تأثیر عناصر نیتروژن، فسفر، روی و آهن بر نماتود مولد غده (*Meloidogyne javanica*) در کشت گلخانه‌ای خیار*

EFFECT OF CHEMICAL FERTILIZERS ON ROOT-KNOT NEMATODE (*Meloidogyne incognita*) IN GREENHOUSE CUCUMBER CULTIVATION

حبیب‌اله چاره‌گانی، اکبر کارگر بیده** و حبیب‌الله حمزه‌زرقانی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۷/۲۱)

چکیده

تأثیر سطوح مختلف عناصر پر مصرف نیتروژن و فسفر و کم مصرف روی و آهن بر فعالیت نماتود مولد غده گونه *Meloidogyne javanica* روی خیار رقم Super Amelia، در شرایط گلخانه مطالعه گردید. در این مطالعه از سطوح انتخابی صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، به ترتیب از منابع کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل، هم چنین سطوح صفر، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم روی و صفر، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک، به ترتیب از منابع سولفات روی و سکوسترین آهن در دو آزمایش مستقل استفاده گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار، با کشت سه عدد بذر خیار درون گلدان‌های پلاستیکی ۱/۵ کیلوگرمی حاوی خاک مزرعه انجام شد. مایه‌زنی نماتود در مرحله شش برگی گیاه با افزودن پنج تخم و لارو سن دو در گرم خاک (۷۵۰۰ تخم و لارو سن دو در هر گلدان) انجام و ۴۵ روز پس از مایه‌زنی شاخص‌های رشدی گیاه و نماتود اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از منابع اوره و سوپرفسفات تریپل، پنج میلی‌گرم روی و ۲/۵ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منابع سولفات روی و سکوسترین آهن، علاوه بر افزایش شاخص‌های رویشی گیاه، باعث کاهش شاخص‌های نماتود شامل تعداد کیسه تخم و تخم، گال و شاخص گال گردید.

واژه‌های کلیدی: اوره، سکوسترین آهن، سوپرفسفات تریپل، سولفات روی، کنترل، نماتود انگل گیاهی

*: بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول، ارائه شده به دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

**: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: karegar@shirazu.ac.ir

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

خیار (*Cucumis sativus* L.) یکی از محصولات کشاورزی می‌باشد که در تمام طول سال مورد تقاضاست. بر اساس گزارش سازمان خواروبار جهانی (FAO)، ایران در سال ۲۰۰۷ میلادی با تولید حدود ۱۷۲۰۰۰۰ تن خیار، پس از چین مقام دوم جهان را به خود اختصاص داده است (FAO 2010). بر اساس گزارش سازمان جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت این محصول در سال ۲۰۰۶ در ایران حدود ۷۷۰۰۰ هکتار گزارش گردیده است (Anonymous 2006).

نماتودهای مولد غده (*Meloidogyne* spp.) به عنوان یکی از خسارت‌آورترین بیمارگرهای گیاهی سالانه باعث کاهش بیش از ۵٪ از محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌شوند (Sasser & Carter 1985). این گروه از نماتودها، میزبان‌های زیادی در بین گیاهان زراعی، باغی و سبزی و صیفی داشته و خیار نیز به عنوان یکی از میزبان‌های رایج آن محسوب می‌شود. در بین چهار گونه اصلی، به ترتیب گونه‌های *M. javanica* و *M. incognita* غالب‌ترین گونه‌های نماتود ریشه گرهی در ایران می‌باشند (*اخیانی و همکاران*، ۱۹۸۴).

جهت کنترل نماتودهای ریشه گرهی لازم است از روش‌های کنترل تلفیقی استفاده کرد. هزینه‌های زیاد جهت یافتن و تولید نماتودکش های شیمیایی و هم چنین خطرات استفاده از آنها، دانشمندان را بر آن داشت که روش‌های مبارزه را به صورت تلفیقی از قبیل استفاده همزمان کنترل بیولوژیکی و مواد آلی به کار برند (Rodriguez-Kabana *et al*. 1987, Riegel *et al*. 1996, Sikora 1992, Rodriguez-Kabana 1986).

در ارتباط با تأثیر کودهای شیمیایی بر کاهش خسارت نماتودها مطالعاتی صورت گرفته است. استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲۵ کیلوگرم فسفر در هر هکتار در گیاه بامیه آلوده به *M. javanica* به شدت باعث کاهش تعداد تخم نماتود شده است (Verma & Gupta 1987). استفاده از ترکیبات نیتروژن‌دار به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مزرعه، جمعیت نماتودهای *Tylenchorhynchus claytoni*، *Helicotylenchus dihystera* و *Heterodera glycines* را در سطح معنی‌داری کاهش داده است. هم چنین استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره باعث کاهش معنی‌دار جمعیت گونه‌های نماتود مولد غده گردیده است (Rodriguez-Kabana 1986). استفاده از نیتروژن و پتاسیم در کشت گلخانه‌ای گیاه قهوه آلوده به *M. incognita*، اثر بازدارنده‌ای روی نماتود و مراحل مختلف چرخه زندگی آن داشته است (Jaehn *et al*. 1984).

در یک بررسی، اثر دو عامل باکتریایی *Pseudomonas aeruginosa* و *Bradyrhizobium japonicum* در کنترل بیولوژیک گونه *M. javanica*، هم چنین تأثیر کودهای شیمیایی اوره و سولفات پتاسیم به تنهایی و در ترکیب با همدیگر روی گیاه گوجه فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین مقدار رشد شاخساره در استفاده ترکیبی از باکتری *P. aeruginosa*، کودهای اوره و سولفات پتاسیم مشاهده گردید. هم چنین بیشترین میزان وزن تر شاخساره در صورت استفاده از دو باکتری مذکور به همراه کودهای اوره و سولفات پتاسیم و یا هر کدام از دو باکتری با کود اوره به است (Parveen *et al*. 2008).

