جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مجله علوم باغبانی ایران
دوره ۴۲، شماره ۳، ۱۳۹۰ (۳۱۸-۳۰۹)

مطالعه ویژگی‌های رشد و نمو گیاه فلفل (*Capsicum annuum* L.) تحت تأثیر نسبت‌های مختلف آمونیوم و نیترات

محمدکاظم سوری[1]*، نسرین فرهادی[2] و حمیدرضا روستا[3]
۱، ۲، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۱۳ - تاریخ تصویب: ۹۰/۳/۲۲)

چکیده

نوع نیتروژن می‌تواند اثرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مهمی بر گیاه داشته باشد. در این مطالعه طی دو آزمایش به صورت آب کشت و همچنین یک آزمایش تحت کشت خاکی (گلدانی)، اثر تغذیه آمونیومی، نیتراتی، و آمونیوم-نیتراتی روی گیاهان فلفل تحت شرایط کنترل شده مورد بررسی قرار گرفت. ماده ۳، ۴-دی متیل پیرازول فسفات (DMPP) به عنوان ممانعت‌کننده اکسیداسیون آمونیوم در کشت خاکی به کار رفت. نتایج نشان داد که در آب کشت وقتی دانهال‌های فلفل از ابتدا تحت تیمار کامل یا نسبتی از آمونیوم قرار بگیرند رشد و نمو و عملکرد رویشی آنها در مقایسه با گیاهان روییده با نیترات شدیداً کاهش می‌یابد، ولی وقتی دانهال‌های فلفل ابتدا برای دو هفته در محلول غذایی حاوی نیترات (پیش‌تیمار) قرار گرفتند، تحمل نسبی آنها به آمونیوم در ترکیب با نیترات افزایش یافت. لذا احتمالاً نسبت‌های نیترات به آمونیوم در داخل گیاه در کاهش حساسیت گیاهان نسبت به آمونیوم مهم به نظر می‌رسد. از سویی دیگر، گیاهان روییده در خاک تحمل بهتری نسبت به شرایط تغذیه آمونیومی در مقایسه با آب کشت نشان دادند و نتایج مربوط به پارامترهای رشد و نمو گیاهان بخوبی مؤید این واقعیت بود. این مسأله می‌تواند احتمالاً به سبب خاصیت بافری خاک و تثبیت آمونیوم به وسیله کلوئیدهای خاک و آزادسازی تدریجی آن برای گیاهان باشد.

واژه‌های کلیدی: فلفل، آب کشت، آمونیوم، نیترات، دی‌متیل‌پیرازول‌فسفات، نیتریفیکاسیون.

مقدمه

نیتروژن حدود ۵-۲ درصد وزن خشک گیاه فلفل را شامل می‌گردد (Xu et al., 2002). فلفل همانند دیگر گیاهان سولاناسه سازگاری خاصی با شرایط تغذیه نیتراتی دارد که بیانگر منطقه جغرافیایی است که ازآن منشأ گرفته است. در این مناطق (آمریکای مرکزی) میزان و سرعت نیتریفیکاسیون در خاک زیاد و سریع می‌باشد (Britto & Kronzucker, 2002). نیتروژن مهمترین عامل محدودکننده رشد گیاهی در بیشتر سیستم‌های زراعی است. از طرف دیگر فیزیولوژی و مورفولوژی گیاه شدیداً تحت تأثیر فرم آمونیومی یا نیتراتی نیتروژن در خاک و یا محلول غذایی قرار می‌گیرد. بیشتر گیاهان تحت شرایط آب کشت حساسیت خاصی به نیتروژن آمونیومی نشان می‌دهند،

* نویسنده مسئول: محمدکاظم سوری تلفن: ۰۲۱-۴۸۲۹۲۰۹۰ E-mail: mk.souri@modares.ac.ir

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

به ویژه وقتی تمام یا قسمت عمده نیتروژن کاربردی را آمونیوم تشکیل می‌دهد. در هر صورت، گیاهان می‌توانند دامنه وسیعی از ترکیبات نیتروژنی از جمله: نیترات، نیتریت، آمونیاک، آمونیوم، آمیدها، آمین‌ها، اسیدهای آمینه، پپتیدها و حتی برخی پروتیین‌ها با وزن مولکولی پائین را جذب کنند (Marschner, 1995; von Wiren & Merrick, 2004). از طرفی دیگر راندمان کاربرد کودهای شیمیایی در سیستم‌های کشاورزی در بهترین حالت بیشتر از ۵۰-۳۰ درصد نیست (Azam & Ifzal 2006; Subbarao et al., 2006)، یعنی معمولاً ۷۰-۵۰ درصد نیتروژن کاربردی به شکل‌های مختلف به سبب فرآیند نیتریفیکاسیون از خاک خارج شده و باعث هدر رفت سرمایه و مهمتر از آن آلودگی منابع زیست محیطی می‌گردد. تغذیه آمونیمی یعنی کاربرد کودهای آمونیومی همراه با ممانعت‌کننده‌های نیتریفیکاسیون می‌تواند تا حدودی باعث کاهش این هدر رفت و افزایش راندمان کودهای ازته گردد. علاوه بر این گزارش‌های مختلفی وجود دارد که بیانگر رشد و نمو بهتر گیاهان گوجه‌فرنگی در سیستم آب کشت، تحت شرایط تغذیه‌ای است که آمونیوم حدود ۲۰-۱۰٪ نیتروژن کاربردی را شامل گردد (Siddiqi et al., 2002; Britto, & Kronzucker 2002; Schjoerring et al., 2002). نتایج مشابهی در گیاه خیار مشاهده شده است که در آن بهترین رشد دانهال‌ها در نسبت آمونیوم به نیترات ۲۵ به ۷۵ اتفاق می‌افتد (Roosta & Schjoerring, 2007). همچنین کاربرد فقط ۱٪ (۰/۱ میلی‌مولار) از نیتروژن به صورت نیترات باعث کاهش سمیت آمونیوم در گیاه خیار شد (Roosta & Schjoerring, 2008). در این مطالعه نیز با توجه به مزیت نسبی بیشتر تغذیه آمونیومی به تغذیه نیتراتی از یک سو و همچنین حساسیت بیشتر گیاهان به آمونیوم از سویی دیگر، اثر تغذیه آمونیومی در مقابل تغذیه نیتراتی و نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات تحت شرایط آب کشت و همچنین کشت خاکی بر رشد و نمو گیاهان فلفل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بذور فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* var. crusader) بعد از تیمار شدن با سولفات کلسیم ۱۰ میلی‌مولار برای مدت ۶ ساعت، در محیط حاوی مخلوطی از ۶۰٪ (حجم) کوارتز (۰/۵-۰/۰۲ میلی‌متر) و ۴۰٪ محیط کشت TKS1[1] (یک محیط کشت آلی با نسبت کم عناصر غذایی) تحت شرایط دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد در اتاقک رشد قرار گرفتند تا جوانه‌زنی صورت گیرد (Gweyi, 2006 و Souri, 2008).

