تأثیر نانوذرات آهن و اسید هیومیک بر رشد، نمو و عمر پس از برداشت گل رُز رقم "سفید نابلس" در سیستم هیدروپونیک

هادی بگی[۱] و اسماعیل چمنی[۱*]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۹/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۲۲)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات آهن (۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید هیومیک (۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر رشد، گل‌دهی و خصوصیات پس از برداشت گل شاخه بریده رُز رقم "سفید نابلس" در شرایط کشت هیدروپونیک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. از فرمول محلول غذایی وان زیندرن- بیکر تغییر یافته استفاده شد. این محلول غذایی در آب دو بار تقطیر حل شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که غلظت‌های ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان کلروفیل گل رُز، نسبت به سایر غلظت‌ها، داشت. غلظت زیاد نانوذرات آهن و اسید هیومیک (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، فلورسانس حداکثر، ارتفاع شاخه بریده، وزن کل شاخه بریده، وزن خشک برگ و وزن خشک کل نسبت به سایر غلظت‌ها نشان داد. تیمارهای مختلف نانوذرات آهن و اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر بهبود شاخص‌های تعداد برگ، سطح برگ و زمان تا گل‌دهی نداشتند. طول عمر گل رُز توسط نانوذرات آهن افزایش پیدا کرد؛ در حالی که اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر طول عمر گل نداشت.

کلمات کلیدی: کشت بدون خاک، گل بریده، طول عمر، مواد هیومیک

مقدمه

گل رُز، با نام علمی *Rosa hybrida* L.، از خانواده رُزاسه بوده و معمولاً برای مصارف مختلف از قبیل گل گلدانی، گل فضای آزاد، عرق‌گیری و گل شاخه بریده کشت و کار می‌شود. اما تولید و صادرات گل شاخه بریده آن از ارزش اقتصادی ویژه‌ای برخوردار است. رُز یکی از مهمترین گل‌های بریدنی در سطح جهان می‌باشد، به طوری که در حال حاضر حدود ۴۰٪ کل گل‌های بریدنی را در ایالات متحده به خود اختصاص داده است (۴). با توجه به این که تولید گل‌های با کیفیت از نظر صادرات اهمیت خیلی زیادی دارد، لذا، استفاده از روش‌های نوین در تولید آن‌ها بسیار ضروری می‌باشد. یکی از این روش‌ها، استفاده از سیستم آبکشت (هیدروپونیک) است.

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Echamani@uma.ac.ir

هیدروپونیک در عمل به معنی کاشت گیاهان در آب و محلول غذایی، بدون استفاده از خاک می‌باشد. کشت هیدروپونیک این امکان را به کشاورز می‌دهد که در زمان کوتاه‌تر، و با زحمت کمتر، محصولی با راندمان بیشتر و با کیفیت بهتر را تولید نماید. به نظر می‌رسد که استفاده از عناصر غذایی با قابلیت جذب بیشتر در سیستم کشت بدون خاک، در افزایش کیفیت محصولات تولیدی از اهمیت خاصی برخوردار است که از جمله این مواد می‌توان به شکل‌های آلی و نانوی عناصر معدنی اشاره نمود.

مواد با اندازه ذرات کمتر از nm ۱۰۰، حداقل در یک بُعد، به عنوان نانومواد طبقه‌بندی می‌شوند (۱۴). اساس ترکیبات نانو، کربن، عناصر فلزی و اکسید فلز می‌باشد. نانوذرات، ساختاری کریستالی و زاویه‌دار دارند (۱۳). نانوذرات از عوامل طبیعی (نظیر گرد و غبار آتشفشانی و ماه، کامپوزیت‌های معدنی) یا به صورت اتفاقی در اثر احتراق زغال‌سنگ، اگزوزها و زباله‌ها و یا طی فرایندهای مهندسی شده، تولید می‌شوند (۱۴). فناوری نانو فرصت بسیار مناسبی را برای توسعه‌ی محصولات جدید فراهم می‌کند، باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصولات می‌گردد و میزان سمیت ناشی از کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی را کاهش می‌دهد (۲۴). نانوتکنولوژی به صورت موفقیت‌آمیزی در شرایط درون‌شیشه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنولوژی، امکان تولید ماکرومولکول‌ها را برای افزایش مقاومت به بیماری در گیاهان فراهم می‌کند و استفاده کارآمد از مواد غذایی و تسریع رشد گیاهان را سبب می‌شود (۱۹). مواد نانو با تأثیر بر افزایش جذب مواد غذایی غیر آلی، تسریع تجزیه مواد آلی و حذف رادیکال‌های آزاد در طول فتوسنتز، باعث تسریع این فرایند می‌شوند (۱۴).