در ایران مطالعه چندانی در ارتباط با تأثیر کودهای شیمیایی بر میزان و شدت آلودگی نماتود صورت نگرفته است. تنها مطالعه صورت گرفته در سطح مزرعه نشان داده است که مؤثرترین تیمار در کاهش تعداد تخم و لاروهای

M. javanica در خاک و اطراف ریشه خیار، کاربرد تلفیقی از کود مرغی نپوسیده و کود شیمیایی NPK بوده است. در این آزمایش، کود مرغی نپوسیده به میزان ۴۰ تن در هکتار، کودهای شیمیایی اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم، هر کدام به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، مورد استفاده قرار گرفتند (*نصراصفهانی و احمدی* ۲۰۰۵).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر سطوح مختلف برخی از عناصر پر مصرف و کم مصرف شامل نیتروژن، فسفر، روی و آهن روی رقم سوپر آملیا (Super Amelia)، یکی از ارقام رایج خیار، در برابر نماتود *M. javanica* در شرایط گلخانه بود.

روش بررسی

۱- تهیه جمعیت نماتود

جهت تهیه جمعیت نماتود مورد نیاز، در تابستان سال ۱۳۸۶ مقادیری از خاک و ریشه گیاهان آلوده به نماتود، شامل گوجه فرنگی، خیار، سرو، فلفل سبز و ریحان از مزارع شیراز، مرودشت، کوار و آباده تشک که دارای علائم آلودگی بودند جمع‌آوری و نماتودها با استفاده از روش تک گال کردن طی دو مرحله روی گوجه فرنگی رقم شفت فلات خالص‌سازی گردید. سپس با بررسی خصوصیات مرفولوژیکی و شبکه کوتیکولی انتهای بدن نماتودهای ماده و با استفاده از کلیدهای شناسایی، جمعیت‌های جمع‌آوری شده تعیین گونه شده و گونه *M. javanica*، روی گوجه‌فرنگی تکثیر گردید (Hartman & Sasser 1985, Eisenback & Triantaphyllou 1991).

۲- بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر مورد نیاز در شرایط گلخانه‌ای

الف) عناصر پر مصرف

به منظور مشخص نمودن تأثیر سطوح مختلف دو عنصر نیتروژن و فسفر بر رشد گیاه خیار و نماتود *M. javanica*، سطوح مختلف این عناصر انتخاب شد. انتخاب سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر اساس تجزیه خاک مورد آزمایش (سری چیتگر از نوع Calcic Brown soil) که از منطقه نظرآباد سروستان تهیه شده و کمبود عناصر در آن محرز گردیده بود، صورت گرفت. این خاک دارای ۰/۱۲٪ نیتروژن، ۶ میلی‌گرم/کیلوگرم فسفر، ۲۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم پتاسیم، ۳/۷۵ میلی‌گرم/کیلوگرم آهن، ۰/۲۷ میلی‌گرم/کیلوگرم روی، ۹ میلی‌گرم/کیلوگرم منگنز و ۰/۶۹ میلی‌گرم/کیلوگرم مس بود. خاک مورد استفاده از نظر پتاسیم کمبودی نداشت. سطوح نیتروژن (N) شامل صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع اوره و سطوح فسفر (P) شامل صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع سوپرفسفات‌تریپل (P_2O_5) بود. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار انجام گرفت. به منظور مخلوط کردن کود با خاک، مقدار ۱/۵ کیلوگرم از خاک مورد نظر را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و سطوح مختلف نیتروژن و فسفر به صورت کودهای اوره و سوپرفسفات‌تریپل به صورت محلول به آن اضافه گردید.

به منظور جلوگیری از کمبود احتمالی و بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک، عناصر مس، آهن، روی و منگنز به ترتیب مقادیر ۲/۵، ۵، ۲/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک به صورت کودهای سولفات مس، کلات آهن، سولفات روی و سولفات منگنز به تمام خاک‌ها اضافه

گردید. سپس رطوبت نمونه‌ها با آب مقطر به حدود ظرفیت مزرعه‌ای رسانیده و پس از کاهش رطوبت به میزان مناسب، خاک درون کیسه‌ها کاملاً مخلوط و به گلدان‌ها منتقل شد. سپس درون هر گلدان، سه عدد بذر خیار رقم سوپرآملیا کاشته شد. رطوبت خاک جهت رشد بهینه گیاهچه‌های خیار به طور روزانه با استفاده از آب مقطر تأمین گردید. میانگین دما در طول دوره کشت در حدود ۲۸°C و اختلاف دمای شب و روز در حدود ۵°C بود. پس از رسیدن گیاهچه‌های خیار به مرحله شش برگی، ۱۰۰ گلدانی که برای مایه‌زنی توسط گونه *M. javanica* تعیین شده بود، به وسیله پنج تخم و لارو سن دو در هر گرم خاک (۷۵۰۰ تخم و لارو سن دو در هر گلدان) مایه‌زنی گردید. ۴۵ روز پس از مایه‌زنی نماتود، گلدان‌ها به آزمایشگاه منتقل و شاخص‌های رشدی گیاه و نماتود بررسی گردید. در این آزمایش تأثیر سطوح مختلف عناصر نیتروژن و فسفر به تنهایی و همراه با یکدیگر روی شاخص‌های رشد گیاه خیار سالم و آلوده به نماتود، شامل طول شاخساره، وزن خشک و تر شاخساره، وزن تر ریشه، هم چنین شاخص‌های مربوط به نماتود شامل تعداد تخم، کیسه تخم و گال در گرم ریشه، هم چنین شاخص گال و فاکتور تولیدمثل بررسی گردید (Hussey & Janssen 2002, Sasser & Taylor 1978).

ب) عناصر کم مصرف

در آزمایشی مشابه عناصر پرمصرف و بر اساس تجزیه خاک، سطوح مختلف صفر، ۲/۵و ۵ میلی گرم روی و آهن در کیلوگرم خاک، به ترتیب از منابع سولفات روی و سکوسترین آهن (Fe_EDDHA) به صورت مجزا و در تلفیق با یکدیگر به خاک اضافه گردید. هم چنین به منظور جبران کمبود عناصر نیتروژن، فسفر، مس و منگنز در خاک مورد استفاده، به ترتیب ۱۰۰، ۲۵، ۲/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منابع کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات مس و سولفات منگنز به خاک اضافه گردید.

