوف گردیده است و فنون تولید جایگزینی را برای تولید این گیاهان در تراکم زیاد به وجود آورده است (۱ و ۱۵).

اهمیت کشت‌های هیدروپونیک در تولید میزان مناسب محصول به همراه کیفیت و کمیت خوب می‌باشد که سال‌هاست دانشمندان به آن پی برده‌اند. در این فن، آب و مواد غذایی به میزان مورد نیاز در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و از هدرروی و ایجاد سمیت آن‌ها جلوگیری می‌شود و در نهایت با صرف کمترین هزینه تولید، بیشترین بازدهی اقتصادی را در پی خواهد داشت. هر چند که از بزرگترین معایب این روش، عدم آشنایی کشاورزان و دقت و مهارت فوق‌العاده مورد نیاز برای این روش کشت می‌باشد (۵). سیستم‌های مختلفی برای تولید گیاهان دارویی در سیستم هیدروپونیک استفاده می‌شود. تکنیک لایه نازک محلول غذایی (Nutrient film technique, NFT) یکی از روش‌های هیدروپونیک است که اساس آن بر جریان کم‌عمق یا لایه‌ی نازکی از محلول غذایی روی ریشه‌های گیاه در حال رشد برای تأمین آب، مواد غذایی و اکسیژن استوار است (۱۶). سیستم بسیار پیشرفته دیگر، سیستم هواکشت می‌باشد که توزیع آب و مواد غذایی به ریشه گیاه توسط نازل‌هایی مثل مه‌پاش انجام می‌شود (۴). بسترهای مختلف کشت یک نوع دیگر از سیستم هیدروپونیک می‌باشند که مواد غذایی به وسیله محلول غذایی به بستر اضافه شده و به خاطر تهویه مناسب در محیط

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی متر)

میزان	مشخصه	میزان	مشخصه
۶۶۰	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	۱/۶۹	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۱۲۵	فسفر قابل جذب (mg/kg)	۸/۰	پهش
۱۸/۵	منگنز قابل جذب (mg/kg)	۳۵	درصد شن
۱۵/۶	آهن قابل جذب (mg/kg)	۴۰	درصد رس
۱۷/۶	روی قابل جذب (mg/kg)	۲۵	درصد سیلت
۱/۳۵	مس قابل جذب (mg/kg)	۰/۱۸	درصد نیتروژن کل
۴/۳۳	سدیم قابل جذب (meq/L)	۱/۸۱	SAR

هواکشت، NFT، هیدروپونیک کلاسیک و کشت گلدانی حاوی خاک انتقال داده شدند. جهت تولید و رشد گیاه شیرین بیان در سیستم هواکشت، از سه وان پلاستیکی استفاده شد. درون هر وان پلاستیکی چهار نازل با فواصل ۳۰ سانتی متر نصب شد تا آب و مواد غذایی را به صورت مه به سمت ریشه هدایت کنند. جهت نگهداری گیاهان در سیستم هواکشت از یک صفحه یونولیتی استفاده شد که روی آن منافذی با فاصله ۱۰×۱۰ جهت نگهداری گیاه قرار داده شده بود. در پایین هر مخزن یک مخزن ذخیره محلول غذایی (۱۰۰ لیتری) قرار داشته که محلول با استفاده از یک پمپ به سمت نازلها هدایت شده و با استفاده از یک تایمر مخصوص، ریشه‌ها هر ۱۵ دقیقه یک بار به مدت ۱۵ ثانیه محلول پاشی می‌شدند. همچنین، برای کشت گیاهان شیرین بیان در سیستم هیدروپونیک از گلدان‌های چهار لیتری استفاده شد که حاوی بستر کوکوپیت و پرلیت با نسبت ۱:۱ بودند. برای مقایسه سیستم‌های مختلف هیدروپونیک با کشت خاکی، از گلدان‌های حاوی خاک که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ آمده است، نیز استفاده شد. در نهایت، جهت کشت گیاه دارویی شیرین بیان از سیستم لایه نازک محلول غذایی استفاده شد که در این آزمایش شامل سه سیستم جداگانه بود که هر سیستم دارای دو آبراهی ۲ متری و روی هر آبراه ۸ منفذ کشت با فاصله ۲۰ سانتی متر از هم قرار داشت. هر سیستم NFT دارای یک مخزن ۵۰ لیتری بود. داخل

