

تأثیر عناصر نیتروژن، فسفر، روی و آهن بر نماتود مولد غده  
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<sup>۱</sup>

(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 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

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 نماتوهای *Tylenchorhynchus* *Heterodera* و *Helicotylenchus dihystra claytoni* 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 *Bradyrhizobium japonicum* و *Pseudomonas aeruginosa* 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

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).

نماتوهای 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 ریشه‌گرهی در ایران می‌باشند (اخیانی و همکاران، ۱۹۸۴).

جهت کنترل نماتوهای ریشه‌گرهی لازم است از روش‌های کنترل تلفیقی استفاده کرد. هزینه‌های زیاد جهت یافتن و تولید نماتودکش‌های 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

## 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 ۱۲/۰٪ 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 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

*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 آمیلیا (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 آباد 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 مورفولوژیکی 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).

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 پر مصرف

نتایج حاصل از بررسی تأثیر عناصر نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشدی گیاه خیار در جدول یک ارائه گردیده است. تیمارهای دارای ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (n<sub>4</sub>)، به دلیل از بین رفتن گیاهان پیش از رسیدن به مرحله چهار برگی، نتایجی در بر نداشت. نتایج تأثیر عناصر نیتروژن و فسفر روی شاخص‌های رشدی خیار آلوده به نماتود و مقایسه آن با شاهد بدون نماتود نشان می‌دهد

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 بذریه رقم سوپرآمیلیا 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، هم‌چنین شاخص‌های مربوط به نماتود شامل تعداد تخم، کیسه تخم و گال در گرم ریشه، هم‌چنین شاخص گال و فاکتور تولیدمثل بررسی گردید (Hussey & Janssen 2002, Sasser & Taylor 1978).

#### ب) عناصر کم مصرف

در آزمایشی مشابه عناصر پر مصرف و بر اساس تجزیه خاک، سطوح مختلف صفر، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم 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. هم‌چنین به منظور جبران کمبود عناصر نیتروژن، فسفر، مس و منگنز در خاک

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	شاهد	آلوده	شاهد	آلوده	شاهد
	Infected plants	control	Infected plants	control	Infected plants	control
n <sub>0</sub> p <sub>0</sub>	23.75 o	21.8 o	4.32 lm	4.22 lm	0.36 l	0.29 l
n <sub>0</sub> p <sub>1</sub>	52.25 mn	41.75 n	14.54 hi	10.77 ijk	7.87 fg	4.62 i
n <sub>0</sub> p <sub>2</sub>	94.75 ghi	72.75 jkl	21.52 g	15.2 hi	11.17 e	7.07 gh
n <sub>0</sub> p <sub>3</sub>	135 bc	117 def	38.02 d	45.35 ab	19.02 a	15.9 b
n <sub>1</sub> p <sub>0</sub>	23.25 o	22.75 o	2.95 lm	3.87 lm	0.42 l	0.62 l
n <sub>1</sub> p <sub>1</sub>	58 l mn	51 n	12.65 hij	14 hi	7.18 gh	5.85 hi
n <sub>1</sub> p <sub>2</sub>	69.5 klm	55 mn	16.02 h	15.91 h	9.12 f	8.55 fg
n <sub>1</sub> p <sub>3</sub>	115 def	104 fgh	31.35 e	38.72 cd	12.67 cde	14 c
n <sub>2</sub> p <sub>0</sub>	16.25 o	21.5 o	3.12 lm	3.9 lm	0.31 l	0.66 l
n <sub>2</sub> p <sub>1</sub>	52.66 mn	44 n	7.5 kl	8.97 jk	4.36 ij	4.35 ij
n <sub>2</sub> p <sub>2</sub>	89.5 hij	109 efg	24.69 fg	28.72 ef	12.05 de	13.42 cd
n <sub>2</sub> p <sub>3</sub>	159 a	150 ab	48.75 a	43.05 bc	19.62 a	17.25 b
n <sub>3</sub> p <sub>0</sub>	17 o	23.5 o	1.76 m	2.45 m	0.39 l	0.67 l
n <sub>3</sub> p <sub>1</sub>	48.75 n	46 n	11.87 hijk	10.31 ijk	2.87 jk	1.92 kl
n <sub>3</sub> p <sub>2</sub>	86.75 hijk	79 ijk	30.28 e	26.75 ef	13.87 c	12.05 de
n <sub>3</sub> p <sub>3</sub>	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<sub>0</sub>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> and n<sub>3</sub> به ترتیب مقادیر صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک است.