گزارش‌های متعددی در خصوص نحوه‌ی اثر هومیک اسید وجود دارد. اما می‌توان اثرهای آن را به دو دسته تقسیم کرد: اثر مستقیم آن به عنوان یک ترکیب شبه‌هورمون (۸ و ۱۲) و اثر غیر مستقیم آن به صورت افزایش جذب عناصر غذایی از راه ویژگی کلات‌کنندگی و احیاکنندگی و حفظ نفوذپذیری غشا (۲۳)، افزایش متابولیسم ریزجانداران، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه (۵، ۹ و ۱۵) می‌باشد. با توجه به این که گل رُز یکی از گل‌های شاخه بریده محبوب در دنیا و کشور ما می‌باشد، و به دلیل تقاضای زیاد و ارزش این گل، افزایش کیفیت و عمر پس از برداشت می‌تواند به بازارپسندی آن بیافزاید، این پژوهش نیز در همین راستا و به منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک و نانوذرات آهن بر رشد و نمو گل رُز، در شرایط کشت بدون خاک، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلدانی در زمستان سال ۱۳۹۱ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با ۵ تکرار، در گلخانه آموزشی و پژوهشی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. در این آزمایش، از رقم تجاری گل رُز بریدنی "سفید نابلس" که هم اکنون در گلخانه‌های کشور کشت و کار می‌شود، استفاده شد. بوته‌های یکساله پس از تهیه، در داخل گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ لیتری، در بستر پرلیت، کشت شدند. پس از این که بوته‌ها در گلدان‌های اصلی مستقر شدند، با نانوذرات آهن در چهار غلظت [۱۰ (Fe_1)، ۱۰۰ (Fe_2)، ۱۰۰۰ (Fe_3) و ۲۰۰۰ (Fe_4) میلی‌گرم در لیتر] و اسید هیومیک در سه غلظت [۱۰۰ (Hu_1)، ۱۰۰۰ (Hu_2) و ۲۰۰۰ (Hu_3) میلی‌گرم در لیتر] با محلول غذایی تیمار شدند. کود هیومیک مورد استفاده متعلق به شرکت گلسنگ کویر یزد، محتوی ۳۵٪ اسید هیومیک و اسید فولیک، عناصر NPK (به نسبت ۱۵:۱۱:۱۱ درصد) و عناصر ریزمغذی (حدود ۲٪) بود. نانوکلات آهن خضرا، ساخت شرکت صدور احرار شرق، دارای ۹٪ آهن بود. از محلول غذایی وان زیندرن- بیکر تغییریافته استفاده شد (جدول ۱) که در آب دو بار تقطیر حل و pH محلول‌های تهیه شده نیز بین ۵/۸-۵/۵ تنظیم شد. غلظت‌های مختلف نانوذرات آهن و اسید هیومیک در محلول غذایی روزانه دو مرتبه و در هر مرتبه بسته به مرحله رشد، ۱۰۰ الی ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول به هر گلدان اضافه شد. پس از این که گیاهان

جدول ۱. فرمول محلول غذایی برای گل رُز

عناصر اصلی	مقدار مصرف (mg/L)	ریزمغذی‌ها	مقدار مصرف (mg/L)
نیترات کلسیم (۰-۰-۱۵/۵)	۵۴۳	کلات آهن (۱۰٪ Fe)	۱۹/۶
سولفات منیزیم	۱۸۵	سولفات منگنز (۲۸٪ Mn)	۳/۹
نیترات پتاسیم (۴۴-۰-۱۳)	۴۲۹	بر (۲/۵٪ B)	۱/۱
کلرید پتاسیم (۶۰-۰-۰)	-	سولفات روی (۳۶٪ Zn)	۰/۴۴۸
فسفات منوپتاسیم (۳۴-۵۳-۰)	۲۰۴	سولفات مس (۲۵٪ Cu)	۰/۱۲۰
نیترات آمونیوم (۳۳/۵-۰-۰)	۲۰	مولیبدات سدیم (۳۹٪ Mo)	۰/۱۲۷

