نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۵۲، زمستان ۱۳۹۷ / صفحات: ۸۰-۶۷

تأثیر کودهای زیستی و نیتروژن بر برخی صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch., cv. Selva) تحت سطوح مختلف کود نیتروژن

محمدحسین نمکی[1]، داود هاشم‌آبادی[1*] ، فرزین سعیدزاده[2]

[1]گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

[2]گروه زراعت و اصلاح نبات، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/٤

چکیده

نیتروژن مهمترین عنصر در رشد و عملکرد گیاهان است. برای تامین نیتروژن نیاز گیاه منابع مختلفی وجود دارد که کاربرد کودهای شیمیایی از آن جمله است. اما کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی علاوه بر آلودگی آب و خاک، سلامت جامعه را نیز با مخاطراتی روبرو کرده است. بنابراین بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی و جایگزین کردن آن با کودهای بیولوژیک می‌تواند قدمی برای افزایش سلامت جامعه باشد. به‌همین منظور یک آزمایش مزرعه‌ای با سطوح مختلف کود اوره و تأثیر کودهای زیستی و نانونیتروژن به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بر عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی انجام شد. فاکتور اول آزمایش شامل سطوح کود اوره (۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور دوم شامل منابع نیتروژن (آزوسپریلوم، ازتوباکتر، نانونیتروژن و شاهد) بود. نتایج نشان داد که در تمامی تیمارها، با افزایش کاربرد کود اوره طول بوته و وزن اندام هوایی افزایش، ولی ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، ترکیبات فلاونوییدی کل، مقدار آنتوسیانین و ویتامین ث میوه کاهش یافت. بیشترین وزن تر اندام هوایی و تعداد میوه از تیمار نانو نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم اوره به‌دست آمد. در حالی که بیشترین مقدار ویتامین‌ث، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل و ظرفیت فنل کل از گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپریلوم به‌دست آمد ولی تیمار ازتوباکتر نسبت به آزوسپریلوم در اغلب صفات برتری نشان داد و با افزایش مصرف کود اوره، کارایی خود را نسبت به تیمار شاهد حفظ کرد. بیشترین عملکرد میوه از تیمار نانو نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم اوره به دست آمد ولی به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با تیمار ازتوباکتر + ۷۵ کیلوگرم اوره نداشت. بنابراین از آنجا که هدف از آزمایش افزایش عملکرد و کیفیت میوه بود، تیمار ازتوباکتر + ۷۵ کیلوگرم اوره نسبت به سایر تیمارها قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپریلوم، ازتوباکتر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ث.

مقدمه

نیتروژن (N) نقش مهمی در عملکرد و کیفیت میوه دارد و در سنتز کلروفیل و آنزیم‌ها مورد نیاز بوده و جزیی از پروتئین‌ها، متابولیت‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌باشد (Wan et al., 2018). بنابراین کمبود نیتروژن منجر به محدودیت رشد در تمام اندام‌های گیاهی، از جمله ریشه، ساقه، برگ، گل و میوه می‌شود (Massa et al., 2015). کود اوره به علت چند ویژگی، از جمله حلالیت بالا، خواص غیر قطبی، جذب سریع و سمیت پایین، به عنوان یکی از رایج‌ترین منابع نیتروژن برای رشد گیاه می‌باشد (Umar et al., 2010).

*نویسنده مسئول: davoodhashemabadi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

توت فرنگی برای تولید محصول مناسب و با کیفیت بالا به نیتروژن کافی نیاز دارد. این گیاه به‌دلیل داشتن سیستم ریشهٔ سطحی، سطح برگ زیاد و آبدار بودن میوه، به نیتروژن زیاد نیازمند است (Santos and Chandler, 2009). کمبود نیتروژن در آغاز گلدهی بر تعداد گل‌ها تأثیر منفی می‌گذارد (Ipek et al., 2014). اما مصرف بیش از حد نیتروژن نیز تاثیر نامطلوبی در کیفیت توت‌فرنگی، از جمله افزایش نیترات، کاهش ویتامین ث، کاهش غلظت ترکیبات فنولیک و آنتوسیانین دارد. به همین دلیل است که توت فرنگی در مجموعه گیاهانی با غلظت بالای بقایای سموم و نیترات قرار دارد (Cardeñosa et al., 2015). بنابراین، کشاورزان تنها گزینه‌ای که دارند جایگزینی بخشی از کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و آلی است (Prasad et al., 2017).

باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اتمسفری که دارای تأثیرات مثبتی بر رشد و عملکرد گیاهان می‌باشند شامل گونه‌های متعددی از باکتری‌های متعلق به *Azospirillum*، *Azotobacter*، *Herbaspirillum* و... می‌باشند (Valverde et al., 2015) این دسته از باکتری‌های ریزوسفری که به‌طور مستقیم و غیر مستقیم اثرات مفیدی روی گیاه دارد باکتری‌های محرک رشد[1] (PGPR) نامیده می‌شوند (Kurokura et al., 2017). افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و خصوصا تولید فیتوهورمون‌های گیاهی موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاه می‌شود. این باکتری‌ها همچنین، از طریق کنترل عوامل بیماری‌زا، به‌طور غیرمستقیم نیز به حفاظت سلامت گیاه کمک نموده که تأثیر نهایی آن، بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. گزارش شده است که باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلوم با مکانیسم‌های متفاوتی مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تولید تنظیم کننده‌های رشد، تولید سیدروفور، افزایش حلالیت عناصر کم‌محلول و ... سبب تأثیرگذاری بر عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی می‌شوند (Lingua et al., 2016; Castellanos-Morales et al., 2010). آزوسپیریلوم و ازتوباکتر در محیط رشد ریشه گیاه توت‌فرنگی توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد زیستی فعال مانند ویتامین‌های B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، اکسین‌ها و جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد ریشه نقش مفید و مؤثری دارند (Prasad et al., 2017; Ipek et al., 2016; Bona et al., 2015).

یکی دیگر از رویکردها برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از نانو کودها است و عدم تاثیر سوء نانو کودها بر میکروارگانیسم‌های خاک به اثبات رسیده است (Sharifi and Khoramdel, 2016). در این کودها عناصر غذایی به تدریج و به‌صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شود و بنابراین استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارآیی مصرفی عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (Naderi and Danesh-Shahraki, 2011). پژوهش حاضر با هدف بررسی کودهای زیستی و نانو نیتروژن بر صفات کمی و کیفی توت فرنگی تحت سطوح مختلف کود نیتروژن، انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل آزمایش: به‌منظور ارزیابی اثر نانونیتروژن و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن بر عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی آزمایشی مزرعه‌ای در مزارع اطراف شهرستان صومعه سرا گیلان با عرض جغرافیایی ′۲۰ °۳۷ و طول جغرافیایی ′۱۳ °۴۹ و با ارتفاع ۱۵ متر پایین‌تر از سطح دریا در سال زراعی

1. Plant Growth Promoting Rhizobacteria

Archive of SID

www.SID.ir

۹۵-۹۶ انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

عمق (cm)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	pH	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز ($mg\ kg^{-1}$)	شن	سیلت	رس (%)
۰-۳۰	۱/۲۳	۷/۶۷	۰/۲۸	۰/۳۱	۱۷/۸۴	۲۵۳	۴/۹۱	۳/۰۴	۲/۸۸	۱۶	۳۷	۴۷