آزمایش ۱: بعد از جوانه‌زنی، نهال‌های جوان فلفل در مرحله ۵-۴ برگی برای مدت حدود ۴ هفته به محیط کشت محلول حاوی نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات منتقل شدند. محلول غذایی طبق روش Walch-Liu et al. (2000) تهیه گردید و ترکیب آن شامل: ۱۰ میکرومول اسید بوریک، ۰/۵ میکرومول سولفات منگنز، ۰/۵ میکرومول سولفات روی، ۰/۱ میکرومول سولفات مس، ۰/۰۱ میکرومول مولیبدات آمونیم، ۱۵ میکرومول کلات آهن EDTA، ۰/۷ میلی‌مول سولفات پتاسیم، ۰/۵ میلی‌مول دی‌هیدروژن پتاسیم فسفات، ۱/۲ میلی‌مول سولفات منیزیم و ۱/۲ میلی‌مول کلرید پتاسیم بود و در ابتدا pH محلول غذایی برابر حدود ۵/۲۵ بود. چهار تیمار نسبت نیتروژن آمونیومی به نیتراتی شامل: ۰٪ آمونیوم + ۱۰۰٪ نیترات، ۲۵٪ آمونیوم + ۷۵٪ نیترات، ۵۰٪ آمونیوم + ۵۰٪ نیترات، و ۱۰۰٪ آمونیوم + ۰٪ نیترات به کار رفت. نیتروژن به فرم سولفات آمونیوم یا نیترات کلسیم در یک غلظت ۲ میلی‌مولار به کار رفت. در تیمارهای حاوی آمونیوم، کلسیم به فرم کلرید کلسیم در غلظت ۱ میلی‌مولار برای جبران کلسیم به محلول غذایی اضافه گردید. تعداد تکرارها برابر ۴ گلدان به حجم ۳/۵ لیتر (حاوی ۲/۵ لیتر محلول غذایی) و هر گلدان حاوی ۳ عدد گیاه بود که با استفاده از اسفنج تثبیت شدند.

آزمایش ۲: در این آزمایش دانهال‌های فلفل بعد از جوانه‌زنی در مرحله ۵-۴ برگی ابتدا به محلول غذایی حاوی ۲ میلی‌مولار نیترات منتقل شدند (پیش‌تیمار). سپس گیاهان بعد از ۲ هفته به تیمارهای آمونیومی همانند آزمایش ۱ منتقل گردیدند.

آزمایش ۳: در این آزمایش اثر تغذیه آمونیوم-نیتراتی بر گیاهان فلفل تحت کشت خاکی (گلدان) مورد

1. Torf Kultur Substanz

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مطالعه قرار گرفت. حدود یک کیلوگرم خاک خشک با رطوبت ۷۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای در گلدان‌های پلاستیکی سیاه رنگ ریخته شد. تیمارها شامل نیترات (به شکل نیترات کلسیم)، نیترات + آمونیوم (به فرم نیترات آمونیوم + ۳، ۴-دی‌متیل پیرازول فسفات، DMPP)، و آمونیوم (سولفات آمونیوم + DMPP) به کار رفت. برای همه تیمارها میزان نیتروژن ثابت معادل، ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. به هر حال خاک خود حاوی حدود ۱۰ میلی‌گرم نیتروژن به فرم نیترات بود و میزان آمونیم آن بسیار ناچیز (کمتر از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. ماده شیمیایی دی‌متیل پیرازول فسفات (DMPP)، به عنوان یک ممانعت‌کننده استاندارد فرآیند نیتریفیکاسیون در خاک، همراه آمونیوم و در غلظت ۱٪ غلظت آمونیوم جهت ممانعت از اکسیداسیون آمونیوم به نیترات (تضمین تغذیه آمونیومی) به کار رفت (Zerulla et al., 2001). ماده DMPP همزمان با سولفات آمونیوم و یا نیترات آمونیوم در آب حل و به صورت یکنواخت با خاک مخلوط گردید. گیاهان بعد از جوانه‌زنی در مرحله ۶-۵ برگی به گلدان‌های حاوی تیمارها منتقل شدند و به مدت ۶ هفته تحت این تیمارها رشد نمودند. تعداد تکرارها برابر ۵ گلدان و هر گلدان حاوی یک گیاه بود.

اندازه‌گیری‌ها: تأثیر تیمارها بر خصوصیات و پارامترهای رشد رویشی گیاهان طی دوران رشد و نمو گیاه بررسی شد. شاخص کلروفیلی یا میزان سبزینگی گیاه برای ۳ برگ بالای گیاه و یا کلاً برای برگ‌های نیمه بالایی گیاه و همچنین برای پایین‌ترین ۳ برگ گیاه و یا کلاً نیمه پایینی گیاه در هر گلدان با دستگاه SPAD meter اندازه‌گیری شد. تعداد جوانه‌های جانبی گیاه (جوانه‌های بزرگتر از ۲ میلی‌متر) در هر گلدان نیز (۴ گیاه) در زمان برداشت (بعد از ۶ هفته) محاسبه گردید. سایر پارامترها از قبیل وزن تر ریشه و شاخساره، ارتفاع گیاه و تغییرات pH محلول غذایی محیط ریشه (با pHمتر مدل MPC227, Mettler Toledo در زمان برداشت (بعد از ۶ هفته) محاسبه گردید. pH محلول‌های غذایی در تمام طول ۲ آزمایش (آب کشت) اندازه‌گیری شد ولی pH محلول در ۲۴ ساعت انتهایی که معیار دقیقتری از فعالیت ریشه‌ها در زمان برداشت است آورده شده است. میزان آب مصرفی گیاهان به صورت میلی‌لیتر آب اضافه شده به هر گلدان (حاوی ۳ گیاه) دوبار در هر ۲۴ ساعت در سیستم آب کشت، و طی هفته چهارم در کشت خاکی به صورت مجموع آب‌های اضافه شده به گلدان (دو بار در روز) تا ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای محاسبه گردید. این آزمایشات براساس طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار (گلدان) برای هر دو آزمایش تحت سیستم آب کشت، و ۵ تکرار (گلدان) در کشت خاکی بود. در این تحقیق واحد آزمایشی یک گلدان می‌باشد که در آب کشت حاوی ۳ گیاه و در کشت خاکی حاوی یک گیاه بود. گرافها با استفاده از نرم‌افزار Excel تهیه، و مقایسه میانگین‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. داده‌ها شامل میانگین چهار تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند.