۳- محاسبات آماری

داده‌های حاصل در هر دو آزمایش به کمک نرم افزار آماری SAS، مورد بررسی قرار گرفت (SAS 1996). اثر تیمارها روی پاسخ‌های پارامتریک (طول شاخساره، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه) با تجزیه واریانس (Proc ANOVA) انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح ۱٪ انجام گرفت. تجزیه آماری داده‌های غیرپارامتریک (تعداد تخم، گال و کیسه تخم در گرم ریشه، شاخص گال و فاکتور تولیدمثل) با استفاده از روش رتبه‌بندی فریدمن (Friedman rank test) انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش بونفرونی (Bonferroni means comparison test) در سطح ۱٪ صورت گرفت.

نتیجه

الف) بررسی تأثیر سطوح عناصر پر مصرف و کم مصرف بر شاخص‌های رشدی گیاه

۱- تأثیر عناصر پرمصرف

نتایج حاصل از بررسی تأثیر عناصر نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشدی گیاه خیار در جدول یک ارایه گردیده است. تیمارهای دارای ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (n_4)، به دلیل از بین رفتن گیاهان پیش از رسیدن به مرحله چهار برگی، نتایجی در برنداشت. نتایج تأثیر عناصر نیتروژن و فسفر روی شاخص‌های رشدی خیار آلوده به نماتود و مقایسه آن با شاهد بدون نماتود نشان می‌دهد

جدول ۱. تأثیر سطوح مختلف عناصر نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشدی خیار رقم سوپر آملیا سالم و آلوده به *Meloidogyne javanica*، ۴۵ روز پس از کشت.

Table 1. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on growth of healthy and infected cucumber plants, cultivar Super Amelia, with *Meloidogyne javanica*, 45 days after sowing.

تیمارها× Treatments	طول شاخساره (سانتیمتر) Shoot height (cm.)		وزن تر شاخساره (گرم) Shoot fresh weight (g.)		وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g.)	
	آلوده Infected plants	شاهد control	آلوده Infected plants	شاهد control	آلوده Infected plants	شاهد control
n_0p_0	23.75 o	21.8 o	4.32 lm	4.22 lm	0.36 l	0.29 l
n_0p_1	52.25 mn	41.75 n	14.54 hi	10.77 ijk	7.87 fg	4.62 i
n_0p_2	94.75 ghi	72.75 jkl	21.52 g	15.2 hi	11.17 e	7.07 gh
n_0p_3	135 bc	117 def	38.02 d	45.35 ab	19.02 a	15.9 b
n_1p_0	23.25 o	22.75 o	2.95 lm	3.87 lm	0.42 l	0.62 l
n_1p_1	58 l mn	51 n	12.65 hij	14 hi	7.18 gh	5.85 hi
n_1p_2	69.5 klm	55 mn	16.02 h	15.91 h	9.12 f	8.55 fg
n_1p_3	115 def	104 fgh	31.35 e	38.72 cd	12.67 cde	14 c
n_2p_0	16.25 o	21.5 o	3.12 lm	3.9 lm	0.31 l	0.66 l
n_2p_1	52.66 mn	44 n	7.5 kl	8.97 jk	4.36 ij	4.35 ij
n_2p_2	89.5 hij	109 efg	24.69 fg	28.72 ef	12.05 de	13.42 cd
n_2p_3	159 a	150 ab	48.75 a	43.05 bc	19.62 a	17.25 b
n_3p_0	17 o	23.5 o	1.76 m	2.45 m	0.39 l	0.67 l
n_3p_1	48.75 n	46 n	11.87 hijk	10.31 ijk	2.87 jk	1.92 kl
n_3p_2	86.75 hijk	79 ijk	30.28 e	26.75 ef	13.87 c	12.05 de
n_3p_3	125 cde	128 cd	39.61 cd	49.92 a	16.29 b	17.11 b

– اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱٪ معنی‌دار نیستند.

– n_0, n_1, n_2 و n_3 به ترتیب مقادیر صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک است.

– p_0, p_1, p_2 و p_3 به ترتیب مقادیر صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک است.

- Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P = 0.01), based on Duncan Multiple Range Test
- n_0, n_1, n_2 and n_3 are 0, 50, 100 and 200 mg nitrogen / g. of soil, respectively
- p_0, p_1, p_2 and p_3 are 0, 25, 50 and 100 mg phosphorus / g. of soil, respectively

که طول و وزن تر شاخساره گیاه و هم چنین وزن تر ریشه گیاه در هر کدام از سطوح نیتروژن، با افزایش سطح فسفر، افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند.

طول اندام هوایی گیاهان در تیمار n_2p_3 سالم و آلوده به نماتود نسبت به سایر تیمارها، بیشترین افزایش را نشان می‌دهد. هم چنین تمامی تیمارها به جز تیمارهای n_1p_0، n_2p_0 و n_3p_0، نسبت به تیمارهای شاهد (n_0p_0) سالم و آلوده به نماتود، افزایش معنی‌داری ($P = 0.01$) پیدا کردند (جدول ۱).

وزن تر ریشه در تیمارهای n_0p_3 و n_2p_3 آلوده به نماتود، نسبت به سایر تیمارهای آلوده به نماتود، بیشترین افزایش را نشان می‌دهد. هم چنین تمامی تیمارها به جز

تیمارهای n_0p_0، n_1p_0، n_2p_0، n_3p_0 و n_3p_1، نسبت به شاهد (n_0p_0) در گیاه سالم وآلوده به نماتود، افزایش معنی‌داری در وزن تر ریشه، دارند ($P = 0.01$) (جدول ۱). وزن خشک شاخساره خیار، در صورت استفاده از سطوح مختلف از عناصر نیتروژن و فسفر، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با یکدیگر ندارند و به همین دلیل از آوردن اعداد مربوطه در جدول خودداری شده است ($P = 0.05$).