بافت خاک: سیلتی- رسی

طرح آزمایشی و اعمال تیمارها: طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بود که فاکتور اول شامل سطوح مختلف کود اوره (۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور دوم منابع نیتروژن در چهار سطح (باکتری آزوسپریلوم لیپوفروم، ازتوباکتر کروکوکوم، محلول پاشی با کود نانونیتروژن و شاهد) بود. ویژگی‌های باکتری مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: ویژگی‌های باکتری‌های مورد استفاده در آزمایش

باکتری‌های مورد استفاده	تولید آنزیم ACC دآمیناز ($\mu moles\ mg^{-1}\ h^{-1}$)	فعالیت حل کنندگی فسفات	تولید ایندول استیک اسید ($mg\ l^{-1}$)	تولید سیدروفور (halo_diameter/colony diameter)
Azospirillum lipoferum strain OF	۱/۶۱	+	۵/۱	۱/۶۲
Azotobacter chroococcum strain A33	۲/۴۵	+	۶/۸	۱/۵۰

زمین مورد نظر در فصل پاییز شخم نسبتاً عمقی زده شد و تا اواخر بهمن ماه به همان صورت رها شد. روش کاشت در کرت‌هایی حاوی ۵ ردیف کاشت به طول ۷ متر، به‌صورت جوی و پشته‌ای با فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۳۵ سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱/۴۰ متر و فاصله بلوک‌ها ۲/۵۰ متر تعیین شد. قبل از کاشت نشاءهای توت فرنگی (توت‌فرنگی هیبرید رقم کاماروز)، ریشه‌های گیاهان به مدت نیم ساعت در محلول حاوی ۳۰ گرم مایه تلقیح باکتری‌های یاد شده (هر گرم باکتری حاوی 10^8 سلول باکتری فعال بود)، قرار داده شدند. پس از آن، گیاهان به مدت نیم ساعت در محیط خشک خنک و در سایه قرار داده شدند. سپس نشاءها با دست در داخل شیارهای ایجاد شده در وسط پشته، به نحوی که ریشه‌ها تا محل طوقه زیر خاک باشند، قرار داده شدند. ماده پیشنهادی نانو نیتروژن (نانو کود نیتروژن ۲۷ درصد) به مقدار ۱۰ لیتر در هکتار (طبق دستور شرکت سازنده صدور احرار ضرق (خضراء)) به‌صورت تقسیط مساوی در مراحل مختلف (یک سوم همزمان با کاشت، یک سوم بعد از وجین اول و یک سوم اوایل گلدهی) همزمان با آبیاری مصرف گردید.

همچنین کود اوره در تیمارهای مورد نظر به‌صورت تقسیط مساوی در مراحل مختلف (یک سوم همزمان با کاشت، یک سوم بعد از وجین اول و یک سوم اوایل گلدهی) توزیع گردید. آبیاری اولیه تا استقرار بوته‌ها هر سه روز یکبار و پس از آن تا زمان برداشت بسته به شرایط آب و هوایی و نیاز گیاه به فاصله ۱۰-۸ روز انجام گرفت.

کلروفیل برگ: در زمان گلدهی برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل برگ، از برگ‌های بالایی نمونه‌ای تهیه

Archive of SID

www.SID.ir

گردید و مقادیر کلروفیل a و b با استفاده از روش Arnon (۱۹٤۹)، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Varian 300 Scan, USA)، تعیین شد. ابتدا یک نمونه ۰/۵ گرمی به همراه ۵ /۰ گرم سولفات منیزیم ۱۰ میلی لیتر آستن ۸۰٪ که به تدریج اضافه می شد در داخل یک هاون چینی به خوبی ساییده شدند. سپس عصاره به دست آمده از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و در لوله‌های آزمایش دردار ریخته و سپس نمونه ها دور به مدت دو دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردیدند و یک عصاره یکنواختی از هر نمونه به دست آمد. سپس میزان نور جذب شده عصاره به دست آمده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Varian 300 Scan, USA)، در طول موج های ٦٤٧ و ٦٦٣ نانومتر به ترتیب برای کلروفیل a و b قرائت گردید و با استفاده از فرمول‌های زیر محتوای کلروفیل برگ‌ها محاسبه شدند (در روابط زیر V حجم نهایی نمونه استخراج شده و W وزن تر نمونه است):

میلی گرم کلروفیل a در هر گرم وزن تر: [(جذب در ٦٦٣نانومتر) ۱۲/۷ - (جذب در ٦٤٥نانومتر) ۲/٦۹]×V/(۱۰۰۰×W)

میلی گرم کلروفیل b در هر گرم وزن تر: [(جذب در ٦٤٥نانومتر) ۲۲/۹ - (جذب در ٦٦٣نانومتر) ٤/٦۹]×V/(۱۰۰۰×W)

میلی گرم کلروفیلb و a در هر گرم وزن تر: [(جذب در ٦٦٣نانومتر) ۲۲/۹ + (جذب در ٦٤٥نانومتر) ۸/۰۲]×V/(۱۰۰۰×W).

نیترات، فسفر و پتاسیم: نیترات قابل استخراج میوه توسط استخراج با استیک اسید دو درصد اندازه‌گیری شد. پس از اینکه نیترات با ستون کادمیوم حاوی مس، احیا شده و به نیتریت تبدیل شد، توسط رنگ آمیزی با سولفانیل آمید و پیوستن به ان- نفتیل اتیلن دی آمین دی هیدروکلرید تشکیل ماده ارغوانی رنگ داد و در طول موج ٥٤٠ نانومتر خوانده شد (Carlson et al., 1990). مقدار فسفر میوه به روش وانادات- مولیبدانات و مقدار پتاسیم میوه به روش فیلم‌فتومتری اندازه گیری شد (Emami, 1996).

فنل کل: مقدار فنل کل میوه با استفاده از روش رنگ‌سنجی Folin–Ciocalteu تعدیل شده اندازه‌گیری شد (Liu et al., 2002). نتایج به صورت میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد. مقدار آنتی‌اکسیدان کل میوه با استفاده از روش DPPH اندازه‌گیری شد (Brand-Williams et al., 1995) و نتایج به‌صورت میکرو مول ترولوکس در ۱۰۰ گرم وزن تر ($\mu mol\ TE\ 100\ g^{-1}$ FW) بیان شد.