نتایج

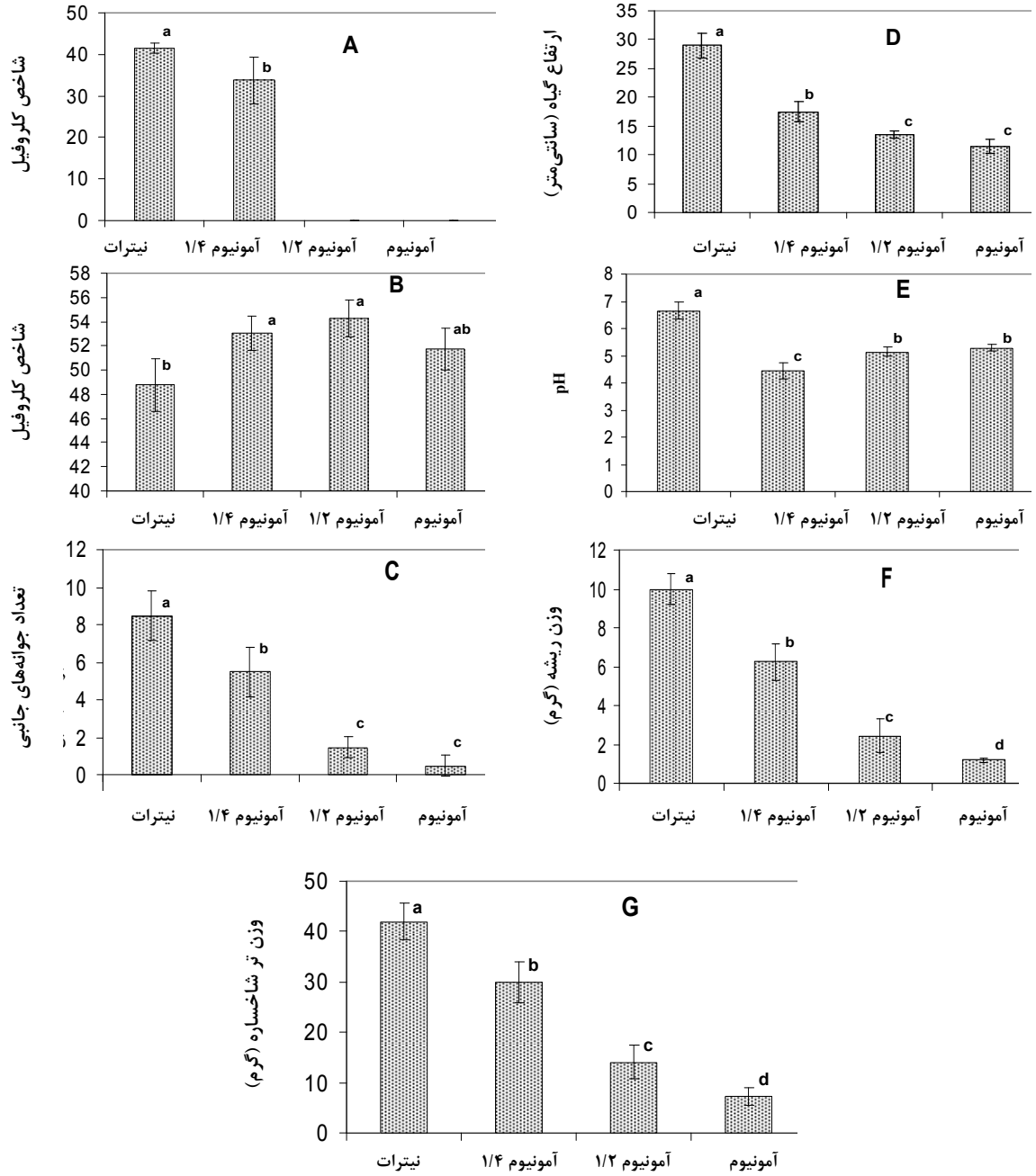
آزمایش اول

نتایج بیانگر اثر ممانعت کنندگی آمونیوم حتی در ترکیب با نیترات بر ویژگی‌های رشد و نمو گیاهان فلفل بود. شاخص کلروفیل برگ که یک فاکتور بیان‌کننده وضعیت نسبی سلامت گیاه است نشان داد که در سه برگ بالایی گیاه، تغذیه آمونیومی باعث افزایش میزان سبزینگی (کلروفیل) گیاه گردید، در حالی که در نیمه پایینی برگ‌ها شاخص کلروفیل شدیداً کاهش یافت (شکل ۱). عدم رشد و تشکیل برگ بعلاوه ریزش برگ‌ها به سبب تنش آمونیومی در نهال‌های جوان باعث عدم وجود داده مربوط به میزان کلروفیل پایین‌ترین سه برگ گیاه گردید. تعداد جوانه‌های جانبی تشکیل شده در گیاه (گلدان) نسبت معکوسی با غلظت آمونیوم داشت (شکل۲). کمترین ارتفاع دانهال‌ها در تیمار ۱۰۰٪ آمونیوم مشاهده شد و گیاهان هیچ افزایش طولی نشان ندادند. اندازه‌گیری pH محلول غذایی طی ۲۴ ساعت قبل از برداشت نشان‌دهنده بیشترین تغییرات pH (افزایش) تحت شرایط تغذیه نیتراتی بود و در گیاهان تحت تغذیه آمونیوم هیچ‌گونه تغییری در pH محلول غذایی آنها مشاهده نگردید. pH اولیه محلول‌های غذایی در حدود ۵/۲۵ بود که تحت تغذیه نیترات به ۶/۶۵ و در تغذیه آمونیم (۵/۲۷) و یک دوم آمونیم (۵/۱۲) تقریباً

هیچ‌گونه تغییری نشان نداد ولی تحت تغذیه یک چهارم آمونیوم تا ۴/۴۲ کاهش نشان داد. گیاهان تغذیه شده با نیترات بیشترین تعداد جوانه جانبی، ارتفاع گیاه و وزن تر ریشه را نشان دادند در حالی که کاهش شدیدی در وزن تر ریشه با افزایش نسبت و غلظت آمونیوم در محلول غذایی مشاهده گردید (شکل ۱).