- p<sub>0</sub>, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> and p<sub>3</sub> 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<sub>0</sub>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> and n<sub>3</sub> are 0, 50, 100 and 200 mg nitrogen / g. of soil, respectively

- p<sub>0</sub>, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> and p<sub>3</sub> 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. (جدول ۱).

طول اندام هوایی گیاهان در تیمار n<sub>2</sub>p<sub>3</sub> سالم و آلوده به نماتود نسبت به سایر تیمارها، بیشترین افزایش را نشان می‌دهد. هم چنین تمامی تیمارها به جز تیمارهای n<sub>1</sub>p<sub>0</sub> و n<sub>2</sub>p<sub>0</sub> نسبت به تیمارهای شاهد (n<sub>0</sub>p<sub>0</sub>) سالم و آلوده به نماتود، افزایش معنی‌داری (P = 0.01) پیدا کردند.

به تیمار آلوده به نماتود، نگرديده است ( $P = 0.05$ ) (جدول ۲).

طول شاخساره خیار، در صورت 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 ( $P = 0.05$ ). هم‌چنین 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 شاخص‌های نماتود

##### ۱- تأثیر عناصر پر مصرف

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). هم‌چنین 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  $n_2p_3$  و  $n_3p_3$  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). هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد تعداد تخم نماتود در گرم ریشه در تیمارهای

تیمارهای  $n_1p_0$ ،  $n_2p_0$ ،  $n_3p_0$  و  $n_3p_1$  نسبت به شاهد ( $n_0p_0$ ) در گیاه سالم و آلوده 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  $2/5$  میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک ( $Zn_0$  &  $Zn_1$ ) نسبت به شاهد در سطح  $5\%$  افزایش معنی‌داری داشته ولی در تیمارهای دارای  $5$  میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک ( $Zn_2$ ) با شاهد اختلافی دیده نمی‌شود. هم‌چنین 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  $5\%$  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

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	شاهد	آلوده	شاهد	آلوده	شاهد
	Infected plants	control	Infected plants	control	Infected plants	control
Zn <sub>0</sub> Fe <sub>0</sub>	33.25 bc	36.25 abc	4.65 f	5.55 bcdef	12.2 def	10.97 gf
Zn <sub>0</sub> Fe <sub>1</sub>	37.25 abc	31.5 c	6.45 abc	4.95 ef	13.31 bcd	13.1 bcde
Zn <sub>0</sub> Fe <sub>2</sub>	39 ab	32 c	6.125 abcd	5.47 cdef	6.77 h	5.17 h
Zn <sub>1</sub> Fe <sub>0</sub>	36.5 abc	33.75 bc	5.925 bcde	5.52 bcdef	14.37 abc	12.59 cdef
Zn <sub>1</sub> Fe <sub>1</sub>	40.75 a	37.25 abc	6.575 ab	6.35 abcd	9.775 g	11.15 efg
Zn <sub>1</sub> Fe <sub>2</sub>	38 abc	38 abc	7.1 a	5.97 bcde	15.85 a	12 def
Zn <sub>2</sub> Fe <sub>0</sub>	38 abc	35 abc	5.3 def	5.62 bcdef	14.3 abc	11.57 defg
Zn <sub>2</sub> Fe <sub>1</sub>	35.25 abc	36.75 abc	5.3 def	6.0 bcd	12.92 cdef	13.52 bcd
Zn <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub>	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 ۰.۵٪ معنی دار نیستند.

- Zn<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> و Zn<sub>2</sub> به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر روی در کیلوگرم خاک است.

- Fe<sub>0</sub>, Fe<sub>1</sub> و Fe<sub>2</sub> 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 Test

- Zn<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> and Zn<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg zinc / g. of soil

- Fe<sub>0</sub>, Fe<sub>1</sub> and Fe<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg iron / g. of soil

فاکتور تولیدمثل به ترتیب در تیمارهای Zn<sub>0</sub>Fe<sub>0</sub> و Zn<sub>2</sub>Fe<sub>1</sub> بیشتر و در تیمارهای Zn<sub>0</sub>Fe<sub>2</sub> و Zn<sub>2</sub>Fe<sub>0</sub> کمتر از سایر تیمارها و شاهد می‌باشد (P = 0.01) (نمودار ۳).