ویتامین ث: برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش تیتراسیون با دیکلروفنلایندولفنل (DCIP) استفاده شد (Pantelidis et al., 2007). انجام تیتراسیون با استفاده از محلول تیوسولفات سدیم در محیط اسیدی درحضور معرف نشاسته صورت پذیرفت. نقطه پایان تیتراسیون با بیرنگ شدن (از رنگ بنفش پررنگ اولیه) مشخص گردید. محاسبه میزان ویتامین ث با در دست داشتن مول ید تیتر شده با محلول تیوسولفات سدیم انجام پذیرفت. ابتدا ازحجم تیوسولفات مصرفی، تعداد مول آن را محاسبه، و از این طریق میزان ید وارد واکنش شده با محلول تیوسولفات در خلال تیتراسیون محاسبه شد. تعداد ید وارد واکنش شده با ویتامین ث از تفاوت میزان ید تیتر شده با محلول تیوسولفات و کل ید آزاد شده در روند واکنش، که خود براساس حجم مصرفی محلول تیوسولفات و غلظت مولی آن قابل محاسبه است، به دست آمد. از تعداد مول‌های ید، تعداد مول‌های ویتامین ث تعیین و با توجه به حجم آب میوه اولیه، تعداد مول اسید اسکوربیک (ویتامین ث) در لیتر محاسبه شد. از ضرب عدد حاصل در ۱۷٤/۲ (وزن مولکولی ویتامین ث) مقدار این ویتامین به صورت میلی‌گرم در گرم محاسبه و سرانجام به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گزارش شد.

آنتوسیانین و مواد جامد محلول: محتوای آنتوسیانین میوه نیز موجود در میوه توت‌فرنگی نیز براساس روش

Archive of SID

www.SID.ir

Fuleki و Francis (۱۹٦۸) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل فوق تعیین شد. در توت‌فرنگی حداکثر جذب آنتوسیانین در محدوده ۵۱۰ تا ۵۲۰ نانومتر است (Giusti and Wrolstad, 2001). کل مواد جامد محلول (TSS) میوه با استفاده از رفرکتومتر دستی مدل ATAGO N-α –Japan تعیین گردید.

صفات مورفولوژیک و عملکرد: در پایان آزمایش در زمان رسیدگی میوه‌ها جهت بررسی صفاتی مانند طول بوته، تعداد میوه در بوته، وزن تر اندام هوایی و عملکرد میوه، برداشت کامل گیاهان در دو متر مربع از ردیف‌های میانی، انجام شد. اندازه‌گیری طول بوته با استفاده از متر پارچه‌ای و تعیین طول بلندترین ساقه انجام شد. میوه‌های موجود در بوته‌های یک متر مربع شمارش و سپس توزین شد. برای اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی بوته نیز بوته‌های یک متر مربع از سطح خاک برش داده شده و سپس توزین شدند.

تجزیه آماری

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها، جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. همچنین رسم نمودار با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

محتوای کلروفیل برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر کلروفیل برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر کلروفیل برگ نشان داد که در تیمار شاهد کلروفیل a و کل تغییر معنی‌دار نشان نداد اما کلروفیل b در سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره افزایش نشان داد. در تیمار آزوسپریلوم، کلروفیل a و b نسبت به تغییر سطح مصرف اوره، تغییر معنی‌دار نشان ندادند اما کلروفیل کل کمترین میانگین را در سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره نشان داد. در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر نیز کلروفیل a و کل، با افزایش مصرف اوره کاهش نشان دادند اما کلروفیل b به‌طور معنی‌دار افزایش یافت به طوری که بیشترین مقدار کلروفیل b در سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره مشاهده شد. در تیمار نانونیتروژن کلروفیل a و b، با افزایش مصرف اوره افزایش یافتند هرچند در کلروفیل a، بین سطح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ٤).

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر کود اوره و منابع مختلف بر صفات اندازه‌گیری شده توت فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	طول بوته	وزن تر اندام‌هوایی	تعداد میوه	عملکرد میوه
تکرار	۲	۱/٤٤^{ns}	۰/۵۸۱*	۰/٦۱۵^{ns}	۳٦/۲۵^{ns}	۷/۱۳^{ns}	۳/۸۱^{ns}	۲٤/۳^{ns}
کود اوره (N)	۲	۲/٦۵^{ns}	۰/۲۰۳^{ns}	۱/۵٦^{ns}	۱۷٤۷**	٤٦۵**	۱۵/۰*	۱٦۲**
تیمار (T)	۳	۱۱/۲۹**	۰/۳۷۲^{ns}	۱۰/۸۷**	۳۱٤**	٦۰۲**	۱٤/۲*	۱۸۲**
N × T	٦	٤/۱۲*	۱/۰٤۹**	۸/٦۲**	٤٤۷**	۱٤۳**	۱۰/۹*	۱۳٦**
خطا	۲۲	۱/۷٦	۰/۱۹۲	۱/۰٦	۲۸/۱۹	۱۲/۱۲	۳/۰۲	۳۵/۲
ضریب تغییرات (٪)		۲۰/۳۳	۸/٦۵	۸/۸۷	۸/۱٤	٤/۰۱	۱۷/۵۹	۱٦/۹

^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار؛ ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ *معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

Archive of SID

www.SID.ir

وزن‌تر اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر وزن تر اندام هوایی نشان داد که در تیمار شاهد، آزوسپریلوم و ازتوباکتر با افزایش کود اوره وزن تر اندام هوایی افزایش یافت اما در تیمار نانو نیتروژن با افزایش مصرف کود اوره تغییر معنی‌دار در وزن تر اندام هوایی مشاهده نشد. بیشترین وزن تر بوته نیز از گیاهانی به دست آمد که نیتروژن را به‌صورت نانو دریافت کرده بودند (شکل ۱).

جدول ٤: مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع مختلف نیتروژن بر کلروفیل برگ توت فرنگی

منابع نیتروژن	کود اوره (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل a	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل کل
شاهد	۰	۸/۳۳a	۳/۹۷abc	۱۲/۳۱a
	۱۰۰	۸/۹۵a	۳/۷۷c	۱۲/۷۳a
	۱۵۰	۹/۳۹a	۳/۹۸abc	۱۳/۳۷a
آزوسپریلوم	۰	۵/۵٤b	٤/۰۱abc	۹/۵۵bc
	۱۰۰	٦/۲۷b	٤/۲۰abc	۱۰/٤۸b
	۱۵۰	۵/۰۰b	۳/۹٦abc	۸/۹٦c
ازتوباکتر	۰	۹/۲٤a	۳/۸۵c	۱۳/۰۹a
	۱۰۰	۸/۰۳a	٤/۵۰a	۱۲/۵٤a
	۱۵۰	۵/٦۵b	٤/۳۲abc	۹/۹۷bc
نانو نیتروژن	۰	٦/۳۹b	۳/۹۲bc	۱۰/۳۱b
	۱۰۰	۸/۷۹a	٤/۰۲abc	۱۲/۸۱a
	۱۵۰	۸/۸۱a	٤/٤۷ab	۱۳/۲۸a

حروف مشترک در هر ستون عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد.