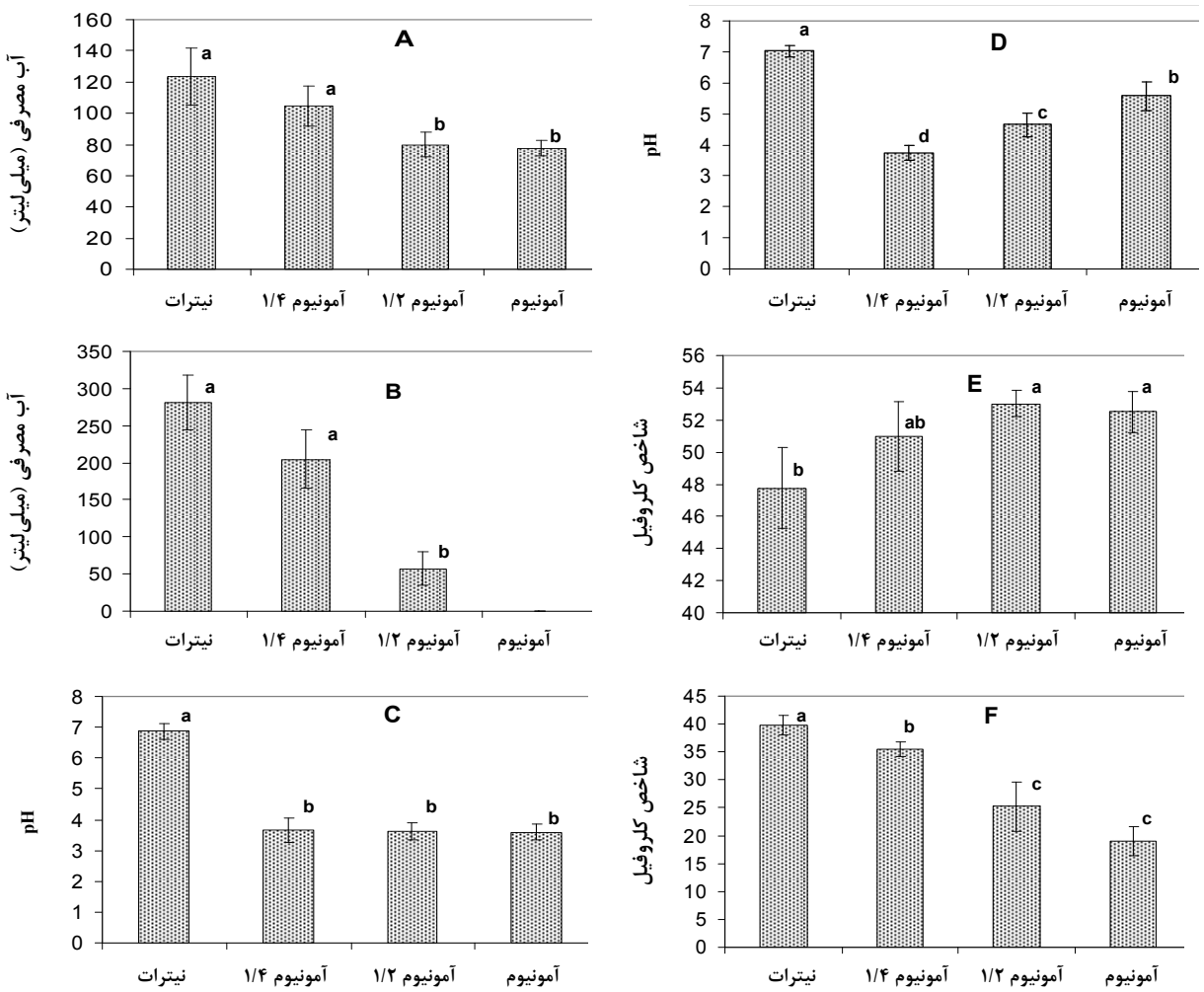
آزمایش دوم

بررسی ویژگی‌ها و پارامترهای رویشی گیاهان در این آزمایش بیانگر تحمل بالاتر گیاهان تحت تیمار آمونیوم در مقایسه با انتقال مستقیم به شرایط آمونیومی