نتایج نشان می‌دهد تعداد تخم نماتود در گرم ریشه در تیمارهای Zn<sub>0</sub>Fe<sub>0</sub> و Zn<sub>2</sub>Fe<sub>0</sub> به طور معنی داری بیشتر و در تیمارهای Zn<sub>1</sub>Fe<sub>0</sub> و Zn<sub>2</sub>Fe<sub>1</sub> کمتر از سایر تیمارها هستند (P=0.01) (نمودار ۴). هم چنین شاخص گال در تیمارهای Zn<sub>0</sub>Fe<sub>2</sub>, Zn<sub>2</sub>Fe<sub>0</sub>, Zn<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub> و شاهد بالاتر از سایر تیمارها بوده و این تیمارها اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند (P=0.01) (نمودار ۴).

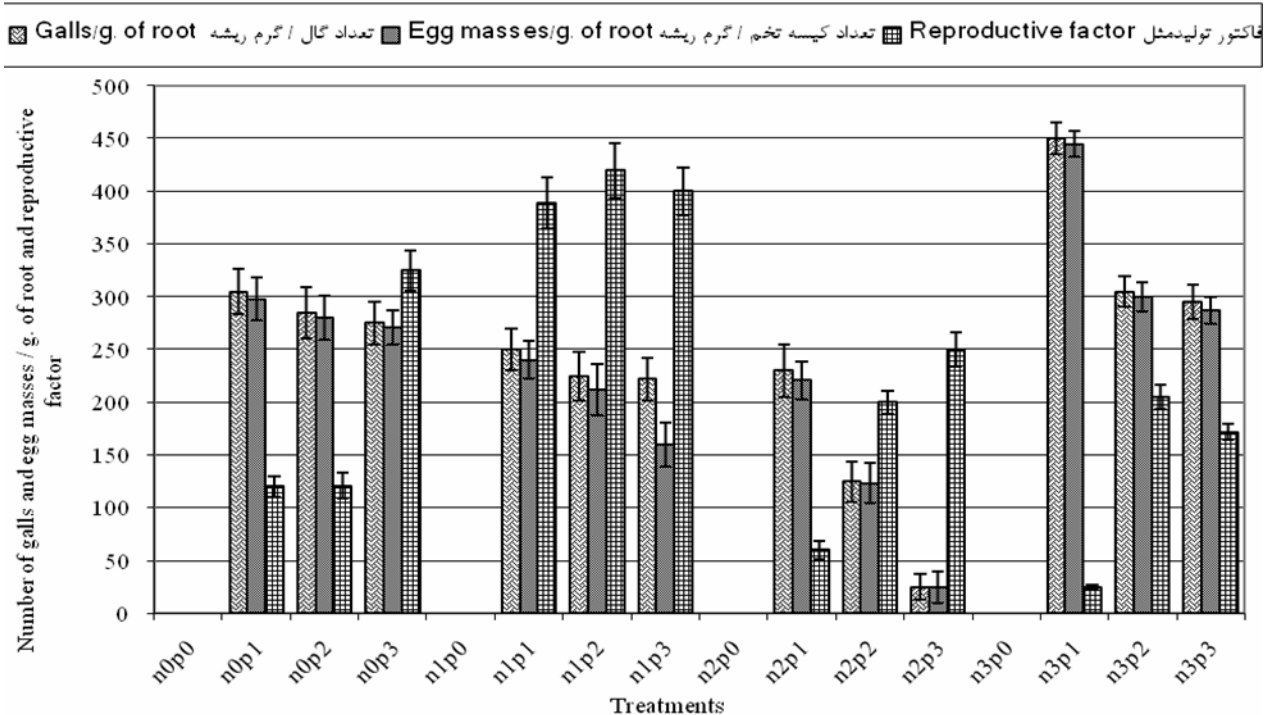
n<sub>1</sub>p<sub>2</sub> و n<sub>1</sub>p<sub>1</sub> به طور معنی داری بیشتر و در تیمارهای n<sub>3</sub>p<sub>3</sub> و n<sub>2</sub>p<sub>3</sub> کمتر از سایر تیمارها هستند (P = 0.01) (نمودار ۲).