۲- تأثیر عناصر کم مصرف

نتایج تأثیر عناصر روی و آهن روی شاخص‌های رشدی خیار آلوده به نماتود و مقایسه آن با شاهد بدون نماتود نشان داد وزن تر شاخساره گیاهان آلوده، فقط در تیمار Zn_1Fe_1 نسبت به شاهد، افزایش معنی‌داری پیدا کرده است (جدول ۲) ($P = 0.05$).

وزن خشک شاخساره در تیمارهای آلوده به نماتود دارای صفر و ۲/۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک (Zn_0 & Zn_1) نسبت به شاهد در سطح ۵٪ افزایش معنی‌داری داشته ولی در تیمارهای دارای ۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک (Zn_2) با شاهد اختلافی دیده نمی‌شود. هم چنین استفاده از سطوح مختلف این عناصر در گیاهان سالم تأثیر معنی‌داری روی وزن خشک اندام هوایی گیاهان نداشته است (جدول ۲) ($P = 0.05$).

نتایج نشان می‌دهد که وزن تر ریشه در تیمارهای Zn_1Fe_0، Zn_1Fe_2، Zn_2Fe_0 و Zn_2Fe_2 آلوده به نماتود نسبت به شاهد (Zn_0Fe_0) سالم و آلوده به نماتود، در سطح ۵٪ افزایش معنی‌داری دارد. در تیمارهای Zn_1Fe_2، Zn_2Fe_0 و Zn_2Fe_2 آلوده به نماتود، وزن تر ریشه نسبت به تیمارهای سالم مربوطه افزایش معنی‌داری دارد.

در هیچ یک از تیمارها، عدم حضور نماتود موجب افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه گیاهان شاهد سالم نسبت به تیمار آلوده به نماتود، نگردیده است ($P = 0.05$) (جدول ۲).

طول شاخساره خیار، درصورت استفاده از سطوح مختلف از عناصر روی و آهن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند و به همین دلیل اعداد مربوطه در جدول ارائه نشده است ($P = 0.05$). هم چنین در تیمارهای n_0p_0، n_1p_0، n_2p_0 و n_3p_0 به دلیل کافی نبودن مقدار ریشه، امکان بررسی شاخص‌های مرتبط با نماتود نبود.

ب) بررسی تأثیر سطوح عناصر پر مصرف و کم مصرف بر شاخص های نماتود

۱- تأثیر عناصر پرمصرف

نتایج حاصل از بررسی تأثیر عناصر نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های نماتود در نمودارهای یک و دو ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که تعداد گال و کیسه تخم نماتود در گرم ریشه در تیمار n_3p_1، به طور معنی‌داری بیشتر و در تیمار n_2p_3، به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها می‌باشد ($P = 0.01$) (نمودار ۱). هم چنین فاکتور تولیدمثل در تیمارهای n_1p_1، n_1p_2 و n_1p_3 به طور معنی‌داری بیشتر و در تیمارهای n_2p_1 و n_3p_1 به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهاست ($P = 0.01$) (نمودار ۱).

نتایج نشان می‌دهد شاخص گال نماتود در تیمارهای n_1p_1، n_1p_2، n_2p_1 و n_3p_1، به طور معنی‌داری بیشتر و در تیمار n2p3 و n3p3، به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها است. در اینجا نیز در تیمار n_0p_0 به دلیل کافی نبودن مقدار ریشه، امکان بررسی شاخص‌های نماتود وجود نداشت ($P = 0.01$) (نمودار ۲). هم چنین نتایج نشان می‌دهد تعداد تخم نماتود در گرم ریشه در تیمارهای

جدول ۲. تأثیر سطوح مختلف عناصر روی و آهن بر شاخص‌های رشدی خیار رقم سوپرآملیا سالم و آلوده به نماتود *Meloidogyne javanica*، ۴۵ روز پس از کشت.

Table 2. Effect of different levels of zinc and iron on growth of healthy and infected cucumber, cultivar Super Amelia, with *Meloidogyne javanica*, 45 days after sowing.

تیمار× Treatments	وزن تر شاخساره (گرم) Fresh shoot weight (g.)		وزن خشک شاخساره (گرم) Dry shoot weight (g.)		وزن تر ریشه (گرم) Fresh root weight (g.)	
	آلوده Infected plants	شاهد control	آلوده Infected plants	شاهد control	آلوده Infected plants	شاهد control
Zn_0Fe_0	33.25 bc	36.25 abc	4.65 f	5.55 bcdef	12.2 def	10.97 gf
Zn_0Fe_1	37.25 abc	31.5 c	6.45 abc	4.95 ef	13.31 bcd	13.1 bcde
Zn_0Fe_2	39 ab	32 c	6.125 abcd	5.47 cdef	6.77 h	5.17 h
Zn_1Fe_0	36.5 abc	33.75 bc	5.925 bcde	5.52 bcdef	14.37 abc	12.59 cdef
Zn_1Fe_1	40.75 a	37.25 abc	6.575 ab	6.35 abcd	9.775 g	11.15 efg
Zn_1Fe_2	38 abc	38 abc	7.1 a	5.97 bcde	15.85 a	12 def
Zn_2Fe_0	38 abc	35 abc	5.3 def	5.62 bcdef	14.3 abc	11.57 defg
Zn_2Fe_1	35.25 abc	36.75 abc	5.3 def	6.0 bcd	12.92 cdef	13.52 bcd
Zn_2Fe_2	38 abc	38.25 abc	5.4 cdef	6.07bcd	14.94 ab	12.85 cdef

– اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

– Zn_0, Zn_1 و Zn_2 به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر روی در کیلوگرم خاک است.

– Fe_0, Fe_1 و Fe_2 به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر آهن در کیلوگرم خاک است.

- Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P = 0.01), based on Duncan Multiple Range Tes
- Zn_0, Zn_1 and Zn_2 are 0, 2.5 and 5 mg zinc / g. of soil
- Fe_0, Fe_1 and Fe_2 are 0, 2.5 and 5 mg iron / g. of soil

n_1p_1 و n_1p_2، به طور معنی‌داری بیشتر و در تیمارهای n_2p_3 و n_3p_3 کمتر از سایر تیمارها هستند ($P = 0.01$) (نمودار ۲).