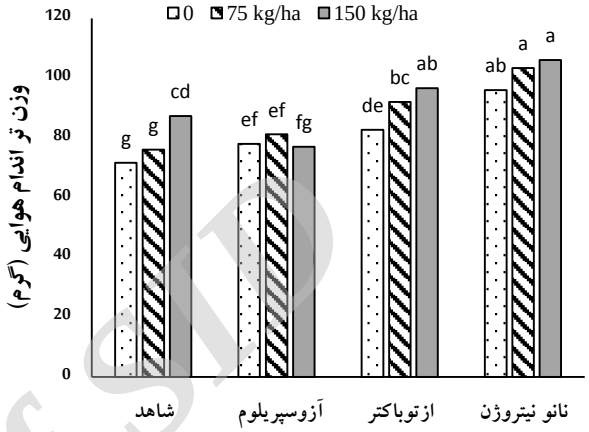
طول بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر طول بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر طول بوته نشان داد که در تیمار شاهد و آزوسپریلوم با افزایش مصرف کود اوره طول بوته افزایش یافت. اما در تیمار ازتوباکتر افزایش کود اوره تا ۱۰۰ میلی گرم منجر به افزایش طول بوته شد و مصرف ۱۵۰ میلی گرم اوره نه تنها طول بوته را افزایش نداد بلکه منجر به کاهش آن نیز گردید. در تیمار نانو نیتروژن نیز بین سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ کود اوره اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ولی نسبت به سطح صفر کود اوره برتری معنی‌دار داشتند (شکل ۲).

تعداد میوه در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر تعداد میوه در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر تعداد میوه در بوته نشان داد که در تیمار شاهد، با افزایش مصرف اوره تعداد میوه در بوته افزایش یافت. در تیمار آزوسپریلوم مصرف کود اوره تا سطح ۷۵ کیلوگرم تعداد میوه را افزایش داد اما افزایش مصرف اوره از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم تغییر

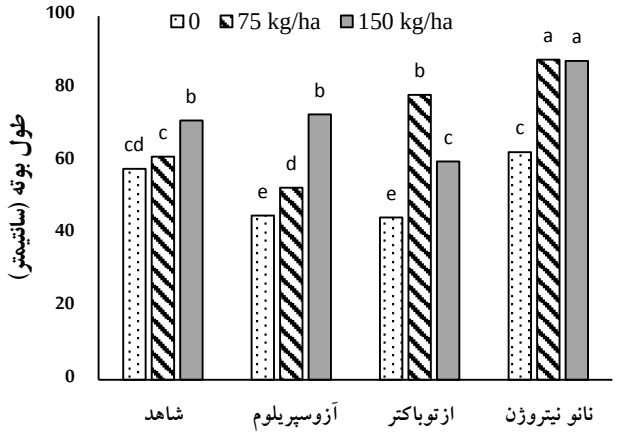
Archive of SID

www.SID.ir

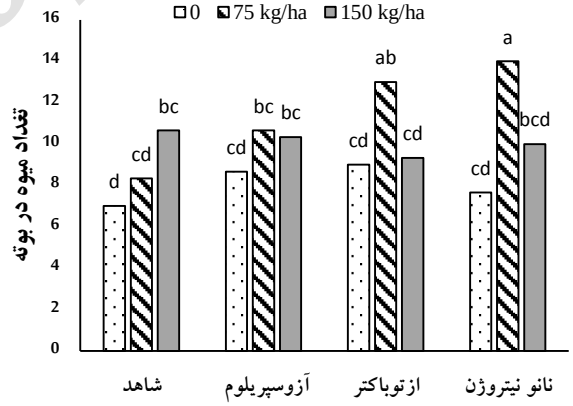
معنی‌داری نشـــان نـداد. امـا در تیمار ازتوباکتر و نانو نیتروژن مصـرف کود اوره تا سطح ۷۵ کیلوگرم تعداد میوه را افزایش داد اما افزایش مصـــرف اوره از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم تعداد میوه را کاهش داد. بیشترین تعداد میوه از تیمـار نـانونیتروژن + ۷۵ کیلوگرم اوره بـا میانگین ۱٤ میوه، به‌دسـت آمد و تیمار ازتوباکتر + ۷۵ کیلوگرم اوره بـا میانگین ۱۳ میوه در مرتبه بعدی قرار داشت (شکل ۳).



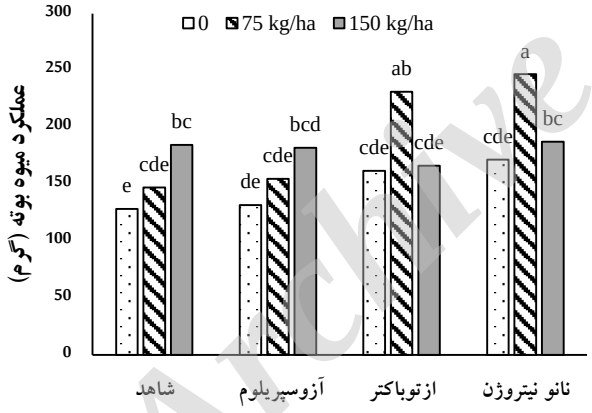
شکل ۱: برهمکنش سطوح کود اوره و تیمارهای مختلف بر وزن اندام هوایی



شکل ۲: برهمکنش سطوح کود اوره و تیمارهای مختلف نیتروژن بر طول بوته



شکل ۳: برهمکنش سطوح کود اوره و تیمارهای مختلف تعداد میوه



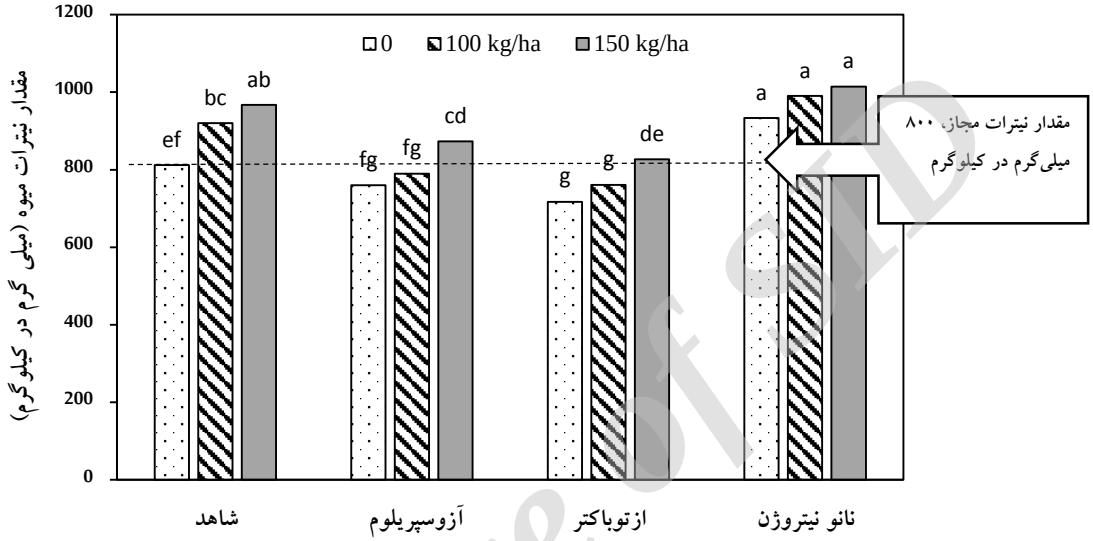
شکل ٤: برهمکنش سطوح کود اوره و تیمارهای مختلف نیتروژن بر عملکرد میوه

عملکرد میوه: نتـایج تجزیـه واریانس نشـــان داد که برهمکنش کود اوره و منـابع نیتروژن بر عملکرد میوه در سـطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایســـه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر عملکرد میوه نشـــان داد کـه در تیمـار شـــاهـد و آزوســـپریلوم، با افزایش مصـــرف اوره عملکرد میوه افزایش یـافـت. امـا در تیمار ازتوباکتر و نانو نیتروژن، مصـــرف اوره تا ســـطح ۷۵ کیلوگرم، عملکرد میوه را افزایش داد امـا افزایش مصـــرف اوره از ۷۵ بـه ۱۵۰ کیلوگرم عملکرد میوه را کاهش داد. بیشـترین عملکرد میوه از تیمـار نـانونیتروژن + ۷۵ کیلوگرم اوره بـا میانگین ٤۹/۳۵ گرم، به دست آمد و تیمار ازتوباکتر + ۷۵ کیلوگرم اوره بـا میـانگین ٤٦/۲۵ گرم در مرتبـه بعدی قرار داشت (شکل ٤).