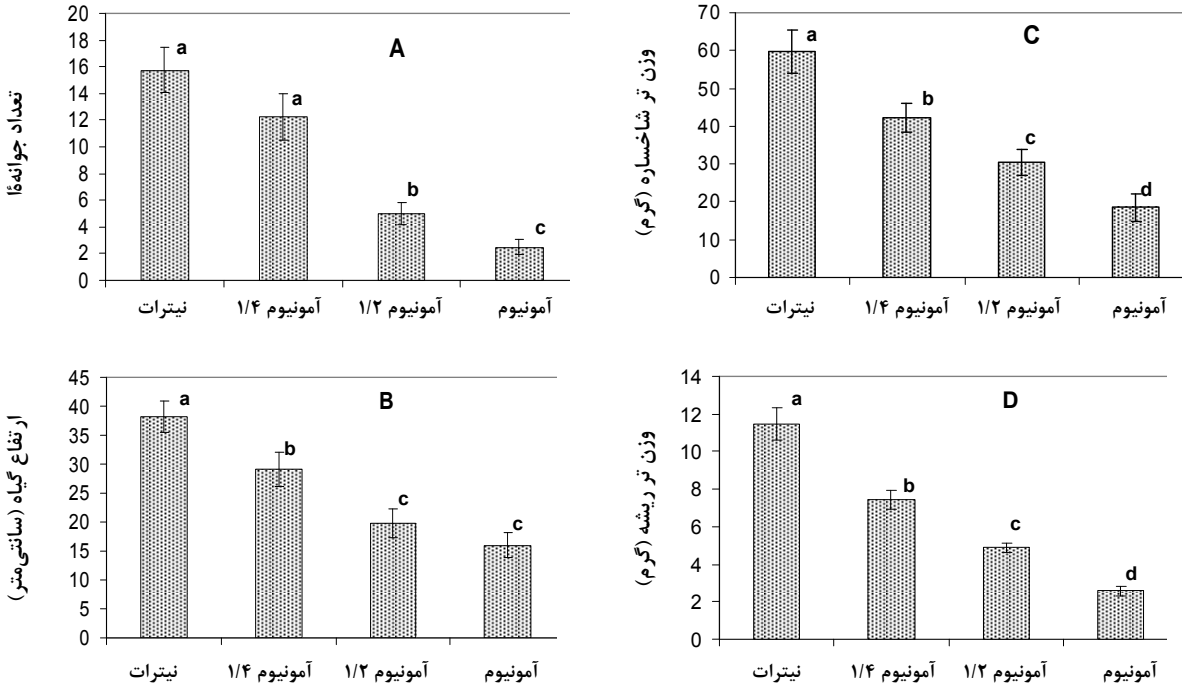


شکل ۱- اثر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات در یک ترکیب نیتروژنی بر پارامترهای رشد دانهال‌های فلفل که مستقیماً (طی مدت ۴ هفته) تحت تیمار قرار گرفتند. A: شاخص کلروفیل در پایین‌ترین ۳ برگ گیاه، B: شاخص کلروفیل در بالا ترین ۳ برگ گیاه، C: تعداد جوانه جانبی در گیاهان هر تکرار (گلدان)، D: متوسط ارتفاع گیاه، E: pH محلول غذایی طی ۲۴ ساعت قبل از برداشت، F: وزن تر ریشه، G: وزن تر شاخسار. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

(آزمایش ۱) بود (شکل ۳). شاخص کلروفیل نیمه بالایی گیاه در تیمارهای مختلف متفاوت از نیمه پایینی گیاه بود، به طوری که با افزایش نسبت آمونیوم در محلول غذایی یک روند افزایشی در میزان سبزینگی برگ‌های نیمه بالایی گیاه مشاهده شد، در حالی که اندازه‌گیری شاخص کلروفیل بیانگر کاهش همزمان سبزینگی برگ‌ها در نیمه پایینی گیاه بود به طوری که بیشترین میزان آن در گیاهان تیمار شده با نیترات (۳۹/۷۵ واحد) و کمترین آن در گیاهان تیمار شده با آمونیوم کامل (۱۹ واحد) بود. میزان آب مصرفی گیاه طی ۲۴ ساعت ابتدایی و ۲۴ ساعت انتهایی در کشت محلول نشان‌دهنده متفاوت بودن میزان مصرف آب در گیاهان متأثر از فرم نیتروژنی بود. گیاهان تغذیه شده با نیترات بیشترین میزان مصرف آبی را نشان دادند، و گیاهان تیمار شده با آمونیوم مخصوصاً در اندازه‌گیری مصرف آب در زمان برداشت میزان بسیار پایین مصرف آب را در مقایسه با گیاهان تیمار شده با نیترات نشان دادند که به ترتیب برابر ۲۸۱، ۲۰۵، ۵۷ و ۰ میلی‌لیتر برای تیمارهای نیترات، ۱/۴، ۱/۲ و آمونیوم کامل بودند (شکل ۳B). به طور مشابه تعداد کل جوانه‌ها، ارتفاع گیاه، وزن تر ریشه و شاخسار کاهش معنی‌داری به موازات افزایش غلظت آمونیوم نشان دادند (شکل ۴).



شکل ۲- اثر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات در ترکیب نیتروژنی، بر پارامترهای مرتبط با رشد دانهال‌های فلفل که ابتدا تحت تیمار نیترات و سپس نسبت‌های مختلف آمونیوم (برای مدت ۴ هفته) قرار گرفتند. A: میزان آب مصرفی گیاه (مجموع ۳ گیاه در گلدان) در ۲۴ ساعت ابتدایی، B: میزان آب مصرفی گیاه (مجموع ۳ گیاه در گلدان) در ۲۴ ساعت انتهایی، C: تغییرات pH محلول غذایی طی ۲۴ ساعت اولیه تیمار گیاهان، D: تغییرات pH محلول غذایی طی ۲۴ ساعت انتهایی تیمار گیاهان، E: شاخص کلروفیل نیمه بالایی گیاه، F: شاخص کلروفیل نیمه پایینی گیاه. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.



شکل ۳- اثر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات بر پارامترهای رشد دانهال‌های فلفل که ابتدا تحت تیمار نیترات و سپس نسبت‌های مختلف آمونیوم (برای مدت ۴ هفته) قرار گرفتند. A: تعداد جوانه‌های جانبی در گلدان (برای ۴ گیاه)، B: ارتفاع گیاهان در زمان برداشت، C: وزن تر شاخسار و D: وزن تر ریشه در زمان برداشت. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