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های رویشی گل رُز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع گیاه	میزان کلروفیل	تعداد برگ	مساحت برگ	ارتفاع شاخه بریده	زمان تا گل‌دهی
اسید هیومیک	۲	۲۶۹/۱۵*	۳۴۶/۳۰*	۸/۷۵^{ns}	۱۲۲۲۸۲/۷۰^{ns}	۱۷۵/۷۰**	۱۷۷/۲۱^{ns}
نانوذرات آهن	۳	۶۷/۸۱^{ns}	۶۲۳/۸۴**	۲۳/۱۲^{ns}	۹۵۳۰۴/۸۲^{ns}	۳۸/۰۱^{ns}	۹۹/۵۹^{ns}
هیومیک × نانوآهن	۶	۲۲۴/۶۶**	۲۸۱/۹۲**	۱۰۴/۲۶^{ns}	۵۶۴۶۷/۶۱^{ns}	۱۷/۴۳^{ns}	۲۱۹/۸۶^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۸	۸۶/۹۵	۷۸/۹۷	۴۷/۱۷	۶۳۸۵۹/۷۴	۱۸/۹۲	۱۴۵/۸۴
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۳/۸۷	۲۹/۰۷	۱۸/۷۹	۲۵/۵۹	۱۵/۳۰	۲۰/۲۷

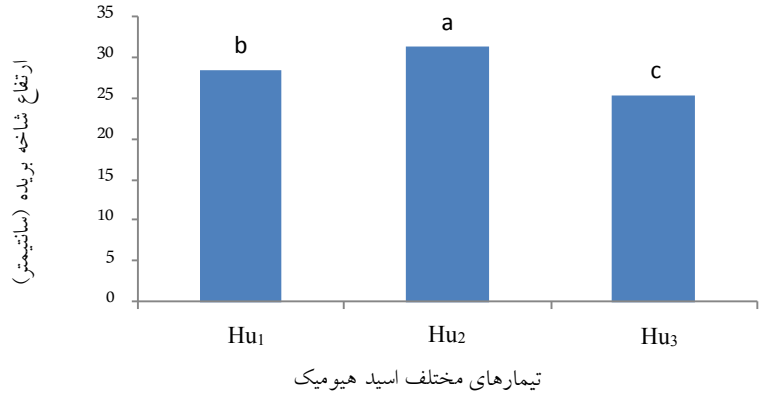
**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

به مرحله گل‌دهی و برداشت رسیدند، تعداد برگ و ارتفاع بوته (به‌وسیله خط‌کش، بر حسب سانتی‌متر) تعیین شد. شش عدد برگ روی ساقه گل‌دهنده را به صورت تصادفی انتخاب نموده و با دستگاه کلروفیل‌متر مدل CCM 200، میزان کلروفیل آنها اندازه‌گیری شد. میزان فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورومتر مدل OS-30p، قرائت شد. همچنین، سطح برگ گیاه به وسیله دستگاه سطح‌سنج مدل CL-202 تعیین گردید. جهت اندازه‌گیری عمر پس از برداشت، از هر تیمار ۵ شاخه گل برداشت و به آزمایشگاه انتقال یافت. برگ‌های پائینی شاخه‌های گل جدا شده، و وزن تر و خشک آن‌ها توزین شد. پس از جدا کردن برگ‌ها، شاخه‌های گل در بطری‌های شیشه‌ای حاوی آب دیونیزه و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کلرین قرار گرفت. طول عمر گل‌ها به صورت شاخص ۵۰٪ (از زمان قرار گرفتن شاخه‌های گل در بطری‌های شیشه‌ای تا پژمرده شدن ۵۰ درصدی گلبرگ‌ها) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