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار نیترات (NO_3^-) میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار نیترات میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار نیترات میوه نشان داد که در تیمار شاهد، آزوسپریلوم و ازتوباکتر، با افزایش مصرف کود اوره، مقدار نیترات میوه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت اما در تیمار نانو نیتروژن بین سطوح مختلف اوره تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. ضمن آنکه بیشترین مقدار نیترات میوه در تیمارهایی مشاهده شد که نانونیتروژن دریافت کرده بودند و کمترین مقدار نیترات نیز از تیمار ازتوباکتر + عدم مصرف اوره، به دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵: اثر برهمکنش سطوح مختلف اوره و منابع نیتروژن بر مقدار نیترات میوه

غلظت فسفر میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار فسفر میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار فسفر میوه نشان داد که در تیمار شاهد و ازتوباکتر، سطح ۷۵ کیلوگرم اوره، در تیمار آزوسپریلوم عدم مصرف اوره (سطح صفر) و در تیمار نانو نیتروژن سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره، بیشترین مقدار فسفر میوه را نشان دادند. بیشترین مقدار فسفر میوه از تیمار ازتوباکتر + ۷۵ کیلوگرم اوره به دست آمد و تیمار آزوسپریلوم + ۷۵ کیلوگرم اوره در مرتبه بعدی قرار داشت (جدول ٦).

غلظت پتاسیم میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار پتاسیم میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار پتاسیم میوه نشان داد که در تیمار شاهد و نانونیتروژن، سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره، نسبت به سایر سطوح اوره، مقدار پتاسیم بیشتری را نشان داد. این در حالیست که در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپریلوم، مصرف اوره پتاسیم میوه را کاهش داد به طوری که بیشترین مقدار پتاسیم میوه در شرایط عدم مصرف اوره مشاهده شد. بیشترین مقدار پتاسیم میوه به ترتیب از تیمار ازتوباکتر + عدم مصرف اوره به دست آمد (جدول ٦).

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار مواد جامد محلول (TSS) میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار مواد جامد محلول میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار مواد جامد محلول نشان داد که در تیمار شاهد، آزوسپریلوم و نانونیتروژن، سطح ۷۵ کیلوگرم اوره، نسبت به سایر سطوح اوره، برتری معنی‌دار نشان داد. در تیمار ازتوباکتر نیز، عدم مصرف اوره نسبت به سطوح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره، مواد جامد محلول بیشتری نشان داد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول میوه از تیمار آزوسپریلوم + ۷۵ کیلوگرم اوره با میانگین ۱۲/۰٤ درصد به دست آمد که البته با تیمار ازتوباکتر + عدم مصرف اوره با میانگین ۱۱/۳۲درصد، به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ٦). نکته مورد توجه این است که در شاهد، آزوسپریلوم و نانونیتروژن، سطح ۷۵ کیلوگرم اوره، مقدار مواد محلول جامد افزایش یافت در حالی که در تیمار ازتوباکتر این موضوع مشاهده نشد.

ویتامین ث میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار ویتامین ث میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر مقدار ویتامین ث نشان داد که در تیمار شاهد، آزوسپریلوم و نانونیتروژن، سطح عدم مصرف اوره، بیشترین مقدار ویتامین ث را نشان داد. در حالی که در تیمار ازتوباکتر، سطح ۷۵ کیلوگرم اوره، بیشترین مقدار ویتامین ث میوه را نشان داد. در مجموع بیشترین مقدار ویتامین ث از تیمار ازتوباکتر + ۷۵ کیلوگرم اوره با میانگین ۹/۱۱٦ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر به دست آمد و تیمار آزوسپریلوم + عدم مصرف اوره با میانگین ۸/۵۳٦ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر، در مرتبه بعدی قرار داشت (جدول ٦).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع مختلف نیتروژن بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه نشان داد که بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی در تیمار شاهد از سطح ۷۵ کیلوگرم اوره، در تیمار آزوسپریلوم و نانو نیتروژن از سطح عدم مصرف اوره و در تیمار ازتوباکتر از سطح عدم مصرف اوره به دست آمد که البته به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با سطح ۷۵ کیلوگرم اوره نداشت. در بین کل ترکیب‌های تیماری، بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از تیمار ازتوباکتر + عدم مصرف اوره به دست آمد که البته به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با سطح ۷۵ کیلوگرم اوره نداشت (جدول ٦).

جدول ۵: تجزیه واریانس اثر کود اوره و منابع مختلف نیتروژن بر صفات کیفی میوه توت فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		نیترات میوه	فسفر میوه	TSS	ویتامین ث	آنتوسیانین	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل	ظرفیت فنولیکی کل
تکرار	۲	۲۹۰۳^{ns}	۰/۲۰۸^{ns}	۲/٤٤^{ns}	۰/۷۱۰^{ns}	۳/۵۹^{ns}	۳۷٦^{ns}	٦۳۳^{ns}
کود اوره (N)	۲	٤٦۵۰۹**	۱/۳٦٤*	۲۲/۲۹**	۵/۵۷**	۱۱/۰۷^{ns}	٤۲٤۵۸**	۱۱۳٦۹**
تیمار (T)	۳	٦۰۲۳٤**	٤/۹۱**	۳/۰٤**	۲/٦۰**	۱۵/۳۱^{ns}	۷۵۷٤**	۵۳٤^{ns}
N × T	٦	۱٤۳۹۳**	۱/۹۱**	۸/۱٦**	٦/۰٦**	۵۰/۹**	۹۱۰٤**	۲۷۵۳**
خطا	۲۲	۱۲۱۲	۰/۳۵۸	۰/۳۲۹	۰/۲۱٤	٦/۸۳	٤۸۸	۳۲۲
ضریب تغییرات (٪)		٤/٤٦	۲۲/٤۳	٦/۳۹	٦/۵۷	۸/٦۱	٦/۹۸	۱۷/۲٤

Archive of SID

www.SID.ir

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار؛ ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ظرفیت فنول کل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر ظرفیت فنول کل میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع نیتروژن بر ظرفیت فنول کل نشان داد که بیشترین ظرفیت فنول کل در تیمار شاهد از سطح ۷۵ کیلوگرم اوره، در تیمار آزوسپریلوم از سطح عدم مصرف اوره و در تیمار ازتوباکتر از سطح عدم مصرف اوره به دست آمد که البته به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با سطح ۷۵ کیلوگرم اوره نداشت. در تیمار نانونیتروژن نیز بین سطوح مختلف کود اوره اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در مجموع بیشترین ظرفیت فنول کل از تیمار ازتوباکتر + عدم مصرف اوره به دست آمد که البته به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با سطح ۷۵ کیلوگرم اوره نداشت (جدول ٦).