## 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<sub>0</sub>Fe<sub>0</sub>, Zn<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub> و Zn<sub>0</sub>Fe<sub>2</sub> به طور معنی داری بیشتر و در تیمارهای Zn<sub>1</sub>Fe<sub>0</sub> و Zn<sub>2</sub>Fe<sub>1</sub> کمتر از سایر تیمارها و شاهد (Zn<sub>0</sub>Fe<sub>0</sub>) می‌باشد (P = 0.01) (نمودار ۳). هم چنین

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<sub>0</sub>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> and n<sub>3</sub> are 0, 50, 100 and 200 mg nitrogen / g. of soil

- p<sub>0</sub>, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> and p<sub>3</sub> are 0, 25, 50 and 100 mg phosphorus / g. of soil

- n<sub>0</sub>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> and n<sub>3</sub> are 0, 50, 100 and 200 mg nitrogen / g. of soil  
 - p<sub>0</sub>, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> and p<sub>3</sub> are 0, 25, 50 and 100 mg phosphorus / g. of soil

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.

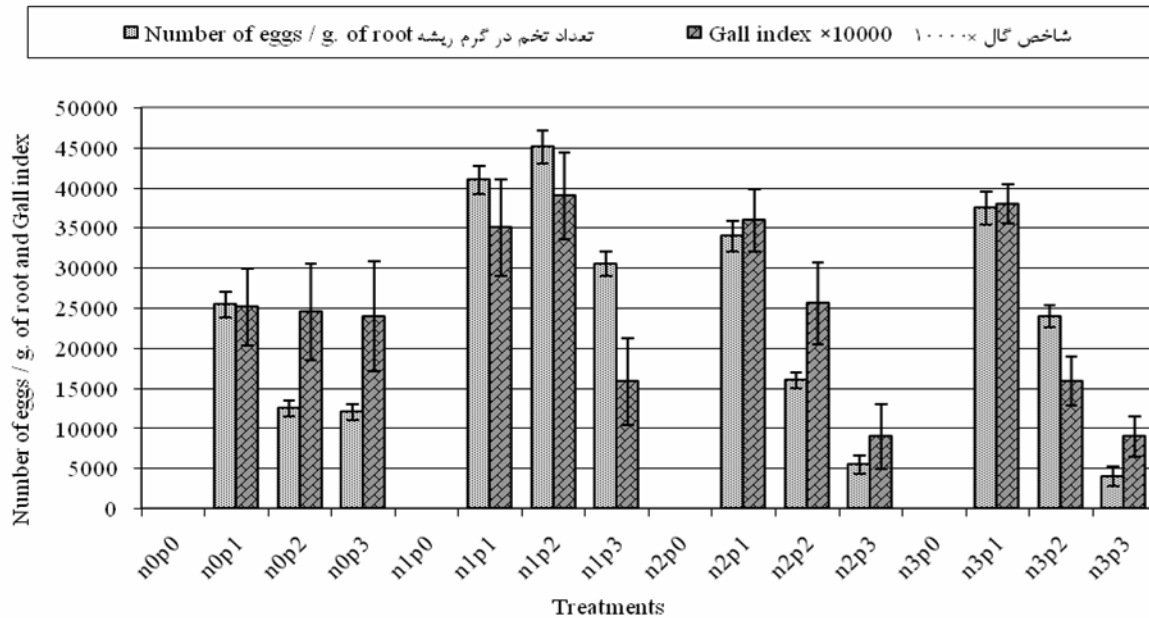
## بحث

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



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<sub>0</sub>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, n<sub>3</sub> به ترتیب مقادیر صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک است.  
 - p<sub>0</sub>, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub> به ترتیب مقادیر صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک است.

- n<sub>0</sub>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> and n<sub>3</sub> are 0, 50, 100 and 200 mg nitrogen / g. of soil  
 - p<sub>0</sub>, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> and p<sub>3</sub> are 0, 25, 50 and 100 mg phosphorus / g. of soil

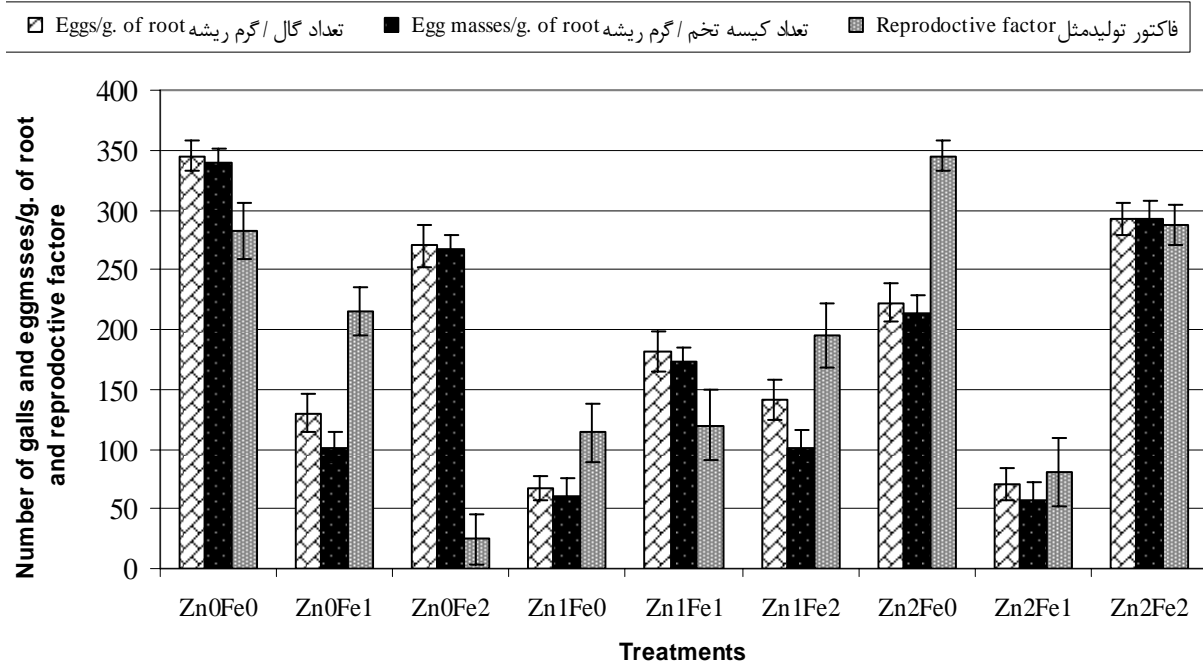
رویشی گیاه، باعث کاهش شاخص‌های نماتود شامل تعداد تخم، گال و کیسه تخم در هر گرم ریشه گردید. در مورد این شاخص‌ها نیز در هر کدام از سطوح عنصر نیتروژن، با افزایش مقدار فسفر، تعداد تخم، گال و کیسه تخم نماتود کاهش می‌یابد. این مسأله نشان می‌دهد که کاهش تعداد تخم، گال و کیسه تخم نماتود در هر گرم ریشه بیشتر 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

در میان سطوح مختلف کودی، استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (تیمار n<sub>2</sub>p<sub>3</sub>)، 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<sub>0</sub>p<sub>3</sub> و n<sub>3</sub>p<sub>3</sub>) نیز به نسبت کمتری باعث افزایش فاکتورهای رویشی گیاه گردید. تیمار n<sub>0</sub>p<sub>3</sub> 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

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<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> and Zn<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg zinc / g. of soil

- Fe<sub>0</sub>, Fe<sub>1</sub> and Fe<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg iron / g. of soil

- Zn<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> and Zn<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg zinc / g. of soil  
- Fe<sub>0</sub>, Fe<sub>1</sub> and Fe<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg iron / g. of soil

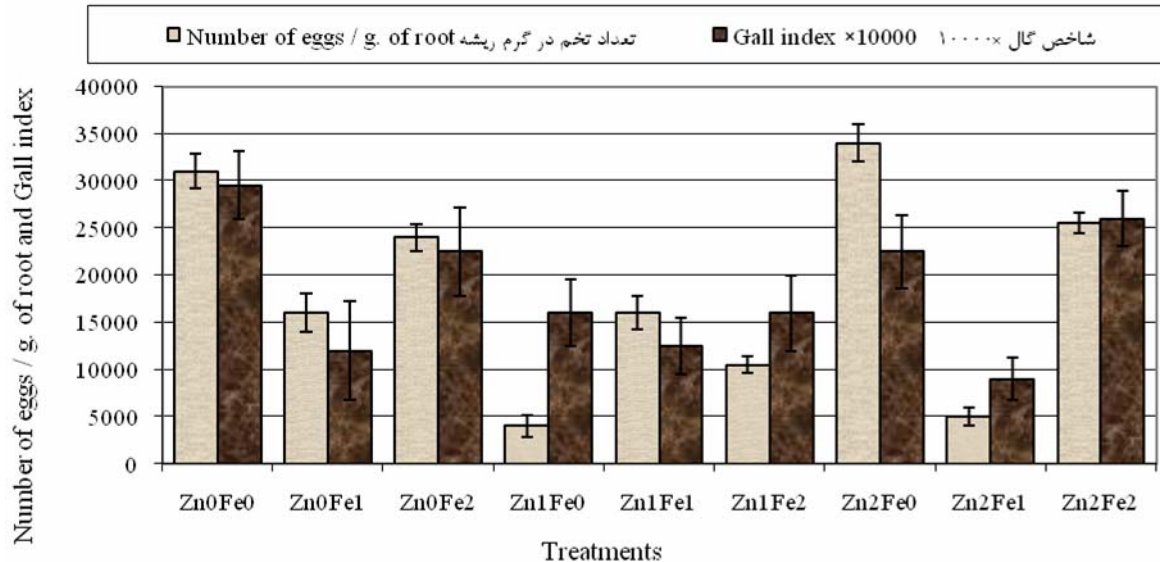
است (Siddiqui *et al.* 2000). از طرف دیگر تعداد تخم و گال حاصل از نماتود با افزایش سطح فسفر کاهش یافته است. دلیل این تناقض به وزن تر ریشه مربوط می‌شود. وزن تر ریشه با افزایش مقدار فسفر در هر کدام از سطوح نیتروژن به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. این افزایش در وزن ریشه، در نهایت افزایش جمعیت کل نماتود در ریشه را موجب می‌شود. به همین دلیل فاکتور تولیدمثل (نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه) زیادتیر شده است.

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

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

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<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> and Zn<sub>2</sub> به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر روی در کیلوگرم خاک می باشد.

- Fe<sub>0</sub>, Fe<sub>1</sub> and Fe<sub>2</sub> به ترتیب مقادیر صفر، ۲/۵ و ۵ میلی گرم عنصر آهن در کیلوگرم خاک می باشد.

- Zn<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> and Zn<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg zinc / g. of soil

- Fe<sub>0</sub>, Fe<sub>1</sub> and Fe<sub>2</sub> are 0, 2.5 and 5 mg iron / g. of soil

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 میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک (تیمار Zn<sub>0</sub>Fe<sub>2</sub>)، وزن تر ریشه به شدت کاهش می یابد. 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 میلی گرم روی در کیلوگرم خاک (Zn<sub>1</sub>Fe<sub>2</sub> و Zn<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>) کاهشی در وزن تر ریشه ایجاد نکرد. هم چنین مشخص

خاک (تیمار n<sub>3</sub>p<sub>1</sub>) 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 می باشد. فاکتور تولیدمثل در تیمار ۱۰۰ میلی گرم نیتروژن و ۲۵ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک (تیمار n<sub>2</sub>p<sub>1</sub>) نیز پایین است. اما تعداد گال در هر گرم ریشه نسبت به تیمار n<sub>3</sub>p<sub>1</sub> 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 میلی گرم روی و پنج میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک (تیمار Zn<sub>1</sub>Fe<sub>2</sub>) باعث افزایش معنی دار وزن خشک شاخساره گیاه گردید. این افزایش در گیاهان آلوده به نماتود بیشتر است. در حالی که تصور می شود آلودگی

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 (71-73) متن انگلیسی مراجعه شود.

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). هم‌چنین 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 نترات آمونیوم (۳۳/۵٪ نیتروژن) باعث کاهش