با توجه به اهمیت گیاه دارویی شیرین بیان در صنایع داروسازی و اقتصاد کشور، همچنین جلوگیری از انقراض این گیاه و تولید ریشه مطلوب و با کیفیت عالی، این آزمایش جهت ارزیابی اثر سیستم‌های مختلف کشت بدون خاک از جمله NFT، هواکشت، کشت در بستر و کشت خاکی بر عملکرد تولید ریشه گیاه شیرین بیان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

کشت بذر و انتقال نشا

بذرهای گیاه دارویی شیرین بیان از بانک گیاهی مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران تهیه شد و به خاطر وجود رکود فیزیکی با استفاده از اسید سولفوریک ۸۰٪ به مدت ۱۰ دقیقه خراش دهی شد و پس از شستشو با آب مقطر، بذرها در سینی‌های کشت حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت شدند. سپس، سینی‌های کشت به گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولیعصر که دارای نور طبیعی و دمای ۲۴±۳ درجه سلسیوس در روز و ۲۱±۳ درجه سلسیوس در شب و میانگین رطوبت نسبی ۵۴٪ انتقال داده شده و به مدت ۲۱ روز در این شرایط نگهداری شدند. پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها با محلول غذایی رقیق شده هوکلند (نسبت ۵:۱) تغذیه شده و در نهایت دانها (با ارتفاع گیاه ۱۰ سانتی متر) به سیستم‌های کشت مورد نظر که شامل سیستم

جدول ۲. محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش

آمونیم		نیترات آمونیم			نیترات			
مقدار در محلول نهایی (میلی لیتر بر لیتر)	غلظت محلول پایه	نوع کود	مقدار در محلول نهایی (میلی لیتر بر لیتر)	غلظت محلول پایه	نوع کود	مقدار کاربرد در محلول نهایی (میلی لیتر بر لیتر)	غلظت محلول پایه	نوع کود
عناصر پر مصرف								
۰/۵	(۱ مولار)	KH ₂ PO ₄	۰/۵	(۱ مولار)	KH ₂ PO ₄	۰/۵	(۱ مولار)	KH ₂ PO ₄
۲	(۱ مولار)	MgSO ₄	۲	(۱ مولار)	MgSO ₄	۲	(۱ مولار)	MgSO ₄
۲/۵	(۱ مولار)	NH ₄ SO ₄	۲/۵	(۱ مولار)	NH ₄ SO ₄	۲/۵	(۱ مولار)	KNO ₃
۲/۵	(۱ مولار)	CaCl ₂	۲/۵	(۱ مولار)	CaNO ₃	۲/۵	(۱ مولار)	CaNO ₃
عناصر کم مصرف								
۲	۶ گرم در لیتر	Fe-EDDHA	۲	۶ گرم در لیتر	Fe-EDDHA	۲	۶ گرم در لیتر	Fe-EDDHA
۱	۲/۸۶ گرم در لیتر	H ₃ BO ₃	۱	۲/۸۶ گرم در لیتر	H ₃ BO ₃	۱	۲/۸۶ گرم در لیتر	H ₃ BO ₃
	۱/۸۱ گرم در لیتر	MnCl ₂		۱/۸۱ گرم در لیتر	MnCl ₂		۱/۸۱ گرم در لیتر	MnCl ₂
	۰/۲۲ گرم در لیتر	ZnSO ₄	۱	۰/۲۲ گرم در لیتر	ZnSO ₄	۱	۰/۲۲ گرم در لیتر	ZnSO ₄
	۰/۰۸ گرم در لیتر	CuSO ₄		۰/۰۸ گرم در لیتر	CuSO ₄		۰/۰۸ گرم در لیتر	CuSO ₄
	۰/۰۲ گرم در لیتر	H ₂ MoO ₄		۰/۰۲ گرم در لیتر	H ₂ MoO ₄		۰/۰۲ گرم در لیتر	H ₂ MoO ₄

*ریزمغذی‌ها بجز آهن در یک محلول پایه تهیه و در محلول نهایی به میزان ۱ میلی لیتر بر لیتر استفاده شد.