جدول ٦: مقایسه میانگین برهمکنش کود اوره و منابع مختلف نیتروژن بر صفات کیفی میوه توت فرنگی

منابع نیتروژن	کود اوره (کیلوگرم در هکتار)	فسفر میوه	نیترات میوه	TSS (٪)	پتاسیم میوه	ویتامین ث	آنتوسیانین	ظرفیت فنول کل	ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (ترولوکس میلی مول در ۱۰۰ گرم وزن تر)
		(میلی‌گرم در کیلوگرم)			(میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)				
شاهد	۰	۰/۷٦۰e	۸۱۲ef	٤/۹۸f	۱۱٦f	۸/۰۱۳bc	۲٦/۳۳e	۹۸/۰bc	۳۰۷de
	۱۰۰	۳/۰۰۰abcd	۹۲۰bc	۹/۰۱bcd	۱۱۹f	٦/۷۰٦efg	۳۰/۰bcde	۱۲۲b	۳٦۳bc
	۱۵۰	۲/٦۹۳bcd	۹٦۷ab	۷/۹٦e	۱۲۱ef	٦/۰٤۳gh	۲۷/۲۰de	۸۰/۳cd	۲۳۸g
آزوسپریلوم	۰	۲/۵۹٦cd	۷۷۰fg	۸/۰۱de	۱٤۸abc	۸/۵۳٦ab	۲۸/۱٦de	۱۲۲b	۳٦۸b
	۱۰۰	۳/۵۸۳ab	۷۸۰fg	۱۲/۰٤a	۱٤۲bcd	۷/٤۸۳cde	۳۸/۱۳a	۸۵/۰cd	۳۰۰def
	۱۵۰	۱/۰۹٤e	۸۷۳cd	۸/۹۸bcd	۱۲۷def	٦/۵٦٦fg	۳۲/٦٤bc	٦۲/۳d	۲٦۵fg
ازتوباکتر	۰	۲/۵٦۰cd	۷۱۷g	۱۱/۳۲a	۱۵٦a	۷/۰٦۳def	۳۰/۷٤bcd	۱۷٤a	٤۳٤a
	۱۰۰	۳/۹٤a	۷٦۱fg	۸/۳٤cde	۱۵۲ab	۹/۱۱٦a	۲۷/۲٦de	۱٦۳a	٤۲۸a
	۱۵۰	۳/۰۱٦abcd	۸۲۷de	۹/۰۱bcd	۱٤۹ab	۷/۵۷۰cd	۲۹/۰۰bcde	۹٦/۳bc	۲۸٦ef
نانونیتروژن	۰	۲/۳۳۳d	۹۳۳a	۹/٤۰bc	۱۲۳ef	۷/٦۱۳cd	۳۲/۵۸bc	۸۵/۰cd	۳۳۱cd
	۱۰۰	۳/۰۰۰abcd	۹۹۰a	۹/۹۹b	۱۲۵ef	۵/۲۹۰hi	۲۸/۹۳cde	۸۹/۰cd	۲۳۰g
	۱۵۰	۳/٤۵۰abc	۱۰۱٤a	۹/۵۰bc	۱۳۳cde	٤/٦٤۰i	۳۳/۲٦b	۷۹/۹cd	۲٤٤g

حروف مشترک در هر ستون عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد.

بحث

نتایج نشان داد که در اغلب صفات اندازه‌گیری تیمارهای به کاربرده نسبت به تیمار شاهد در شرایط کاربرد و عدم کاربرد اوره برتری داشتند. اما نکته مورد توجه این است که بیشترین عملکرد میوه، از گیاهان تیمار شده با نانو نیتروژن در سطح ۷۵ کیلوگرم اوره به دست آمد. اما در صفات کیفی میوه، تیمارهای تلقیحی نسبت به تیمار نانو نیتروژن برتری داشتند. علت این برتری در صفات کمی را می‌توان ناشی از تاثیر نانونیتروژن در بهبود جذب و انتقال نیتروژن به اندام‌هوایی و تحریک گلدهی و در نهایت تعداد میوه دانست (Naderi and Danesh-Shahraki, 2011). میوه توت‌فرنگی یک نهنج متورم است که رشد و نمو آن توسط اکسینی که بذر تولید می‌کند، تنظیم می‌شود (May and Pritts. 1990)، از طرفی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه به‌طور مستقیم با تولید

Archive of SID

www.SID.ir

هورمون‌های اکسین موجب افزایش رشد و توسعه گیاه می‌شوند (Kurokura et al., 2017)، که تیمار آزوسپریلوم + ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره در مرتبه بعدی قرار داشت. در تحقیقاتی که Karlidag و همکاران (۲۰۱۱) بر روی توت‌فرنگی انجام دادند به این نتایج دست یافتند که کاربرد باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش تعداد میوه و عملکرد میوه توت‌فرنگی می‌شوند. افزایش تعداد میوه و عملکرد میوه توسط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلوم را می‌توان به افزایش جذب نیتروژن و فسفر توسط گیاه در حضور این ریزجانداران نیز نسبت داد. به نظر می‌رسد که افزایش جذب عناصر غذایی می‌تواند منجر به افزایش تجمع ماده خشک و مواد معدنی در برگ‌ها و ساقه‌های گیاه شده و در طول دوره بزرگ شدن میوه، به سمت میوه حرکت می‌کنند (Lieten, 2002; Opstad and Sønsteby, 2008). از طرف دیگر افزایش بیش از حد نیتروژن خاک، سبب نسبت بالای نیتروژن به روی یا فسفر به آهن، تجمع بر، مولیبدن و کادمیوم در بافت‌های گیاهی می‌شود (Lundberg et al., 2008)، یا با تحریک رشد رویشی بخشی از گل‌های تولیدی را ریخته و کاهش تعداد میوه می‌شود (Ipek et al., 2014). باکتری‌های محرک رشد گیاه به کار برده شده در این آزمایش علاوه بر قابلیت تولید هورمون‌های محرک رشد، توان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن اتمسفری را نیز دارند. ولی کاربرد اوره به مقدار فراتر از ۷۵ کیلوگرم در گیاهان تلقیح شده با آزوسپریلوم و ازتوباکتر، کارایی باکتری در افزایش رشد را کاهش داد به‌طوری که در سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره وزن اندام هوایی کمتری از سطح ۷۵ کیلوگرم اوره مشاهده شد. تاثیر باکتری آزوسپریلوم و ازتوباکتر در کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن بر گیاه توت فرنگی (Kurokura et al., 2017)، گوجه‌فرنگی (Xiao-Hui et al., 2017) و کاهو (Shehata et al., 2016) گزارش شده است. افزایش مصرف بیش از حد کود نیتروژن منجر به بهم خوردن توازن ترکیبات میوه مانند ویتامین ث، آنتوسیانین و سایر متابولیت‌های ثانویه می‌شود که اهمیت تغذیه‌ای فراوانی دارند(Pirlak and Köse, 2011). باکتری‌ها با جذب متعادل عناصر غذایی و تأمین بخشی از عناصر مورد نیاز نه تنها رشد گیاه را بهبود می‌بخشند بلکه با جلوگیری از به‌هم خوردن توازن بین ترکیبات داخلی گیاه، ارزش تغذیه‌ای میوه را افزایش می‌دهند (Karlidag et al., 2011). Pešaković و همکاران (۲۰۱۶) بیشترین فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی توت فرنگی را تلفیقی از کود شیمیایی و سودوموناس گزارش کردند. مطابق با این نتایج Reganold و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر ترکیبات بیولوژیک در افزایش معنی‌دار فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به ترکیبات شیمیایی نشان دادند. نکته مورد توجه تاثیر کودهای شیمیایی در کاهش سنتز فنل کل است که کاهش سنتز ترکیبات فنولیک در توت فرنگی توسط Castellanos-Morales و همکاران (۲۰۱۰) نیز ارائه شده است. کیفیت میوه توت فرنگی تابع عوامل محیطی و ژنتیکی است و تغذیه گیاه نقش کلیدی در بهبود کیفیت میوه دارد (Karlidag et al., 2011)، بنابراین تغذیه تلفیقی علاوه بر افزایش عملکرد میوه، کیفیت میوه تولیدی را نیز بهبود می بخشد. همچنین باکتری‌های محرک رشد می‌توانند در تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه تاثیر بگذارند (Pešaković et al., 2016). تاثیر باکتری ازتوباکتر نیز بر تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه از جمله غلظت فلاوونول‌ها و اسیدهای فنولی در توت‌فرنگی گزارش شده است (Tomic et al., 2015). افزایش جذب عناصر غذایی توسط باکتری‌ها در این آزمایش مبین این گفته‌ها می‌باشد به طوری که حداکثر جذب فسفر و پتاسیم در تیمارهای تلقیحی مشاهده شد که