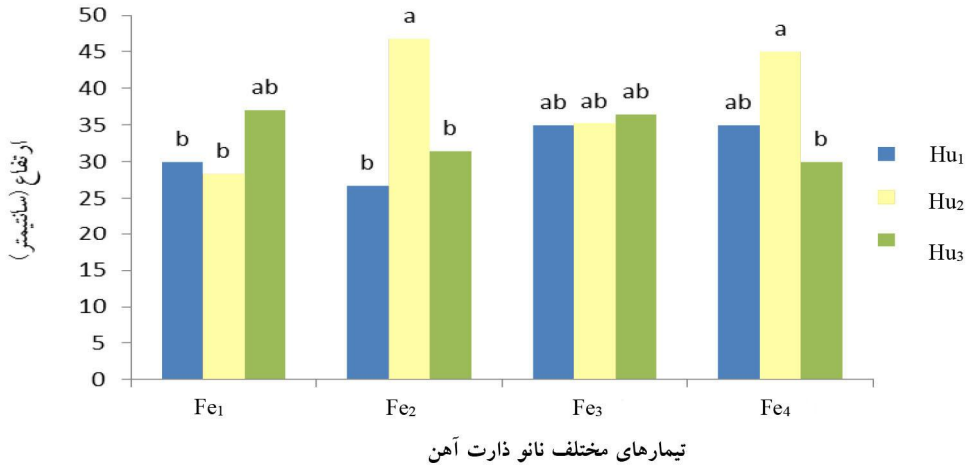
نتایج و بحث

ارتفاع گیاه و شاخه‌های بریده

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های رویشی گیاه رُز شاخه بریده در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه و ارتفاع شاخه بریده اندازه‌گیری شده مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بود که تفاوت معنی‌داری با سایر غلظت‌ها

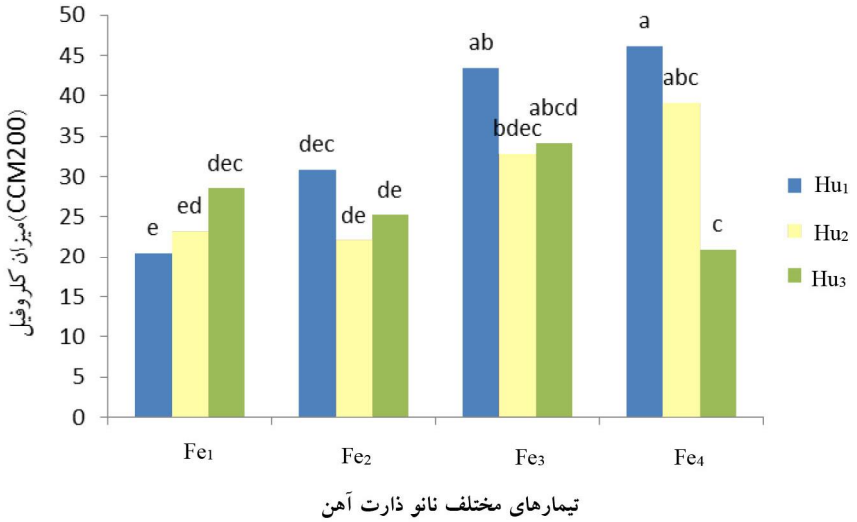


شکل ۱. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف اسید هیومیک بر ارتفاع شاخه بریده گل رُز



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای غلظت نانوذرات و غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر شاخص ارتفاع گل رُز

نشان داد (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر ارتفاع گیاه نشان داد که تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن در ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بیشترین ارتفاع گیاه را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر نشان داد (شکل ۲). تعداد بیشماری از گزارش‌ها در مورد توانایی مواد هیومیک روی افزایش رشد ساقه در ارقام مختلف گونه‌های گیاهی تحت شرایط گوناگون ارائه شده است که با یافته‌های این تحقیق هم‌خوانی دارد. به هر حال، هنوز مکانیسم مسئول برای این مواد هیومیک به‌خوبی درک نشده است. ممکن است که اثر تسریع‌کنندگی مواد هیومیک روی رشد ساقه در درجه اول به‌خاطر تأثیر بر فعالیت H^+-ATPase ریشه و توزیع نیترات ریشه و ساقه بوده که به نوبه خود منجر به تغییر در توزیع مشخص سیتوکنین‌ها، پلی‌آمین‌ها و ABA می‌شود (۲۲). تأثیر مثبت مواد هیومیک روی رشد ساقه خیار می‌تواند به طور مستقیم با تأثیرات نیترات روی غلظت چندین نوع از سیتوکنین-های فعال و پلی‌آمین‌ها مرتبط باشد (۱۸). یکی از مکانیسم‌هایی که به‌واسطه آن مواد هیومیک منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند مربوط به ترکیبات شبه‌جیبرلینی آن‌ها می‌باشد که در رشد ساقه مؤثر است (۲۰). در تحقیقی، سطح برگ، ارتفاع و وزن خشک قسمت هوایی گیاه به‌طور قابل ملاحظه‌ای در گیاهان رشده کرده در گلدان‌های حاوی اسید هیومیک افزایش پیدا کرد (۲۱).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرهای متقابل تیمارها بر میزان کلروفیل گیاه (ستون‌ها مربوط به غلظت‌های مختلف اسید هیومیک می‌باشند)

کلروفیل گیاه

مقایسه میانگین اثرهای متقابل تیمارها بر میزان کلروفیل نشان داد که تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک تأثیر مثبت و معنی‌داری نسبت به سایر غلظت‌ها داشت (شکل ۳). نتایج این آزمایش با یافته‌های برخی محققین (۲، ۱۶، ۱۷ و ۲۵) مطابقت دارد.

افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌تواند منجر به افزایش سبزینه گیاه و کلروفیل شود. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش سبزینه گیاه دارد. تجادا و گونزالز (۲۵) نشان دادند که پاشش اسید هیومیک و اسیدهای آمینه روی گیاه مارچوبه توانست جذب اغلب عناصر کم‌مصرف و پرمصرف را هم در اندام‌های هوایی و هم در ریزوم‌ها افزایش دهد. از طرف دیگر، این کار باعث افزایش کلروفیل و کاروتنوئید ساقه‌های خوراکی شد. آهن یکی از مهم‌ترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد و نیتروژن از عناصر اصلی در سنتز کلروفیل است. می‌توان انتظار داشت که این عنصر، تثبیت و احیای نیتروژن را بهبود بخشد و در نتیجه این امر، افزایش تولید کلروفیل در برگ روی می‌دهد (۱۶). محمدزاده و همکاران (۲) نشان دادند که استفاده از نانوکلات آهن باعث افزایش معنی‌دار محتوای آهن برگ، رنگیزه‌ها و شاخص سطح برگ در لوبیا چیتی شد. آهن نقش اساسی در رشد و توسعه گیاه، از جمله سنتز کلروفیل و توسعه کلروپلاست، دارد (۱۷).

تعداد برگ، سطح برگ و زمان تا گل‌دهی

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر تعداد برگ، سطح برگ و زمان تا گل‌دهی در هیچیک از غلظت‌های مختلف اسید هیومیک، نانوذرات آهن و اثر متقابل آنها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). دیوید و همکاران (۱۰) نشان دادند که برجسته‌ترین اثرهای اسید هیومیک روی گیاهان در شرایط نامساعد رشد مشاهده شد. بنابراین، از جمله دلایل عدم مثبت تأثیر اسید هیومیک بر برخی شاخص‌های مورد اندازه‌گیری می‌تواند شرایط محیطی مناسب و کنترل شده باشد که گل‌های رُز در آن پرورش یافته‌اند.

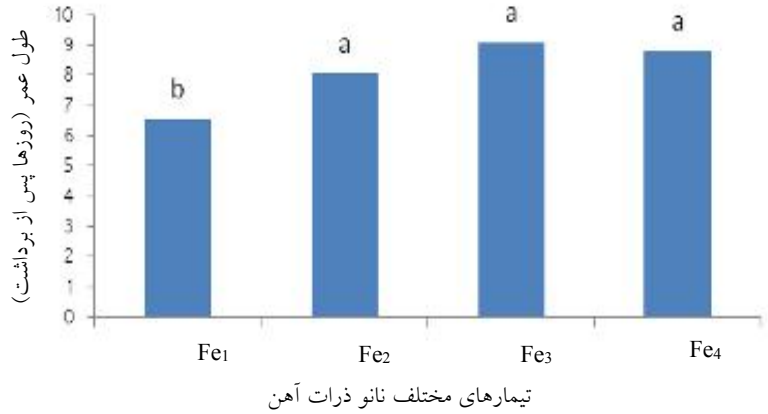
طول عمر گل‌های شاخه بریده

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر طول عمر، کلروفیل فلورسانس و شاخص‌های رویشی در جدول ۳ نشان

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر طول عمر، کلروفیل فلورسانس و شاخص‌های رویشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول عمر	وزن کل شاخه	وزن خشک برگ	وزن خشک کل	فلورسانس حداکثر F_M	فلورسانس حداقل F_0	فلورسانس متغیر F_v
اسید هیومیک	۲	۴/۶۱^{ns}	۴۸/۷۹^{ns}	۱/۲۳*	۳/۸۷^{ns}	۵۹۴۵۳/۱۸*	۱۸۱۵/۴۵^{ns}	۲۳۶۵/۳۱^{ns}
نانوذرات آهن	۳	۱۹/۳۹**	۱۴/۷۲^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۶/۹۸*	۳۲۶۳۲/۸۱^{ns}	۳۰۷۹/۲۱^{ns}	۱۳۸۳/۷۹^{ns}
هیومیک×نانو آهن	۶	۶/۸۶^{ns}	۱۳/۶۵^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۲/۱۵^{ns}	۲۱۷۱۹/۵۵^{ns}	۶۸۶۳/۰۵^{ns}	۳۱۲۰/۹۶^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۸	۴/۲۸	۲۰/۰۳	۰/۴۰	۱/۹۸	۱۲۲۸۶/۴۰	۳۲۸۱/۴۷	۱۵۲۵/۷۷
ضریب تغییرات	-	۲۵/۴۹	۳۲/۹۰	۳۶/۵۴	۲۷/۵۴	۱۱/۵۴	۲۵/۷۰	۱۷/۹۹

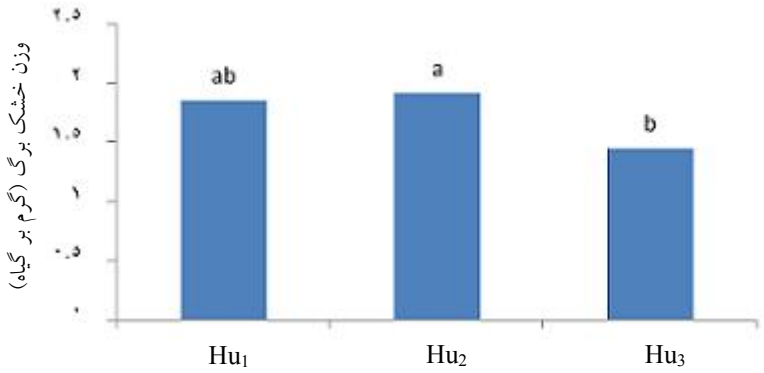
**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



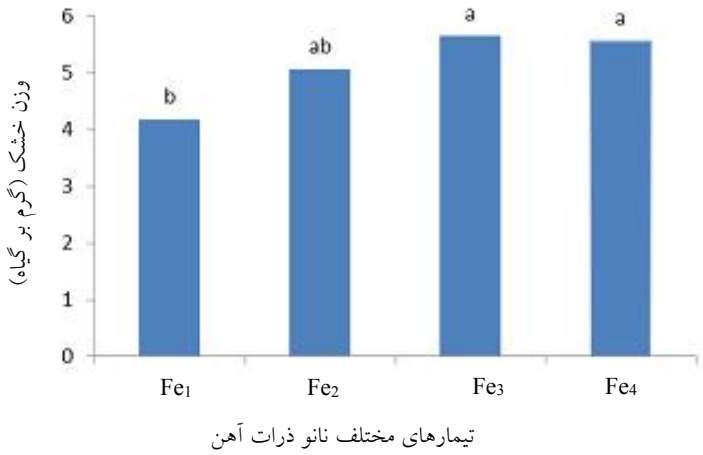
شکل ۴. مقایسه میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات آهن بر طول عمر گل رُز

داده شده است. بر اساس این جدول، اثر تیمارهای نانوذرات آهن بر طول عمر گل‌های شاخه بریده رُز معنی‌دار است. ولی تیمارهای اسید هیومیک و اثر متقابل اسید هیومیک و نانوذرات آهن بر این پارامتر معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول عمر گل (۹/۰۶ روز) مربوط به گیاهان تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن و کمترین طول عمر (۶/۵۳ روز) مربوط به گیاهان تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن نشان داد (شکل ۴). برخی گزارش‌ها بیانگر این موضوع است که اسید هیومیک می‌تواند عمر پس از برداشت را در برخی گل‌های بریدنی افزایش دهد. از جمله مهمترین دلایلی که به اسید هیومیک در جهت افزایش طول عمر گل‌های شاخه بریده نسبت داده می‌شود تجمع کلسیم در بافت گیاه می‌باشد. تجمع کلسیم باعث استحکام اتصالات پلیمرهای پکتینی بین یاخته‌ها، به‌خصوص در تیغه میانی، می‌شود که نتیجه آن افزایش استحکام بین سلولی است (۲۶). کاربرد اسید هیومیک (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) تجمع کلسیم را در برگ و ساقه گل افزایش داد که منجر به افزایش عمر پس از برداشت و کاهش ناهنجاری خمیدگی گردن نسبت به شاهد شد. به نحوی که عمر پس از برداشت در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا ۳/۶۶ روز افزایش یافت. اسید هیومیک می‌تواند به صورت تیمار در زمان تولید، به



شکل ۵. مقایسه میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر وزن خشک برگ

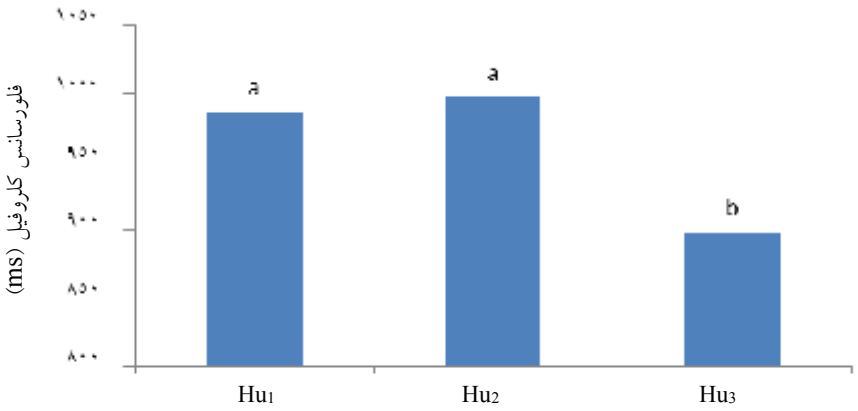


شکل ۶. مقایسه میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات آهن بر وزن خشک کل

ویژه برای گل‌های شاخه بریدنی حساس و بسیار حساس به اتیلن، مورد آزمایش و استفاده قرار گیرد (۳).

وزن خشک برگ و وزن خشک کل

مقایسه میانگین داده‌ها (شکل‌های ۵ و ۶) نشان داد که بیشترین وزن خشک کل و وزن خشک برگ توزین شده به ترتیب مربوط به گیاهان تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بود که اختلاف معنی‌داری به ترتیب با تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک نشان دادند. دفلاین و همکاران (۱۱)، تأثیر کاربرد برگی نیتروژن و اسیدهای هیومیک روی رشد و عملکرد ذرت را نشان دادند. علاوه بر این، آنها مشخص کردند که کاربرد برگی اسیدهای هیومیک باعث افزایش وزن خشک در مقایسه با گیاهان شاهد شد. پیوندی و همکاران (۱) تأثیر نانوکلات آهن و کلات آهن را بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ریحان (*Ocimum Basilicum*) ارزیابی کردند. در این آزمایش، گیاهان با غلظت‌های مختلف کلات آهن (۱/۵، ۴/۵ و ۷/۵ کیلوگرم در هکتار) و نانوکلات آهن (۱، ۳ و ۵ کیلوگرم در هکتار) تیمار شدند. بررسی‌ها نشان داد که پارامترهای رشد در گیاهانی که در معرض کود آهن با غلظت ۷/۵ کیلوگرم در هکتار و نانوکلات آهن با غلظت ۱ کیلوگرم در هکتار بودند، نسبت به شاهد افزایش یافته بودند.



شکل ۷. مقایسه میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر میزان فلورسانس حداکثر

فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی در حضور کود آهن در هر سه غلظت بیشتر از تیمارهای نانوکلات آهن بود.

فلورسانس کلروفیل

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بیشترین مقدار فلورسانس حداکثر (F_m) اندازه‌گیری شده (۹۹۶/۵۵ ms) مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار اسید هیومیک ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نشان داد (شکل ۷). تیمارهای مختلف آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر فلورسانس حداقل، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی نشان ندادند. کاهش در فلورسانس حداکثر (F_m) نشان‌دهنده کاهش واکنش‌های فتوشیمیایی می‌باشد و می‌تواند فعالیت فتوسیستم II را مختل کند (۶). تأثیر مثبت اسید هیومیک روی این امر به خوبی مشهود است، که منجر به افزایش معنی‌داری در فلورسانس حداکثر شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، مشخص شد که غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات آهن باعث افزایش طول عمر گل شاخه بریده رُز شد، که قابل توصیه می‌باشد. تأثیرات متفاوت اسید هیومیک بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در این پژوهش می‌تواند به این دلیل باشد که اثرات اسید هیومیک به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در دوره رویشی گیاه باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل و سبزینگی گیاه شد. استفاده از غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک می‌تواند بر افزایش ارتفاع و میزان کلروفیل گل بریده رُز تأثیرگذار و مفید باشد.

منابع مورد استفاده

۱. پیوندی، م.، ه. پرنده و م. میرزا. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر نانوکلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی ریحان (*Ocimum Basilicum*). تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی ۴: ۸۹-۱۰۱.

۲. محمدزاده، آ. ۱۳۹۰. تأثیر نانوکود کلاته آهن بر محتوای آهن، رنگیزه‌های فتوسنتزی و شاخص سطح برگ لوبیا چیتی. دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران، یزد.

۳. نیکبخت، ع.، م. کافی، م. بابالار، ن. اعتمادی، ح. ابراهیم زاده و ی. پینگ شیا. ۱۳۸۶. اثر هومیک اسید بر جذب کلسیم و رفتار فیزیولوژیکی پس از برداشت گل ژربرا. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۸(۴): ۲۳۷-۲۴۸.

4. Acquaah, G. 2002. Horticulture: Principles and Practices. Pearson Education, Singapore, 787 p.
5. Adani, F., P. Genevini, P. Zaccheo and G., Zocchi. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. J. Plant Nutr. 21: 561-575.
6. Aiken, G.R., D.M. McKnight, R.L. Wershaw and P. MacCarthy. 1985. Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. Wiley-Interscience, New York, U.S.A.
7. Anonymous. 1993. An Introduction to Flourescence Measurements with the Plant Efficiency Analyzer. Hansatech Instruments, Ltd., England.
8. Cacco, G. and G. Dell'Agnolla. 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic substances. Can. J. Soil Sci. 64: 25-28.
9. Cooper, R.J., C.H. Liu and D.S. Fisher. 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Sci. 38: 1639-1644.
10. David, P.P., P.V. Nelson and D.C. Sanders. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. J. Plant Nutr. 17: 173-184.
11. Defline, S., R. Tognetti, E. Desiderio and A. Alvino. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agron. Sustain. Dev. 25: 183-191.
12. De Sanfilippo, E.C., J.A. Arguello, G. Abdala and G.A. Orioli. 1990. Content of auxın-inhibitor-and gibberellins-like substances in humic acids. Biol. Plant. 32: 346-351.
13. Ghodake, G., Y.D. Seo and D.S. Lee. 2011. Hazardous phytotoxic nature of cobalt and zinc oxide nanoparticle assessed using *Allium cepa.* J. Hazard. Mater. 186: 952-955.
14. Khot, L.R., S. Sankaran, J. Maja, R. Ehsani and E.W. Schuster. 2012. Application of nanoparticle in agricultural production and crop protection. Crop Prot. 35: 64-70.
15. Kreij, C. and H. Basar. 1995. Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake. J. Plant Nutr. 18: 793-802.
16. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition, Academic Press Inc., London, 889 p.
17. Miller, G.W., I.J. Huang, G.W. Welkie and J.C. Pushmik. 1995. Function of iron in plants with special emphasis on chloroplasts and photosynthetic activity. PP. 19-28. *In:* Abadia, J. (Ed.), Iron Nutrition in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
18. Mora, V., E. Bacaicoa, A.M. Zamarreño, E. Aguirre, M. Garnica, M. Fuentes and J.M. García-Mina. 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. J. Plant Physiol. 167: 633-642.
19. Nair, R., S.H. Varghese, B. Nair, T. Maekawa, Y. Yashida and D.S. Kumar. 2010. Nanoparticle material delivery to plants. Plant Sci. 179: 154-163.
20. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biol. Biochem. 34: 1527-1536.
21. Norman, Q., L. Stephen, A. Clive and A. Rola. 2003. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. Pedobiol. 47: 741-744.
22. Rubio, V., R. Bustos, M.L. Irigoyen, X. Cardona-Lopez, M. Rojas-Triana and J. Paz-Ares. 2009. Plant hormones and nutrient signaling. Plant Mol. Biol. 69(4): 361-373.
23. Sanchez-Sanchez, A.J., M. Sanchez-Andreu, J. Juarez and D. Bermudez. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon tress. J. Plant Nutr. 25: 2433-2442.
24. Srilantha, B. 2011. Nanotechnology in agriculture. Nanomed. Nanotech. 2: 123-128.
25. Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2003. Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. Biol. Agric. Hort. 21(3): 277-291.
26. White, P.J. and M.R. Broadly. 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92: 487-511.