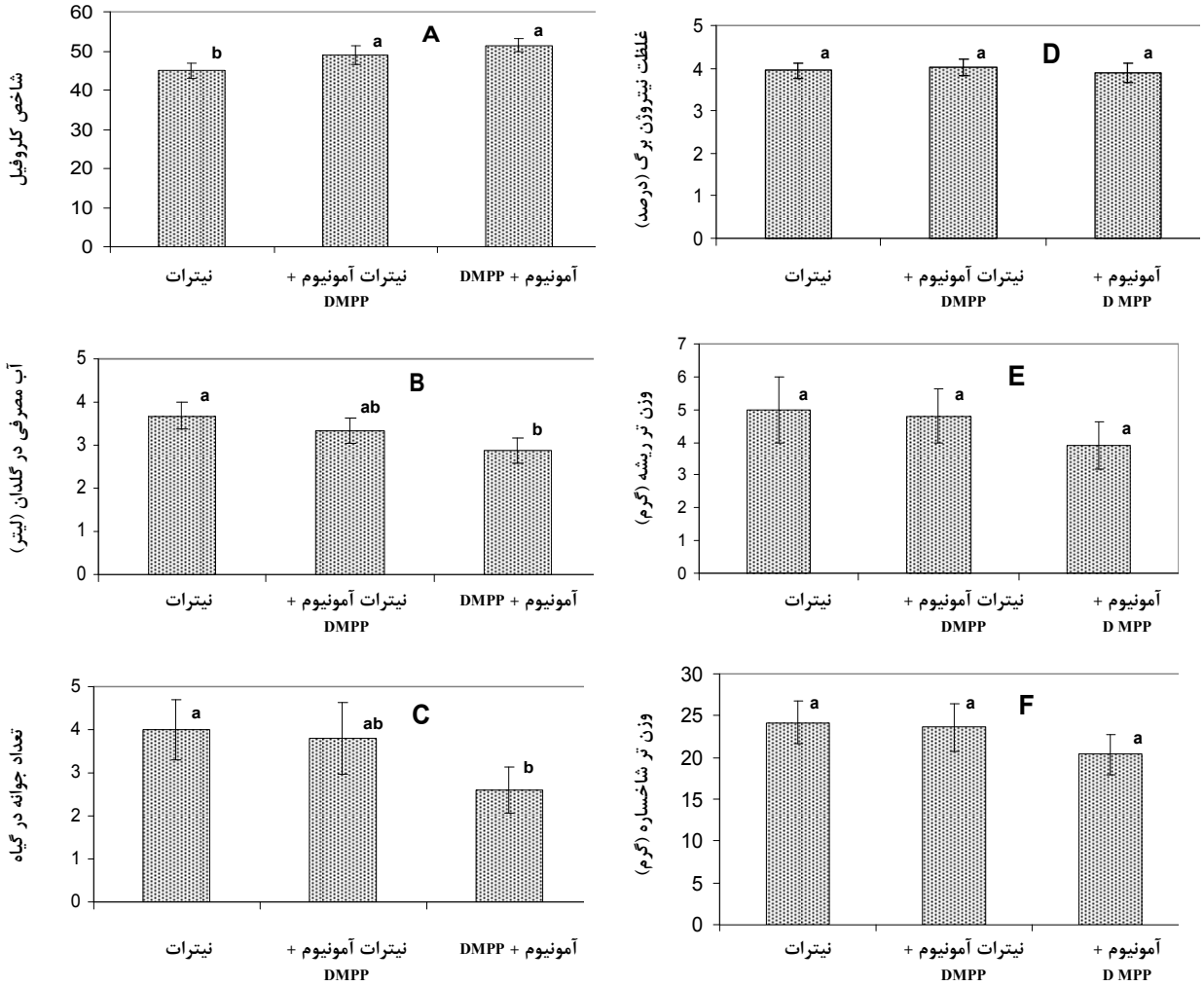
آزمایش سوم

بر خلاف دو آزمایش دیگر در این آزمایش وضعیت رشد و نمو گیاه فلفل تحت شرایط تغذیه فرم نیتروژنی در کشت خاکی بررسی شد. کاربرد ماده ۳، ۴-دی متیل پیرازول فسفات (DMPP) باعث تضمین عدم تبدیل آمونیوم به نیتریت و حضور به صورت آمونیوم در خاک به عنوان تیمار آمونیومی‌گردید. همچنین کاربرد DMPP در تیمار کودی نیترات آمونیوم باعث تضمین آمونیوم+نیترات در خاک مشابه کشت محلول گردید. در کشت خاکی نیز مشابه کشت محلول تغذیه آمونیومی باعث افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل نسبت به گیاهان تغذیه شده با نیترات گردید، ولی علی رغم میزان بیشتر شاخص کلروفیل در تیمار آمونیوم+DMPP این افزایش در مقایسه با گیاهان تیمارشده با نیترات آمونیوم+DMPP معنی‌دار نبود (شکل ۵).

وقتی گیاهان فلفل تحت تیمار کودی آمونیوم+DMPP قرار گرفتند، میزان آب مصرفی (هفته چهارم) و همچنین تعداد جوانه‌ها و وزن تر شاخسار کمتری (در زمان برداشت) در مقایسه با گیاهان تیمار شده با نیترات و گاهی نیترات آمونیوم+DMPP نشان دادند. اگرچه وزن تر ریشه در گیاهان تیمار شده با آمونیوم + DMPP کمتر از دیگر گیاهان بود ولی این کاهش معنی‌دار نبود. غلظت نیتروژن برگ نیز تفاوت معنی‌داری در بین گیاهان نشان نداد، گرچه گیاهان تیمار شده با آمونیوم نیتروژن کل بیشتری را دارا بودند (شکل ۵D).

بحث

در این مطالعه در هر دو سیستم کشت محلول (آزمایش ۱ و ۲) و همچنین کشت خاکی یک افزایش غلظت کلروفیل برای برگ‌های بالایی گیاه تحت شرایط تغذیه آمونیومی در مقایسه با گیاهان تغذیه شده با نیترات مشاهده گردید، و این در حالی بود که کاهش میزان کلروفیل در برگ‌های پایینی گیاهان روییده در کشت محلول حاوی آمونیوم مشاهده شد. به طور مشابهی دیگر پارامترهای رشد و نمو گیاه که در کشت محلول به طور منفی تحت تأثیر تغذیه آمونیومی قرار گرفتند در کشت خاکی کمتر تحت تاثیر قرار گرفتند.



شکل ۴- اثر نوع نیتروژن (آمونیوم، نیترات+آمونیوم، و نیترات) کاربردی بر شاخص کلروفیل (A)، میزان آب مصرفی در گلدان طی هفته چهارم انتقال نشاء (B)، تعداد جوانه‌ها در گیاه (C)، غلظت نیتروژن برگی (D)، وزن تر ریشه (E)، و وزن تر شاخسار (F) گیاهان فلفل در کشت خاکی. دی متیل پیرازول فسفات به عنوان ممانعت‌کننده نیتریفیکاسیون با غلظت ۱٪ $N\text{-}NH_4$ جهت تضمین وجود آمونیوم در تیمارها به کار رفت. داده‌ها میانگین ۵ تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