بدون خاک با محلول هوگلند از سه منبع نیتروژن (نیترات، نیترات آمونیم و آمونیم) تغذیه شدند (جدول ۲). در نهایت، یکسری پارامترهای رشد (طول ساقه، طول ریشه، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ، قطر ساقه، قطر ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه) و عملکرد ریشه در هکتار مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه‌گیری این پارامترها ۱۲۰ روز پس از انتقال گیاهان به سیستم‌های کشت صورت گرفت. ارتفاع با استفاده از خط‌کش و قطر ساقه و ریشه در فاصله ۳ سانتی متری از طوقه با استفاده

هر مخزن یک پمپ شناور قرار داشت که محلول غذایی را به لوله‌ها می‌رساند. لوله‌ها آب را به انتهای آبراهه می‌بردند و از آنجا با دو شیلنگ رابط با قطر دهانه یک سانتی متر محلول غذایی وارد آبراهه می‌شد. میزان آبدهی آبراهه‌ها وقتی که به مخزن بر می‌گشت تقریباً ۳ لیتر در دقیقه بود. شیب آبراهه‌ها ۱/۵ درصد بود که از طریق بالا آمدن پایه‌های عقبی میز به وجود آمده بود تا محلول غذایی به راحتی در آبراهه‌های سیستم جریان پیدا کند. چهار ماه پس از انتقال نشاها، گیاهان برداشت شدند و طی این مدت گیاهان در سیستم‌های مختلف کشت

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس سیستم‌های کشت مختلف و منابع مختلف کود نیتروژن بر صفات رویشی گیاه دارویی شیرین بیان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	تعداد ساقه	قطر ساقه	قطر ریشه
سیستم کشت (S)	۳	۴۸۵/۳۶۳**	۴/۳۶۵**	۱۹/۴۸۵*	۴۳۲۱/۲۶*
منابع نیتروژن (N)	۳	۲۶۶/۷۵۲**	۰/۳۲۷ ^{ns}	۲۷/۰۹۷**	۸۲۲۳/۵۴۳**
N × S	۹	۹۸/۳۳۱**	۰/۲۹۸**	۱۲/۹۱*	۴۹۶۱/۱۵۹**
خطا	۲۴	۵۰/۸۶	۰/۳۲۲	۵/۴۳۲	۹۲۳/۸۵۲
ضریب تغییرات (%)		۱۱/۴۲	۷/۶	۱۴/۶	۸/۹

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که سیستم هواکشت نسبت به سایر سیستم‌های کشت بیشترین تأثیر را بر ارتفاع گیاه، سطح برگ و قطر ریشه داشت. ولی گیاهان کشت شده در بستر کشت کوکوپیت و پرلیت از بیشترین تعداد ساقه جانبی برخوردار بودند. همچنین نتایج حاکی از آن است که در بین منابع مختلف کود نیتروژن، بیشترین پارامترهای رویشی اندازه‌گیری شده در این تحقیق در کاربرد کود نیترات آمونیوم و کمترین مقدار این پارامترها در کاربرد کود آمونیوم به‌دست آمد (جدول ۴).

وزن تر و خشک و عملکرد ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در ارتباط با وزن تر و خشک ریشه و ساقه و عملکرد ریشه در هکتار نشان داد که اثر سیستم‌های مختلف، منابع کود نیتروژن و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶)، در بین گیاهان رشد یافته در هر یک از سیستم‌های رشد، گیاهان رشد کرده در تغذیه نیترات آمونیوم و آمونیوم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن تر و خشک ریشه و ساقه و عملکرد ریشه در هکتار را به خود اختصاص دادند. نتایج همچنین حاکی از آن می‌باشد که تأثیر آمونیوم بر کاهش وزن تر و خشک و عملکرد در سیستم‌های مختلف متفاوت بود. به

از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ، با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf Area meter) مدل CI 202 اسکن و سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن تر، ابتدا گیاه از ناحیه طوقه جدا و به دو قسمت اندام‌های هوایی و ریشه تقسیم شد و پس از شستشو و خشک شدن، هر کدام از اندام‌ها با ترازو جداگانه توزین گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده و سپس توزین شدند.