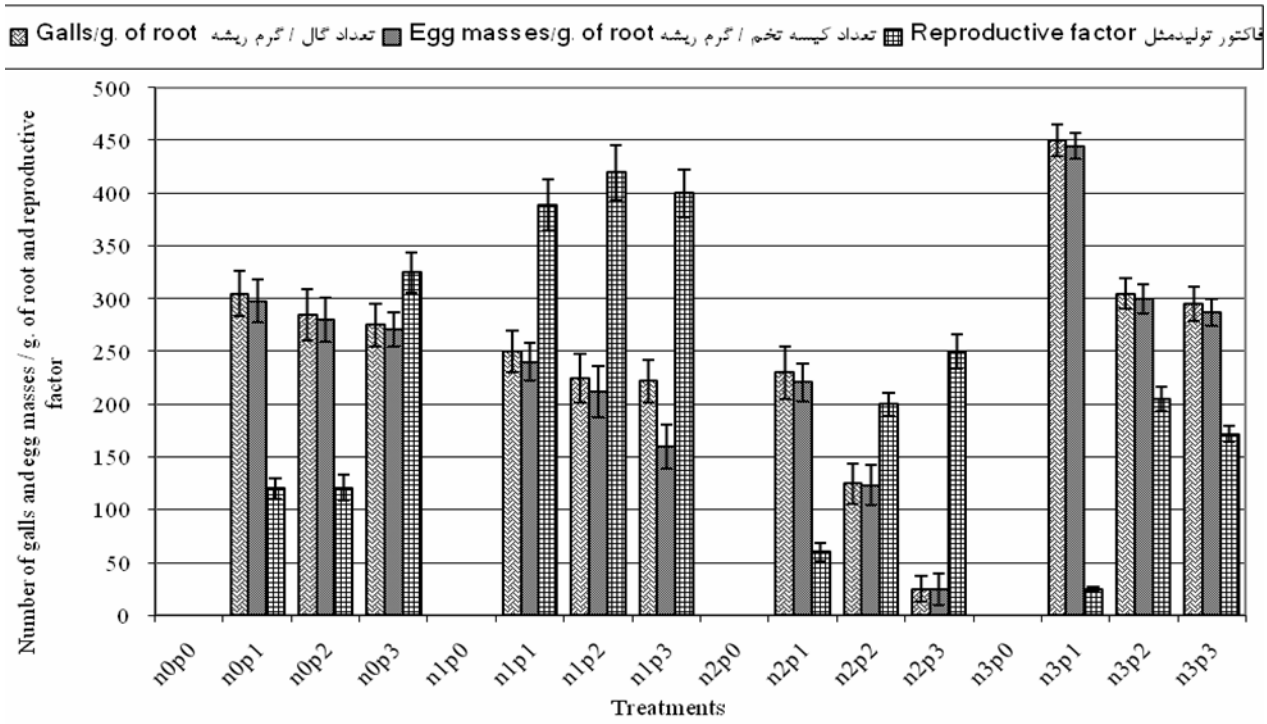
۲- تأثیر عناصر کم مصرف

نتایج حاصل از بررسی تأثیر عناصر روی و آهن بر شاخص‌های نماتود در نمودارهای سه و چهار ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که تعداد گال و کیسه تخم نماتود در گرم ریشه به ترتیب در تیمارهای Zn_0Fe_0، Zn_2Fe_2 و Zn_0Fe_2 به طور معنی‌داری بیشتر و در تیمارهای Zn_1Fe_0 و Zn_2Fe_1، کمتر از سایر تیمارها و شاهد (Zn_0Fe_0) می‌باشد ($P = 0.01$) (نمودار ۳). هم چنین فاکتور تولیدمثل به ترتیب در تیمارهای Zn_0Fe_0 و Zn_2Fe_0 بیشتر و در تیمارهای Zn_0Fe_2 و Zn_2Fe_1 کمتر از سایر تیمارها و شاهد می‌باشد ($P = 0.01$) (نمودار ۳).

نتایج نشان می‌دهد تعداد تخم نماتود در گرم ریشه در تیمارهای Zn_0Fe_0 و Zn_2Fe_0، به طور معنی‌داری بیشتر و در تیمارهای Zn_1Fe_0 و Zn_2Fe_1، کمتر از سایر تیمارها هستند ($P=0.01$) (نمودار ۴). هم چنین شاخص گال در تیمارهای Zn_0Fe_2، Zn_2Fe_0، Zn_2Fe_2 و شاهد بالاتر از سایر تیمارها بوده و این تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P=0.01$) (نمودار ۴).

نمودار ۱. بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر نیتروژن و فسفر بر تعداد گال و کیسه تخم در گرم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتود *Meloidogyne javanica* روی ریشه خیار رقم سوپر آملیا، ۴۵ روز پس از کشت

Fig. 1. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on number of galls and egg masses/gram of soil and the reproductive factor of *Meloidogyne javanica* on cucumber, cultivar Super Amelia, 45 days after sowing.



- n_0, n_1, n_2 و n_3 به ترتیب مقادیر صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک است.
- p_0, p_1, p_2 و p_3 به ترتیب مقادیر صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک است.

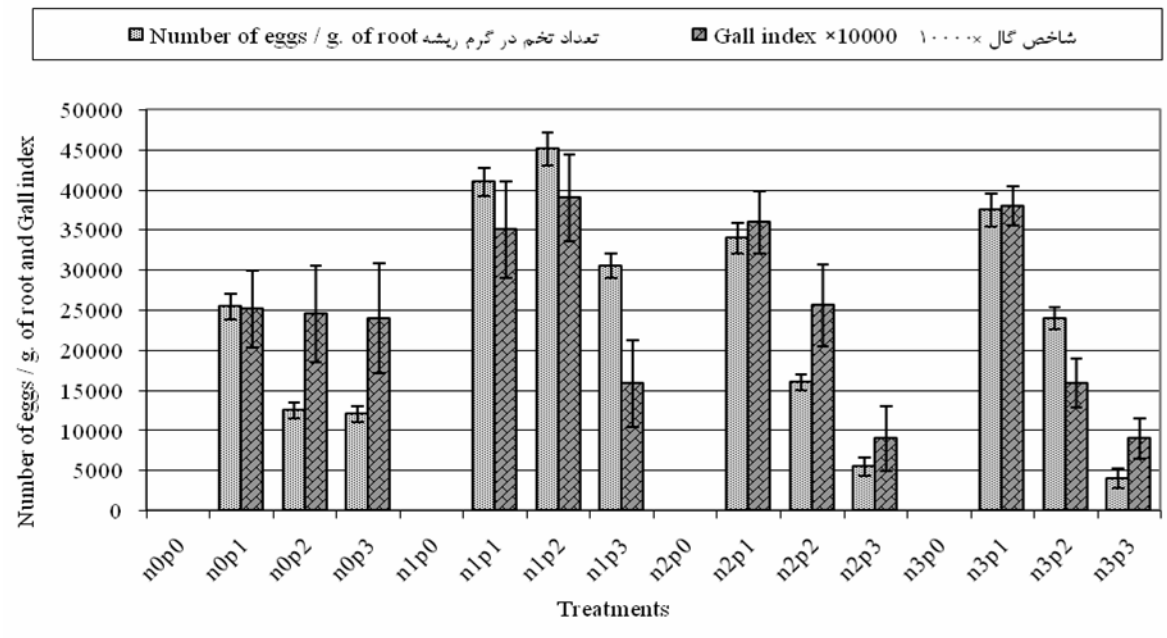
- n_0, n_1, n_2 and n_3 are 0, 50, 100 and 200 mg nitrogen / g. of soil
- p_0, p_1, p_2 and p_3 are 0, 25, 50 and 100 mg phosphorus / g. of soil

بحث

نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های رویشی گیاه خیار نشان داد که در هر کدام از سطوح عنصر نیتروژن، با افزایش مقدار فسفر، طول و وزن تر شاخساره گیاه افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج آزمایش‌های دیگر که استفاده از ترکیبات نیتروژن‌دار و برخی دیگر از کودهای شیمیایی باعث افزایش وزن تر اندام هوایی گیاه گردیده است تطابق دارد (Irshad *et al.* 2006, Spiegel & Netzer 1984). این روند در مورد وزن تر ریشه نیز صادق است. در بیشتر تیمارهای مورد استفاده، به خصوص تیمارهای بدون کود ازته، وزن تر ریشه آلوده به نماتود بیشتر از وزن تر ریشه گیاهان سالم است. دلیل این امر ایجاد گال توسط نماتود روی ریشه گیاهان آلوده می‌باشد. وزن خشک شاخساره گیاهان، در تمامی تیمارهای کودی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، در صورتی که در هر کدام از سطوح نیتروژن، با افزایش میزان فسفر، افزایش وزن تر شاخساره گیاهان مشاهده شد. دلیل این امر افزایش میزان آب جذب شده درون بافت‌های گیاهی بوده که پس از حذف کامل رطوبت شاخساره گیاه، وزن خشک شاخساره‌ها، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند.

نمودار ۲. بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر نیتروژن و فسفر بر تعداد تخم در گرم ریشه و شاخص گال نماتود *Meloidogyne javanica* بر روی ریشه خیار رقم سوپر آملیا، ۴۵ روز پس از کشت

Fig. 2. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on number of eggs and gall index of *Meloidogyne javanica* on cucumber, cultivar Super Amelia, 45 days after seeding.



- n_0, n_1, n_2 و n_3 به ترتیب مقادیر صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک است.
- p_0, p_1, p_2 و p_3 به ترتیب مقادیر صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک است.

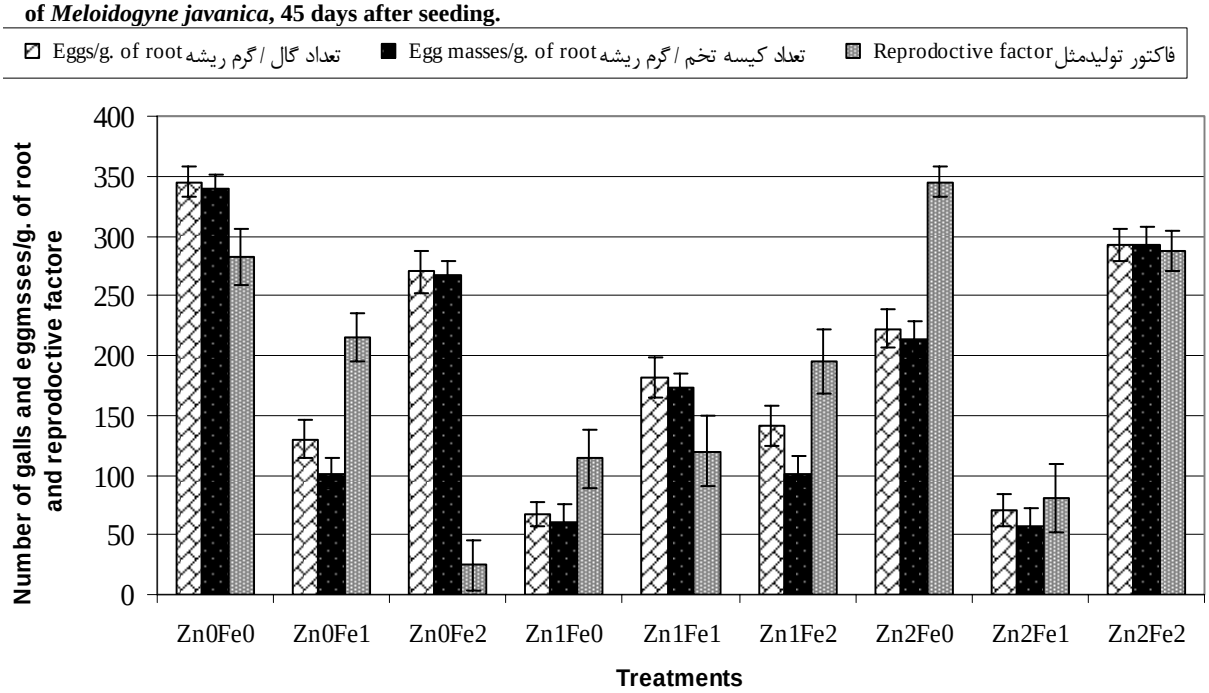
- n_0, n_1, n_2 and n_3 are 0, 50, 100 and 200 mg nitrogen / g. of soil
- p_0, p_1, p_2 and p_3 are 0, 25, 50 and 100 mg phosphorus / g. of soil

در میان سطوح مختلف کودی، استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (تیمار n_2p_3)، بیشترین افزایش در فاکتورهای رویشی گیاه ایجاد کرد. استفاده از مقادیر صفر و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (تیمارهای n_0p_3 و n_3p_3) نیز به نسبت کمتری باعث افزایش فاکتورهای رویشی گیاه گردید. تیمار n_0p_3 موجب رنگ پریدگی شاخساره گردید که احتمالاً به دلیل کم شدن کلروفیل برگ می‌باشد و این حالت موجب کاهش احتمالی محصول خواهد شد.

استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک علاوه بر افزایش فاکتورهای رویشی گیاه، باعث کاهش شاخص‌های نماتود شامل تعداد تخم، گال و کیسه تخم در هر گرم ریشه گردید. در مورد این شاخص‌ها نیز در هر کدام از سطوح عنصر نیتروژن، با افزایش مقدار فسفر، تعداد تخم، گال و کیسه تخم نماتود کاهش می‌یابد. این مسأله نشان می‌دهد که کاهش تعداد تخم، گال و کیسه تخم نماتود در هر گرم ریشه بیشتر به مقدار فسفر وابسته است تا به نیتروژن. با افزایش مقدار نیتروژن تفاوت چندانی در کاهش یا افزایش این شاخص‌ها دیده نشد. در حالی که با افزایش میزان فسفر، جمعیت نماتود و به تبع آن خسارت ناشی از آن کم می‌شود. علت این امر احتمالاً به دلیل افزایش تحمل گیاه ناشی از مصرف عنصر فسفر، در برابر نماتود

نمودار ۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر روی و آهن بر تعداد گال، کیسه تخم در گرم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتود *Meloidogyne javanica* بر روی ریشه خیار رقم سوپر آملیا، ۴۵ روز پس از کشت.

Fig. 3- Effect of different levels of zinc and iron on number of galls and egg masses / gram of soil and the reproductive factor of *Meloidogyne javanica*, 45 days after seeding.



- Zn_0, Zn_1 و Zn_2 به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر روی در کیلوگرم خاک است.
- Fe_0, Fe_1 و Fe_2 به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر آهن در کیلوگرم خاک است.

- Zn_0, Zn_1 and Zn_2 are 0, 2.5 and 5 mg zinc / g. of soil
- Fe_0, Fe_1 and Fe_2 are 0, 2.5 and 5 mg iron / g. of soil

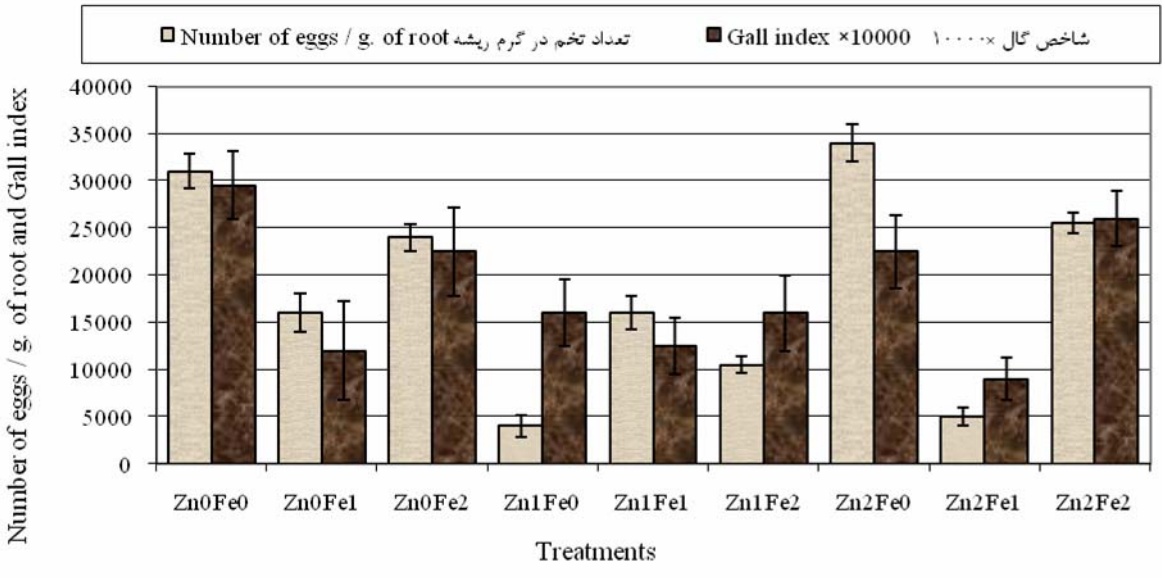
است (Siddiqui *et al.* 2000).

در ارتباط با فاکتور تولیدمثل نماتود، شرایط تقریباً متفاوت می‌باشد. به این معنی که با افزایش میزان فسفر در هر کدام از سطوح نیتروژن فاکتور تولیدمثل نماتود (نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه) نیز افزایش یافته است. این نتایج با نتایج آزمون انجام شده روی خصوصیات شیمیایی ارقام مقاوم گوجه‌فرنگی نسبت به نماتودهای مولد غده که در آن نشان داده شده است که میزان فسفر ارقام حساس آلوده نسبت به ارقام متحمل، مقاوم و مصون بیشتر است تطابق دارد. پیشنهاد شده میزان بالای فسفر شرایط مطلوب برای رشد و نمو نماتود است (Singh & Choudhury 1974). از طرف دیگر تعداد تخم و گال حاصل از نماتود با افزایش سطح فسفر کاهش یافته است. دلیل این تناقض به وزن تر ریشه مربوط می‌شود. وزن تر ریشه با افزایش مقدار فسفر در هر کدام از سطوح نیتروژن به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. این افزایش در وزن ریشه، در نهایت افزایش جمعیت کل نماتود در ریشه را موجب می‌شود. به همین دلیل فاکتور تولیدمثل (نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه) زیادتر شده است.

کمترین میزان فاکتور تولیدمثل مربوط به استفاده از ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۲۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم

نمودار ۴. بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر روی و آهن بر تعداد تخم در گرم ریشه خیار و شاخص گال نماتود *Meloidogyne javanica*، ۴۵ روز پس از کشت.

Fig. 4. Effect of different levels of zinc and iron on number of eggs and gall index of *Meloidogyne javanica*, 45 days after seeding.



- Zn_0, Zn_1 و Zn_2 به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر روی در کیلوگرم خاک می باشد.
- Fe_0, Fe_1 و Fe_2 به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر آهن در کیلوگرم خاک می باشد.

- Zn_0, Zn_1 and Zn_2 are 0, 2.5 and 5 mg zinc / g. of soil
- Fe_0, Fe_1 and Fe_2 are 0, 2.5 and 5 mg iron / g. of soil

خاک (تیمار n_3p_1) می باشد. در این تیمار، تعداد تخم و گال در گرم ریشه به نسبت زیاد، اما وزن ریشه کمتر از سایر تیمارها، در نتیجه جمعیت نهایی کل نماتود و فاکتور تولیدمثل کم می‌باشد. فاکتور تولیدمثل در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۲۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (تیمار n_2p_1) نیز پایین است. اما تعداد گال در هر گرم ریشه نسبت به تیمار n_3p_1 کمتر و وزن تر ریشه نسبت به آن بیشتر است.

در ارتباط با تأثیر عناصر روی و آهن مشخص شد که استفاده از ۲/۵ میلی‌گرم روی و پنج میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک (تیمار Zn_1Fe_2) باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره گیاه گردید. این افزایش در گیاهان آلوده به نماتود بیشتر است. در حالی که تصور می‌شود آلودگی به نماتود باعث کاهش وزن خشک شاخساره باشد. علت این امر احتمالاً برهمکنش گیاه با نماتود در حضور این تیمار کودی بوده و گیاه ماده خشک بیشتری تولید کرده است.

در صورت آلودگی به نماتود، به دلیل تولید گال، وزن تر ریشه گیاه آلوده از گیاهان سالم و فاقد گال بیشتر است. در صورت استفاده از پنج میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک (تیمار Zn_0Fe_2)، وزن تر ریشه به شدت کاهش می‌یابد. احتمالاً دلیل این امر بالا بودن میزان عنصر آهن و ایجاد حالت سمیت در گیاه است. البته در تیمارهای دیگر، استفاده از همین مقدار عنصر آهن همراه با مقادیر ۲/۵ و پنج میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک (Zn_1Fe_2 و Zn_2Fe_2) کاهشی در وزن تر ریشه ایجاد نکرد. هم چنین مشخص

شد که در صورت عدم استفاده از عناصر روی و آهن (Zn_0Fe_0) و یا استفاده از پنج میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک (Zn_2Fe_0) تعداد تخم، گال و کیسه تخم در هر گرم ریشه به شدت بالا می‌رود. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از سطوح بهینه عناصر روی و آهن باعث کاهش تعداد تخم و گال حاصل از نماتود در هر گرم ریشه گیاه می‌شود.

به طور کلی می‌توان گفت استفاده از سطوح مناسب از کودهای شیمیایی، به خصوص کودهای حاوی عناصر پرمصرف، علاوه بر بهبود وضعیت گیاه و افزایش تحمل آن، باعث کاهش شاخص‌های نماتود، میزان تولیدمثل و خسارت‌زایی نماتودهای مولد غده می‌گردد. نتایج به دست آمده با نتایج سایر تحقیقات تطابق دارد. برای مثال استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود ازته و ۲۵ کیلوگرم کود فسفره در هکتار موجب کاهش تعداد تخم نماتود *M. javanica* شده است (Verma & Gupta 1987). هم چنین در آزمایش دیگر استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم/هکتار کود اوره باعث کاهش جمعیت نماتودهای مولد غده شده است (Rodriguez-Kabana *et al*. 1986). به علاوه استفاده از ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاس/ هکتار جمعیت *M. incognita* را کاهش داده است (Jagdale *et al*. 1985). استفاده از کودهای اوره، سولفات آمونیوم (۲۰/۵٪ نیتروژن) و نیترات آمونیوم (۳۳/۵٪ نیتروژن) باعث کاهش تعداد گال حاصل از نماتود در گیاه کدو شده است (Noweer & Hasabo 2005).

استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از منابع اوره و سوپرفسفات تریپل، پنج میلی‌گرم روی و ۲/۵ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منابع سولفات روی و سکوسترین آهن در خاک مورد استفاده، علاوه بر افزایش شاخص‌های رویشی گیاه، باعث کاهش شاخص‌های نماتود شامل تعداد کیسه تخم و تخم، گال و شاخص گال گردیده است. این مقادیر برای بهبود رشد گیاه خیار (رقم سوپرآملیا)، و کاهش میزان خسارت ناشی از نماتود *M. javanica* در خاک مورد مطالعه (سری چیتگر از نوع Calcic Brown soil، تهیه شده از منطقه نظرآباد سروستان فارس)، قابل توصیه است. برای گنجاندن سطوح مناسب کودی در برنامه مدیریت نماتودهای مولد غده لازم است بررسی‌های دیگری با استفاده از خاک‌های مختلف و ارقام دیگر خیار و گیاهان دیگر صورت گیرد.

منابع

جهت ملاحظه به صفحات (73-71) متن انگلیسی مراجعه شود.