اثر ممانعت‌کنندگی رشد به وسیله آمونیوم در گیاهان مختلف به خوبی نشان داده شده است (Roosta & Schjoerring, 2007 & 2008; Guo et al., 2002; Siddiqi et al., 2002; Claussen, 2002; Walch-Liu et al., 2000; Rahayu et al., 2005; Britto & Kronzucker, 2002). اگرچه مکانیسم دقیق این ممانعت از رشد به طور واضح هنوز مشخص نیست. تحت شرایط یکسان، به نظر می‌رسد که حساسیت به آمونیوم در گیاهان جوان بیشتر از گیاهان بالغ باشد؛ شاید این به سبب فعالیت بیشتر ریشه گیاهان جوان در جذب آمونیوم باشد. رشد و نمو و میزان جذب عناصر غذایی در ریشه گیاهان جوان بیشتر از گیاهان بالغ می‌باشد چراکه فعالیت ریشه در مرحله گلدهی گیاه شدیداً کاهش می‌یابد (Neumann, 2007; Marschner, 1995). متابولیسم گیاه همچنین به نظر می‌رسد تحت تأثیر آمونیوم شدیداً کاهش یابد (Schjoerring et al., 2002; Javanpour Harvi et al., 2005)، لذا وقتی دانهال‌های فلفل از همان ابتدا مستقیماً تحت تغذیه آمونیومی قرار می‌گیرند بسیاری از متابولیت‌های اولیه و ثانویه‌ای که ممکن است نقش مهمی در تحمل گیاهان به آمونیوم داشته باشند، فرصت تولید نمی‌یابند و حتی ممکن است مواد نسبتاً سمی در گیاه تجمع یابند. به طور مشابهی

هوداس و همکاران در سال ۲۰۰۵ گزارش نمودند که تغذیه آمونیومی فلفل باعث افزایش محتوای پلی‌آمینی (پوترسین) گیاه می‌گردد که همراه با کاهش رشد می‌باشد در حالی که در گیاهان روییده با نیترات میزان پوترسین ناچیز و رشد و نمو طبیعی داشتند. آنها همچنین ابراز داشتند که در تغذیه آمونیومی میزان پرولین گیاه افزایش می‌یابد که ممکن است بیان‌کننده نقش این اسید آمینه در کاهش اثر سمیت آمونیوم باشد.

وقتی گیاهان فلفل ابتدا برای مدت دو هفته تحت تغذیه نیترات قرار گرفتند (آزمایش دوم)، آنها پس از انتقال به محیط حاوی آمونیوم شرایط رشد و نمو بهتری نشان دادند. به نظر می‌رسد این کاهش سمیت آمونیوم متأثر از غلظت نیترات محلول خارج سلولی و همچنین داخل سلولی باشد که نقش مهمی در تعدیل اثرات سمیت آمونیوم دارد (Walch-Liu et al., 2000; Houdusse, et al., 2005; Rahayu et al.,2005; Britto & Kronzucker, 2002; Siddiqi et al., 2002; Kronzucker et al., 2001; Roosta & Schjoerring, 2007). رشد و نمو ریشه بهترین معیار سمیت آمونیوم می‌باشد (Souri, 2008)، به طوری که بسیاری از اثرات سمیت آمونیوم بر ویژگی‌های رشد و نمو گیاهی درنتیجه اثر اولیه آمونیوم بر سیستم ریشه‌ای است؛ از طرفی دیگر میزان آب مصرفی گیاه رابطه مستقیمی با رشد و نمو سیستم ریشه‌ای گیاه دارد (Souri, 2008)، لذا مصرف آب گیاه از طریق تعرق معیار مناسب دیگری از میزان سمیت آمونیوم در گیاهان است. کاهش pH محلول غذایی در نتیجه جذب آمونیوم ممکن است بسیاری از فعالیت‌های ریشه را مختل سازد. pH حدود ۳/۵ برای مدت ۳-۲ روز می‌تواند باعث مرگ سیستم ریشه‌ای در گوجه‌فرنگی گردد (Souri, 2008). از طرفی میزان و سرعت تغییرات pH محلول غذایی نیز فاکتور بسیار مهم دیگری است که نشان‌دهنده فعالیت ریشه‌ای می‌باشد (Neumann, 2007).

به طور مشابه در آزمایش‌های آب کشت، در نتیجه تغذیه آمونیومی یک توقف رشد ریشه مخصوصاً وقتی دانهال‌ها مستقیماً به محلول غذایی حاوی آمونیوم تنها و یا آمونیوم و نیترات انتقال یافت، مشاهده گردید. در حالی که گیاهان روییده با نیترات تنها بهترین رشد و نمو سیستم ریشه‌ای را دارا بودند. نیترات نقش‌های متفاوتی در گیاهان دارد. نیترات اساساً به عنوان مهمترین منبع تأمین‌کننده نیتروژن در سیستم‌های کشاورزی مطرح است. نیترات همچنین به عنوان یک ماده اسمزی در سلول‌ها عمل می‌کند و یکی از مهمترین اسملیت‌های سلولی است (Walch-Liu et al., 2000; Houdusse, et al., 2005; Rahayu et al., 2005). بنابراین با جذب بیش از حد نیترات، تازگی، محتوای آبی و وزن تر شاخسار گیاه افزایش می‌یابد. علاوه بر این نیترات نقش مهمی در ساخته شدن سایتوکینین‌ها در گیاه (نوک ریشه‌ها) دارد و در فقدان نیترات نشان داده شده است که سطوح سایتوکینینی گیاه کاهش می‌یابد (Walch-Liu et al., 2000; Rahayu et al., 2005). لذا اثرات مستقیم (اسمزی) و غیرمستقیم (از طریق سایتوکینین‌ها) نیترات باعث افزایش سطح برگ، باز ماندن روزنه‌ها و در نتیجه افزایش میزان تبخیر و تعرق گیاه می‌گردد که خود مؤید مصرف بیشتر آب در این گیاهان می‌باشد. از طرفی آمونیوم از طریق کاهش میزان سایتوکینین برگ، و در نتیجه کاهش تکثیر و انبساط سلولی، از رشد برگ‌ها ممانعت کرده (Walch-Liu et al., 2000; Rahayu et al., 2005; Britto & Kronzucker 2002; Schjoerring et al., 2002)، و باعث تولید سلول‌های متراکم و میزان کلروفیل بیشتری در این سلول‌ها می‌گردد، که به واسطه این سطح کمتر برگ‌ها بعلاوه کاهش هدایت روزنه‌ای، تغذیه آمونیوم مصرف آبی گیاه را کاهش می‌دهد.