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل، با دو فاکتور شامل سیستم‌های کشت (هواکشت، لایه نازک محلول غذایی (NFT)، هیدروپونیک کلاسیک (بستر) و خاک) و منابع مختلف نیتروژن (نیترات، نیترات آمونیوم و آمونیوم) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام پذیرفت. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ توسط آزمون دانکن انجام شد. با استفاده از برنامه MINITAB نسخه ۱۴، تست نرمالیتیه روی داده‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

پارامترهای رویشی گیاه شیرین‌بیان نظیر ارتفاع گیاه، قطر ریشه و ساقه، تعداد ساقه و سطح برگ تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کشت و منابع مختلف کود نیتروژن و اثر متقابل آنها

جدول ۴. اثر متقابل سیستم‌های کشت و منابع مختلف کود نیتروژن بر صفات رویشی گیاه دارویی شیرین بیان

سیستم‌های کشت	منابع مختلف نیتروژن	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر ساقه (میلی‌متر)	قطر ریشه (میلی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
	نیترات	۴۸/۸۳ b	۸/۳۳ d	۲/۸۶ d	۶/۶۸ b	۲۰/۹۷ c
هواکشت	نیترات آمونیوم	۶۰/۶۶ a	۱۰/۶۷ bc	۳/۲۱ bc	۷/۲۶ a	۲۶/۳۹ a
	آمونیوم	۳۰/۶۷ fg	۵/۳۳ e	۱/۳۹ c	۱/۷۷ i	۹/۰۲ g
	نیترات	۳۶/۳۳ cdef	۸/۳۳ d	۱/۷۱ c	۴/۰۴ e	۱۴/۸۳ ef
NFT	نیترات آمونیوم	۳۹ cd	۸/۴۵ d	۲/۵۳ a	۵/۶۰ c	۲۱/۸۴ bc
	آمونیوم	۳۵ def	۶/۵ de	۱/۴۷ c	۲/۳۹ h	۷/۵۹ g
هیدروپونیک کلاسیک (بستر)	نیترات آمونیوم	۳۷/۳۳ cd	۱۲/۰۶ a	۱/۵۸ c	۶/۷۲ b	۱۷/۶۵ d
	نیترات آمونیوم	۴۹/۵ b	۱۳/۳۳ ^{ab}	۱/۵۵ c	۶/۹۳ ab	۲۴/۲۹ ab
	آمونیوم	۳۷/۳۳ cde	۱۰/۰۴ c	۱/۴۰ c	۶/۷۲ d	۱۶/۷۸ de
	نیترات	۳۲/۵ fg	۳/۵۰ fg	۱/۶۰ c	۲/۹۵ g	۹/۵۱ g
خاک	نیترات آمونیوم	۴۱/۸۳ c	۴/۸۳ ef	۱/۴۵ c	۳/۳۲ f	۹/۵۴ f
	آمونیوم	۲۷/۶۶ g	۳/۰۳ g	۱/۴۶ c	۲/۳۹ h	۱۳/۲۷ f

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون توکی، در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس سیستم‌های کشت و منابع مختلف کود نیتروژن بر وزن تر، خشک و عملکرد ریشه گیاه دارویی

شیرین بیان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه
سیستم کشت	۳	۱۰۱۰/۹۹**	۶۹۱/۳۶۵**	۹۸۵/۰۲**	۶۹۷/۵۹*
منابع نیتروژن	۳	۲۱۰۷/۹۵**	۱۵۶۲/۱۵**	۲۴۶۷/۲۵**	۱۸۳۹/۵۳**
سیستم کشت × منابع نیتروژن	۹	۴۴۷/۱۹**	۳۰۹/۲۷**	۳۷۴/۸۸**	۲۵۷/۳۹**
خطا	۲۴	۷/۲۸	۵/۳۴	۸/۱۲	۶/۰۰۳
ضریب تغییرات (%)		۶/۹۲	۶/۸۲	۷/۰۶	۶/۹۹

ns و *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

طوری که بیشترین کاهش در وزن خشک و تر و عملکرد ریشه

گیاه شیرین بیان در مقایسه با گیاهان رشد یافته در شرایط تغذیه با نیترات آمونیوم در سیستم هواکشت مشاهده گردید. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها بیانگر آن می‌باشند که در بین سیستم‌های مختلف کشت، سیستم هواکشت و بستر خاک به ترتیب از بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ریشه و ساقه

ضریب همبستگی

برخوردار بودند (جدول ۶). در این آزمایش، ضریب همبستگی بین صفات رویشی و وزن تر و خشک ریشه و عملکرد ریشه در هکتار نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده

جدول ۶. اثر متقابل سیستم‌های کشت و منابع مختلف کود نیتروژن بر صفات رویشی گیاه دارویی شیرین بیان