Archive of SID

www.SID.ir

در همین تیمارها حداکثر ویتامین ث و آنتوسیانین نیز به دست آمد. اثر باکتری‌های محرک رشد در افزایش جذب فسفر (Ansari et al., 2018)، پتاسیم (Castellanos-Morales et al., 2010)، نیتروژن (Pirlak and Köse, 2011)، آهن و کلسیم (Ipek et al., 2014) در توت‌فرنگی نشان‌دهنده تاثیر مثبت این دسته از باکتری‌ها در بهبود خصوصیات کمی و کیفی است که مبین نتایج ما می‌باشد. این باکتری‌ها با تخریب کانی‌های پتاسیم‌دار، این عنصر را از کانی آزاد کرده و به شکل قابل استفاده برای گیاه در می‌آورند. گزارش شده است که سیدروفور ترشحی باکتری‌ها می‌تواند با عناصر موجود در سطح کانی کمپلکس برقرار کند و در آزادسازی عناصری مثل فسفر، پتاسیم و آهن اثر گذارد (Erturk et al., 2012).

مصرف بیش از حد کود نیتروژن باعث بهم خوردن تعادل ترکیبات مفید میوه شده و مقدار نیترات میوه را افزایش می‌دهد (Pešaković et al., 2016). در این آزمایش نیز حداقل نیترات میوه در گیاهان تلقیح شده تحت شرایط عدم کاربرد کود اوره مشاهده شد، در حالی که بیشترین مقدار نیترات میوه در تیمارهایی مشاهده شد که ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره دریافت کرده بودند به‌ویژه در تیمار نانونیتروژن که حداکثر نیترات میوه را نشان داد. تجمع نیترات در گیاه زمانی پیش می‌آید که میزان جذب آن بیش از کاهش آن در آسیمیلاسیون توسط آنزیم نیترات ردوکتاز باشد. مقدار تجمع نیترات توسط توان توارثی گیاه تنظیم گردیده بوسیله عوامل محیطی، کوددهی عملیات زراعی تغییر می‌یابد (Kurokura et al., 2017). خطر تجمع نیترات برای انسان زمانی اهمیت پیدا می‌کند که نیترات موجود در آب، سبزیجات و میوه‌ها پس از مصرف به نیتریت تبدیل شده در ترکیب با هموگلوبین خون عارضه کم خونی مت‌هموگلوبین‌میا را بوجود آورد. در نتیجه علایم آنوکزیا یا کمبود اکسیژن پیش آمده بافت‌ها صدمه می‌بیند (Hambridge, 2003). Lundberg و همکاران (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که اگر نیتروژن اضافی به گیاه توت فرنگی داده شود، کاهش چشمگیری در رشد عملکرد محصول مشاهده خواهد شد. ماکزیمم مقدار مجاز غلظت نیترات ۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برای توت فرنگی گزارش شده است (El-Sheikh et al., 1990; Eshghi and Ranjbar, 2015). در تیمارهای مورد ارزیابی در این آزمایش گیاهان تلقیح شده با باکتری کمترین مقدار نیترات میوه را نشان دادند.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که مصرف اوره به همراه منابع مختلف نیتروژن منجر به افزایش رشد اندام هوایی، ریشه، برگ و تعداد گل در بوته، تعداد میوه و عملکرد میوه توت فرنگی می‌شود و نانو نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم بیشترین عملکرد را بین سایر تیمارها داشت اما افزایش مصرف اوره تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در گیاهان تلقیح شده و نانونیتروژن، منجر به کاهش عملکرد و افت خصوصیات کیفی شد و کارایی باکتری‌ها را نیز کاهش داد. تیمارهای تلقیحی به همراه ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره، اگرچه عملکرد کمتری نسبت به تیمار نانونیتروژن + ۷۵ کیلوگرم اوره داشتند اما از نظر ویتامین ث، جذب فسفر و پتاسیم، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل و ظرفیت فنلی کل برتری داشت، ضمن آن‌که کمترین مقدار نیترات میوه را نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در اغلب صفات باکتری‌های ازتوباکتر نسبت به آزوسپریلوم برتری داشت بنابراین تیمار ازتوباکتر + ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار برای افزایش عملکرد میوه و تولید محصولی سالم‌تر، در کشت توت فرنگی قابل توصیه می‌باشد. همچنین برای آزمایشات آتی کاربرد تلفیقی این

Archive of SID

www.SID.ir

باکتری‌ها با قارچ میکوریزا به همراه کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست، کودهای دامی و... پیشنهاد می‌شود.

References

Ansari, M.H., HashemAbadi, D., Mahdavi, M. and Kaviani, B. (2018). The role of *Pseudomonas* strains and Arbuscular mycorrhiza fungi as organic phosphate–solubilizing in the yield and quality improvement of strawberry [*Fragaria* × *ananassa* Duch., cv. Selva] fruit. Hortorum Cultus, 17(3): 316-326.

Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.

Bona, E., Lingua, G., Manassero, P., Cantamessa, S., Marsano, F., Todeschini, V., Copetta, A., D'Agostino, G., Massa, N., Avidano, L. and Gamalero, E. (2015). AM fungi and PGP Pseudomonads increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. Mycorrhiza, 25(3): 181-193.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology, 28: 25−30.