در پایان علت عدم اثرات منفی تغذیه آمونیومی در کشت خاکی به شدتی که در گیاهان روییده در محیط آب کشت مشاهده گردید، می‌تواند عمدتاً به سبب تثبیت آمونیوم در کلوئیدهای خاک و آزادسازی تدریجی آن باشد. لذا در کشت خاکی گیاهانی مثل گوجه‌فرنگی، تغذیه آمونیومی بدون اثرات سمیت می‌تواند به کار رود. علاوه بر این اسیدی شدن محیط ریشه در نتیجه جذب آمونیوم در افزایش دسترسی گیاه به عناصر میکرو، فسفر و همچنین نیتروژن گیاه نقش مهمی می‌تواند داشته باشد (Xu et al., 2002)، اگرچه در این مطالعه به غیر از نیتروژن دیگر عناصر اندازه‌گیری نشدند. به طور خلاصه می‌توان گفت که تغذیه آمونیومی فلفل در کشت

مزرعه‌ای می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای آلوده‌کننده نیتراتی باشد، بدون اینکه حساسیتی که در آب کشت مشاهده می‌شود، بروز کند.

نتیجه‌گیری کلی

آمونیوم حتی در ترکیب با نیترات در نسبت‌های مختلف، باعث ایجاد علائم سمیت از جمله ممانعت از رشد و نمو ریشه و شاخسار در گیاهان فلفل می‌گردد. سن دانهال و غلظت نیترات در محلول غذایی بعلاوه غلظت نیترات موجود در برگ گیاه فلفل نقش مهمی در کاهش اثرات سمی آمونیوم و یا افزایش تحمل به آمونیوم در گیاهان فلفل دارد. پیش‌تیمار دانهال‌ها با محلول حاوی نیترات برای مدت حداقل دو هفته می‌تواند مقاومت به شرایط آمونیومی را تا حدی افزایش دهد. اگرچه نیترات فرم مناسب نیتروژن برای گیاه فلفل می‌باشد ولی تغذیه آمونیومی در شرایط کشت خاکی اثرات منفی آمونیوم در سیستم آب کشت را نداشته و علاوه بر آن در نتیجه جذب آمونیوم، اسیدی شدن محیط ریشه اتفاق می‌افتد که در شرایط خاک‌های قلیایی کشور می‌تواند نقش مهمی در کاهش کمبود عناصر میکرو و ایجاد یک تغذیه متعادل در گیاه داشته باشد. باید به خاطر داشته باشیم که آمونیوم با سلامت انسان و محیط زیست سازگاری بهتری دارد.

REFERENCES

1. Azam, F. & Ifzal, M. (2006). Microbial populations immobilizing NH_4^+-N and NO_3^--N differ in their sensitivity to sodium chloride salinity in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 2491-2494.
2. Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2002). NH_4^+ toxicity in higher plants: A critical review. *Journal of Plant Physiology*, 159, 567-584.
3. Claussen, W. (2002). Growth, water use efficiency and proline content of hydroponically grown tomato plants as affected by nitrogen source and nutrient concentration. *Plant and Soil*, 247, 199-209.
4. Guo, S., Brük, H. & Sattelmacher, B. (2002). Effects of supplied nitrogen form on growth and water uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Plant and Soil*, 239, 267-275.
5. Gweyi, J. P. O. (2006). *Utilization of rock phosphate by tomato as affected by nitrogen forms and soil types: mechanisms, prospects and limitations*. Ph. D. dissertation, Verlag Grauer Beuren, Stuttgart, Germany.
6. Houdusse, F., Zamarreño, A. M., Garnica, M. & García-Mina, J. (2005). The importance of nitrate in ameliorating the effects of ammonium and urea nutrition on plant development: the relationships with free polyamines and plant proline contents. *Functional Plant Biology*, 32, 1057-1067.
7. Javanpour Harvi, R., Babalar, M., Kashi, A., Mirabdolbaghi, M. & Asgari, M. A. (2005). Effects of different nutrient solutions and rooting medium in hydroponics systems on qualitative and quantitative characteristics of *Lycopersicon esculentum* var "Hamra". *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36(4), 939-946. (In Farsi).
8. Kronzucker, H. J., Britto, D. T., Davenport, R. J. & Tester, M. (2001). Ammonium toxicity and the real cost of transport. *Trends in Plant Science*, 6, 335-337.
9. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press INC, San Diego, CA 92101. P. 231-254.
10. Neumann, G. (2007). Root Exudates and Nutrient Cycling. In: P. Marschner, and Z. Rengel (Eds.) *Nutrient cycling in terrestrial ecosystems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 141-144.
11. Rahayu, Y. S., Walch-Liu, P., Neumann, G., Romheld, V., von Wiren, N. & Bangerth, F. (2005). Root-derived cytokinins as long-distance signals for NO_3^- induced stimulation of leaf growth. *Journal of Experimental Botany*, 56, 1143-1152.
12. Roosta, H. R. & Schjoerring, J. K. (2007). Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 1933-1951.
13. Roosta, H. R. & Schjoerring, J. K. (2008). Effects of nitrate and potassium on ammonium toxicity in cucumber plants. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 1270-1283.
14. Schjoerring, J. K., Husted, S., Mäck, G. & Mattsson, M. (2002). The regulation of ammonium translocation in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53, 883-890.
15. Siddiqi, M. Y., Malhotra, B., Min, X. & Anthony, D. M. (2002). Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop. *Journal of plant Nutrition and Soil Science*, 165, 191-197.
16. Souri, M. K. (2008). *Characterization of natural and synthetic nitrification inhibitors and their potential use in tomato culture*. Ph. D. dissertation, University of Hohenheim, Stuttgart-Germany.
17. Subbarao, G. V., Ito, O., Sahrawat, K., Berry, W. L., Nakahara, K., Ishikawa, T., Watanabe, T., Suenaga,

K., Rondon, M. & Rao, I. (2006). Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems-challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25, 303-335.

18. von Wiren, N. & Merrick, M. (2004). Regulation and function of ammonium carriers in bacteria, fungi and plants. In: B. Von Eckhard and K. Reinhard (Eds.), *Molecular mechanisms controlling transmembrane*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
19. Walch-Liu, P., Neumann, G., Bangerth, F. & Engels, C. (2000). Rapid effects of nitrogen form on leaf morphogenesis in tobacco. *Journal of Experimental Botany*, 51, 227-237.
20. Xu, G., Wolf, S. & Kafkafi, U. (2002). Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 719-734.
21. Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Erhardt, K., von Locquenghien, K. H., Pasda, G., Rädle, M. & Wissemeier, A. (2001). 3, 4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) - a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 79-84.