سیستم‌های کشت	منابع مختلف نیتروژن	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)
	نیترات	۶۱/۲۵ b	۴۹/۰۱ b	۵۹/۵۶ b	۴۷/۶۵ bc	۵/۸۸ b
هواکشت	نیترات آمونیوم	۷۰/۲۸ a	۶۰/۹ a	۶۹/۷۴ a	۶۰/۴۴ a	۷/۳۱ a
	آمونیوم	۱۳/۹۴ i	۱۲/۰۸ i	۱۳/۲۷ c	۱۱/۵۰ i	۱/۴۵ f
	نیترات	۴۳/۸۷ de	۳۸/۶۶ de	۴۳/۰۹ d	۳۷/۹۹ e	۳/۰۹ cd
NFT	نیترات آمونیوم	۴۶/۴۱ cde	۴۰/۹۱ cd	۴۶/۰۶ cd	۴۰/۵۹ de	۳/۲۷ cd
	آمونیوم	۲۲/۳۱ gh	۱۹/۶۷ gh	۲۱/۲۵ g	۱۸/۷۳ h	۱/۵۷ f
	نیترات	۴۵/۳۳ cde	۳۹/۹۵ cde	۵۰/۴۴ c	۴۴/۴۶ vd	۳/۲۰ cd
هیدروپونیک (کلاسیک (بستر)	نیترات آمونیوم	۴۹/۱۶ c	۴۳/۳۳ c	۵۵/۶۹ b	۴۹/۰۹ b	۳/۴۶ c
	آمونیوم	۴۱/۶۰ e	۳۶/۶۷ e	۴۳/۵۵ c	۳۸/۳۹ e	۲/۹۳ d
	نیترات	۲۳/۸۳ g	۲۱/۰۱ g	۳۱/۶۷ f	۲۳/۵۱ g	۱/۶۸ f
خاک	نیترات آمونیوم	۳۱/۷۶ ef	۲۸/۰۱ f	۳۵/۸۵ e	۳۱/۵۹ f	۲/۲۴ e
	آمونیوم	۱۸/۵۳ h	۱۶/۳۳ h	۱۹/۰۵ g	۱۶/۷۹ h	۱/۳۱ f

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون توکی، در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی شیرین بیان در سیستم‌های مختلف کشت هیدروپونیک

ردیف	صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	RDW	۱									
۲	SDW	۰/۹۸**	۱								
۳	RFW	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۱							
۴	SFW	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱						
۵	ارتفاع	۰/۸۳**	۰/۸۲**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	۱					
۶	قطر ساقه	۰/۷۱**	۰/۶۲**	۰/۷۳**	۰/۶۶**	۰/۶۶**	۱				
۷	قطر ریشه	۰/۹۲**	۰/۹۵**	۰/۹۲**	۰/۹۵**	۰/۷۷**	۰/۶۰**	۱			
۸	سطح برگ	۰/۸۸**	۰/۸۸**	۰/۸۷**	۰/۸۸**	۰/۷۸**	۰/۶۵**	۰/۸۹**	۱		
۹	تعداد شاخه	۰/۷۱**	۰/۷۶**	۰/۶۹**	۰/۷۴**	۰/۶۰**	۰/۲۴**	۰/۸۲**	۰/۷۸**	۱	
۱۰	عملکرد	۰/۹۳**	۰/۸۸**	۰/۹۵**	۰/۹۱**	۰/۸۶**	۰/۸۳**	۰/۸۱**	۰/۸۱**	۰/۵۵**	۱

وزن خشک ریشه (RDW)، وزن خشک ساقه (SDW)، وزن تر ریشه (RFW) و وزن تر ساقه (SFW). ** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱٪.

رشد گیاهان یکی از عوامل اصلی در تولید عملکرد محصولات مختلف می‌باشد. لذا، گیاهانی که در شرایط محیطی کنترل شده رشد می‌کنند از کیفیت و کمیت بیشتری برخوردار

در این تحقیق یک همبستگی مثبت با عملکرد ریشه در هکتار داشتند و گیاهانی که از رشد بیشتری برخوردار بودند از عملکرد ریشه بیشتری نیز برخوردار بودند (جدول ۷).



شکل ۱. تولید شیرین بیان در سیستم هواکشت

هیدروپونیک کلاسیک و خاک نشان داد که میوه گوجه‌فرنگی که در شرایط بدون خاک رشد پیدا کردند از کیفیت بهتری برخوردار بودند (۱۳). همچنین، عملکرد ماده خشک گیاهان دارویی زنجبیل، خار بابا آدم و گزنه در سیستم‌های NFT، هواکشت و بستر کشت هیدروپونیک در مقایسه با کشت خاکی افزایش یافت. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که در بین سیستم‌های مختلف، سیستم هواکشت از بیشترین مقدار وزن خشک ریشه و ریزوم برخوردار بود (۱۴). همچنین، استفاده از سیستم‌های مختلف کشت نظیر NFT و هواکشت روی گیاه دارویی ریحان فندقی که یک گیاه ریشه‌ای می‌باشد سبب افزایش عملکرد این گیاه نسبت به کشت خاکی گردید (۱۵). از طرف دیگر سیستم‌های مختلف کشت به خاطر تهویه بهتر سبب بهبود رشد ریشه و افزایش عملکرد و ماده مؤثره گیاه دارویی خار بابا آدم گردید (۱۶). همچنین، عملکرد ریشه و ماده

هستند (۶). رشد بیشتر گیاهان در سیستم هواکشت (شکل ۱) احتمالاً به خاطر وجود فضا و اکسیژن کافی برای رشد ریشه بوده است (۴). همچنین، تفاوت در رشد و میزان تولید در بین سیستم‌های کشت (شکل‌های ۲ تا ۴) را می‌توان به خاطر عدم تعادل غذایی در دسترس در زمان رشد سریع گیاهان و وجود EC و pH یکنواخت در سیستم هواکشت نسبت به سیستم گلدانی نسبت داد (۹). تحقیقات متعددی اثر سیستم‌های مختلف کشت را بر رشد رویشی مورد بررسی قرار داده‌اند. به طوری که جی‌سی و فون آلمن (۱۴) گزارش کردند که رشد گیاهان گوجه‌فرنگی در سیستم‌های کشت NFT و هواکشت نسبت به کشت خاکی افزایش یافت. همچنین رشد و تولید غده گیاه سیب‌زمینی در سیستم هواکشت از مقدار بیشتری نسبت به سیستم خاکی برخوردار بود (۲۰). طی یک بررسی، آزمایشی روی میزان تولید و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی در سیستم‌های



شکل ۲. تولید شیرین بیان در سیستم لایه نازک مغذی



شکل ۳. تولید شیرین بیان در هیدروپونیک کلاسیک (بستر)

تحقیق بیانگر این می باشد که نیترات تأثیر بیشتری بر پارامترهای رویشی نسبت به کاربرد آمونیوم دارد. ولی کاربرد این دو کود به نسبت ۳ به ۱ (نیترات: آمونیوم) در محلول غذایی دارای بیشترین مقدار پارامترهای رشد و عملکرد وزن خشک را ایجاد کرد. معمولاً نیترات و آمونیوم پس از جذب توسط ریشه گیاه،

مرثه گیاه دارویی شیرین بیان که در سیستم کشت جریان عمیق و کشت گلدانی رشد کرده بودند بهبود پیدا کرد (۶) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

به طور کلی، نیترات و آمونیوم دو شکل عمده جذب نیتروژن توسط ریشه گیاه می باشند که نتایج حاصل از این



شکل ۴. تولید شیرین بیان در خاک

به صورت‌های مختلفی عمل می‌کنند، به طوری که نیترات می‌تواند وارد آوند چوبی شود و در قسمت‌های هوایی به اسید آمینه تبدیل شود. ولی آمونیوم در بافت ریشه باید به اسید آمینه تبدیل شود و سپس وارد بافت آوند چوبی گردد. بنابراین، اندام‌های هوایی از مقدار نیترات بیشتری نسبت به ریشه برخوردار هستند (۲۱). به طور کلی، در شرایط کاربرد آمونیوم به عنوان تنها منبع نیتروژن در مقایسه با کاربرد نیترات، نسبت ریشه به اندام هوایی کاهش می‌یابد و در نهایت در غلظت‌های زیاد آمونیوم رشد گیاه متوقف می‌گردد (۱۹). فقط تعداد کمی از گیاهان قادر به ذخیره آمونیوم در ریشه خود هستند و علائم سمیت را از خود بروز ندهند (۱۲). ولی گیاهان زیادی نظیر خیار در غلظت‌های زیاد نیترات بدون اینکه سمیتی از خود نشان دهند رشد می‌کنند (۲۳). این امر احتمالاً به خاطر سنتز اتیلن بیشتر در شرایط تغذیه آمونیومی نسبت به تغذیه نیتراتی می‌باشد (۸). همچنین، اثرات سمیت کم نیترات در شرایط تغذیه نیترات را می‌توان به دلیل فعالیت زیاد آنزیم نیترات ردوکتاز در سیتوپلاسم نسبت داد که می‌دهد (۲۴).

سبب تغییر نیترات به آمونیوم و در نهایت اسیدهای آمینه می‌گردد و مقدار نیترات کاهش می‌یابد (۲۶). تحقیقات مشابهی در ارتباط با اثر تغذیه آمونیوم بر کاهش رشد گیاهان کاهو و اسفناج در شرایط هیدروپونیک گزارش گردیده است (۳). مقایسه سیستم‌های کشت و کاربرد منابع مختلف نیتروژن نشان داد که اثر آمونیوم بر کاهش رشد در سیستم‌های هواکشت و NFT نسبت به کشت خاکی و کشت هیدروپونیک در بستر، بیشتر بود. این امر احتمالاً به خاطر فرایند نیتریفیکاسیون است که سبب تغییر شکل آمونیوم به نیترات شده و اثرات سمیت آمونیوم را بهبود می‌بخشد. در این فرایند، آمونیوم توسط باکتری نیتروزوموناس اکسید شده و به نیتريت تبدیل شده و سپس نیتريت توسط باکتری نیتروباکتر به نیترات تبدیل می‌شود و مقدار آمونیوم خاک کاهش می‌یابد. همچنین، ظرفیت تبادل کاتیونی بسترهای هیدروپونیک کلاسیک و بستر خاک نیز غلظت آمونیوم محلول را در این دو بستر نسبت به سیستم‌های NFT و هواکشت کاهش می‌دهد (۲۴).

های مختلف کشت و منابع مختلف نیتروژن بر خصوصیات رشدی، وزن تر و خشک و عملکرد ریشه گیاه شیرین بیان تأثیر دارند، به طوری که استفاده از منبع نیتروژن و سیستم مناسب، عملکرد کمی و کیفی ریشه شیرین بیان را تحت تأثیر قرار داد. در این آزمایش، منبع نیترات آمونیوم بیشترین تأثیر مثبت را بر پارامترهای اندازه‌گیری شده داشت و در بین سیستم‌های مختلف کشت، سیستم هواکشت بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد ریشه داشت، و همبستگی مثبتی بین صفات رویشی و عملکرد ریشه مشاهده گردید.

همبستگی مثبتی بین رشد گیاه و عملکرد ریشه وجود داشت. مدیاویلا و سکودلو (۱۸) نیز یک همبستگی مثبت بین سطح برگ و میزان رشد گیاه با تولید زیست‌توده در چند گونه گیاه چوبی مشاهده کردند. به طوری که آنها نتیجه گرفتند که با افزایش رشد گیاه، سطح فتوسنتز کننده افزایش پیدا کرده و در نهایت مقدار کربوهیدرات تولیدی بیشتر شده و منجر به تجمع ماده خشک در گیاه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

از نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می‌توان پی برد که سیستم

منابع مورد استفاده

۱. امیدبگی، ر. ۱۳۸۸. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد ۲، چاپ سوم، آستان قدس رضوی، ۴۲۴ صفحه.
۲. خان احمدی، م.، ح. نقدی‌بادی، ش. آخوندزاده، ف. خلیقی سیگارودی، ع. مهرآفرین، س. شهریاری و ر. حاجی‌آقایی. ۱۳۹۲. مروری بر گیاه دارویی شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra*). فصلنامه گیاهان دارویی ۱۲(۲): ۱-۱۳.
۳. روستا، ح. ۱۳۸۹. مقایسه کاهو و اسفناج تغذیه شده با نیترات یا آمونیوم در سیستم هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۱(۱): ۵۷-۶۳.
۴. روستا، ح. ر.، م. رشیدی، ح. ر. کریمی، ح. علایی و م. تدین‌نژاد. ۱۳۹۲. مقایسه رشد رویشی و عملکرد ریزغده در سه رقم سیب زمینی در سیستم‌های هواکشت و هیدروپونیک کلاسیک و سه محلول غذایی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۴(۱۴): ۷۳-۷۹.
۵. مهرآوران، ح. ۱۳۸۲. فن‌آوری و کارآفرینی در هیدروپونیک. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ۲۹۶ صفحه.
6. Afreen, F., S.M.A. Zobayed and T. Kozai. 2005. Spectral quality and UV-B stress stimulate glycyrrhizin concentration of *Glycyrrhiza uralensis* in hydroponic and pot system. Plant Physiol. Biochem. 43(12): 1074-1081.
7. Amani, M., R. Sotudeh-Gharebagh, N. Mostaoufi and H. Kashani. 2005. Optimal extraction of glycyrrhetic acid from licorice root. J. Food Technol. 3(4): 376-580.
8. Barker, A.V. and K.A. Corey. 1991. Interrelation of ammonium toxicity and ethylene action in tomato. Hort. Sci. 26: 177-180.
9. Correa, R.M., J.E.B.P. Pinto, C.A.B.P. Pinto, V. Faquin, E.S. Reis, A.B. Monteiro and W.E. Dyer. 2008. A comparison of potato seed tuber yields in beds, pots and hydroponic systems. Sci. Hort. 116: 17-20.
10. Errebhi, M. and G.E. Wilcox. 1990. Plant species response to ammonium-nitrate concentration ratios. J. Plant Nutr. 13(8): 1017-1029.
11. Fu, Y., T. Hsieh, J. Guo, J. Kunicki, M.Y.W.T. Lee, Z. Darzynkiewicz and J.M. Wu. 2004. Licochalcone, novel flavonoid isolated from licorice root (*Glycyrrhiza glabra*), causes G2 and late-G1 arrests in androgen-independent PC-3 prostate cancer cells. Biochem. Biophys. Res. Commun. 322: 263-270.
12. Gerendas, J., Z. J. Zhu, R. Bendixen, R.G. Ratcliffe and B. Sattelmacher. 1997. Physiological and biochemical processes related to ammonium toxicity in higher plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 160: 239-251.
13. Gruda, N. 2009. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables. J. Appl. Bot. Food Qual. 82: 141-147.
14. Gysi, C. and F. Von Allmen. 1997. Balance of water and nutrients in tomatoes grown on soilless systems. Agralforschung 4(1): 28.

15. Hayden, A.L. 2006. Aeroponic and hydroponic systems for medicinal herb, rhizome, and root crops. *Hort. Sci.* 41(3): 536-538.
16. Hayden, A.L., G.A. Giacomelli, T. Yokelson and J.J. Hoffmann. 2004. Aeroponics: An alternative production system for high-value root crops. *Acta Hort.* 629: 207-213.
17. Jurgen, R., 1999. Plant-microbe interactions and secondary metabolites with antiviral, antibacterial and antifungal properties. PP. 187-273. *In: Wink, M. (Ed.), Functions of Plant Secondary Metabolites and Their Exploitation in Biotechnology, Annual Plant Reviews, Sheffield Academic Press Ltd., Sheffield.*
18. Mediavilla, S. and A. Escudero. 2003. Relative growth rate of leaf biomass and leaf nitrogen content in several Mediterranean woody species. *Plant Ecol.* 168(2): 321-332.
19. Millard, P. 1988. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. *Plant Cell Environ.* 11: 1-8.
20. Muro, J., V. Diaz, J.L. Goni and C. Lamsfus. 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yield. *Potato Res.* 40: 431-438.
21. Nasholm, T., K. Kielland and U. Ganeteg. 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytol.* 182: 31-48.
22. Roosta, H.R. and J.K. Schjoerring. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. *J. Plant Nutr.* 30: 1933-1951.
23. Roosta, H.R. and J.K. Schjoerring. 2008. Root carbon enrichment alleviates ammonium toxicity in cucumber plants. *J. Plant Nutr.* 31: 941-958.
24. Veuger, B., A. Pitcher, S. Schouten, J.S. Sinninghe Damsté and J.J. Middelburg. 2013. Nitrification and growth of autotrophic nitrifying bacteria and Thaumarchaeota in the coastal North Sea. *Biogeosci.* 10(3): 1775-1785.
25. Walch-Liu, P., G. Neumann, F. Bangerth and C. Engels. 2000. Rapid effects of nitrogen form on leaf morphogenesis in tobacco. *J. Exp. Bot.* 51(343): 227-237.
26. Wang, Z.H., Y.F. Miao and S.X. Li. 2015. Effect of ammonium and nitrate nitrogen fertilizers on wheat yield in relation to accumulated nitrate at different depths of soil in drylands of China. *Field Crops Res.* 183: 211-224.