Cardeñosa, V., Medrano, E., Lorenzo, P., Sánchez-Guerrero, M.C., Cuevas, F., Pradas, I. and Moreno-Rojas, J.M. (2015). Effects of salinity and nitrogen supply on the quality and health-related compounds of strawberry fruits (*Fragaria* × *ananassa* cv. Primoris). Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(14): 2924-2930.

Carlson, R.M., Cabrera, R.I., Paul, J.L., Quick, J. and Evans, R.Y. 1990. Rapid direct determination of ammonium and nitrate in soil and plant tissue extracts. Communication Soil Science and Plant Analysis, 21: 1519-1529.

Castellanos-Morales, V., Villegas, J., Wendelin, S., Vierheilig, H., Eder, R. and Cardenas-Navarro, R. (2010). Root colonization by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* alters the quality of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* Duch) at different nitrogen levels. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90:1774–1782.

El-Sheikh, A.M., Abd El-Hakam, M.A. and Ulrich, A. (1990). Critical nitrate levels for squash, cucumber and melon plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1(2):63-78.

Emami, A. (1996). Plant analysis methods. Iranian Plant and Water Research Institute, No. 928.

Erturk Y., Ercilsi, S. and Cakmakci, R. (2012). Yield and growth response of strawberry to plant growth promoting rhizobacteria inoculation. Journal of Plant Nutrition, 35(6):817–826.

Eshghi, S. and Ranjbar, R. (2015). Vegetative growth, yield and leaf mineral composition in strawberry (*Fragaria*× *ananassa* Duch. Cv. Pajaro) as influenced using nickel sulfate and urea sprays. Journal of Plant Nutrition, 38(9):1336-1345.

Fuleki, T. and Francis, F.J. (1968). Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. Journal of Food Science, 33: 72-78.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. Protocols in Food Analytical Chemistry, F1.2.1-F1.2.13.

Hambridge, T. (2003). Nitrate and nitrite: intake assessment, WHO Food Additives Series, World Health Organization, Geneva, 50: 1053–1071.

Ipek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M. and Sahin, F. (2014). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) increase yield, growth and nutrition of strawberry under high-calcareous soil conditions. Journal of Plant Nutrition, 37(7): 990-1001.

Karlidag, H., Yildirim, E., M.Turan, M. and Donmez, F. (2011). Effect of plant growth promoting bacteria on mineral – organic fertilizer use efficiency, plant growth and mineral contents of strawberry (*Fragaria x ananassa L*. Duch.). Indian Journal of Biotechnology, 9: 289-297.

Kurokura, T., Hiraide, S., Shimamura, Y., and Yamane, K. (2017). PGPR improves yield of strawberry species under less-fertilized conditions. Environmental Control in Biology, 55(3): 121-128.

Lieten, F. (2002). The effect of nutrition prior to and during flower differentiation on phyllody and plant performance of short day strawberry elsanta. Acta Horticulturae, 567: 345-348.

Lingua G., Bona E., Manassero, P., Marsano, F., Todeschini, V., Cantamessa, S., Copetta, A., D'Agostino, G., Gamalero, E.

Archive of SID

www.SID.ir

and Berta, G. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads increases anthocyanin concentration in strawberry fruits (*Fragaria* × *ananassa* var Selva) in conditions of reduced fertilization. International Journal of Molecular Science, 14: 16207–16225.

Liu, M., Li, X.Q., Weber, C., Lee, C.Y., Brown, J. and Liu, R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50: 2926–2930.

Lundberg, J.O., Weitzberg, E. and Gladwin, M.T. (2008). The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. Nature Reviews Drug Discovery, 7(2): 156.

May, G. and Pritts, M. (1990). Strawberry nutrition. Advance Strawberry Production, 9:10–23.

Naderi, M.R. and Danesh-shahraki, A.R. (2011). The application of Nanotechnology in optimizing the formulation of chemical fertilizers. Journal of Nano, 106(4):20–22.

Opstad, N. and Sønsteby, A. (2008). Flowering and fruit development in strawberry in a field experiment with two fertilizer strategies. Acta Agriculture Scandinavia, Section B: Soil Plant Science, 58: 297-304.

Pantelidis, E.G., Vasilakakis, M., Manganaris, A.G., Diamantidis, G. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and cornelian cherries. Food Chemistry, 102: 777–783.

Pešaković, M., Milenković, S., Đukić, D., Mandić, L., Karaklajić-Stajić, Ž., Tomić, J. and Miletić, N. (2016). Phenolic composition and antioxidant capacity of integrated and conventionally grown strawberry (*Fragaria*× *ananassa* Duch). Horticultural Science, 43 (1): 17–24.

Pirlak, L. and Köse, M. (2011). Runner plant yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) inoculated with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Philippin Agricultural Scientist, (93)1: 42-46.

Prasad, H., Sajwan, P., Kumari, M. and Solanki, S.P.S. (2017). Effect of organic manures and biofertilizer on plant growth, yield and quality of horticultural crop: A Review. International Journal of Chemical Studies, 5(1): 217-221.

Reganold, J.P., Andrews, P.K., Reeve, J.R., Carpenter-Boggs, L., Schadt, C.W., Alldredge, J.R., Ross, C.F., Davies, N.M. Zhou, J. (2010). Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. PLoS ONE, 5(10): 10.1371.

Santos, B.M. and Chandler, C.K. (2009). Influence of nitrogen fertilization rates on the performance of strawberry cultivars. International Journal of Fruit Science, 9(2), 126-135.

Sharifi, R.S. and Khoramdel, S. (2016). Effects of nano-zinc oxide and seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, yield components and grain filling period of soybean (*Glycine max* L.). Pajohesh and Sazandegi, 13(4): 738-753. (In Farsi)

Shehata, S. M., Schmidhalter, U., Valšíková, M., and Junge, H. (2016). Effect of bio-stimulants on yield and quality of head lettuce grown under two sources of nitrogen. Gesunde Pflanzen, 68(1): 33-39.

Tomic, J.M., Milivojevic, J.M. and Pesakovic, M.I. (2015). The response to bacterial inoculation is cultivar-related in strawberries. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39(2): 332-341.

Umar, I., Wali, V.K., Rehman, M.U., Mir, M.M., Banday, S.A. and Bisati, I.A. (2010). Effect of subabul (*Leucaena leucocephala*), urea and biofertilizer application on growth, yield and quality of strawberry cv. Chandler. Applied Biological Research, 12(2):50-54.

Valverde, C., Ramírez, C., Kloepper, J.W. and Cassán, F. (2015). Current research on plant-growth promoting rhizobacteria in Latin America: Meeting report from the 2nd Latin American PGPR Workshop. Journal of Plant Growth Regulation, 34(1):215-219.

Wan, C., Mi, L., Chen, B., Li, J., Huo, H., Xu, J. and Chen, X. (2018). Effects of nitrogen during nursery stage on flower bud differentiation and early harvest after transplanting in strawberry. Brazilian Journal of Botany, 41(1):1-10.

Xiao-Hui, F.A.N., Zhang, S.A., Xiao-Dan, M.O., Yun-Cong, L.I., Yu-Qing, F.U. and Zhi-Guang, L.I.U. (2017). Effect of PGPR and N source on plant growth and N, P uptake by tomato grown in calcareous soils. Pedosphere, 27(6): 1027-1036.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir