بررسی بیماریزایی نماتد طلایی سیب زمینی *Globodera rostochiensis* روی سیب زمینی

آزیتا زرقانی[۱]*، صدیقه فاطمی[۲] و صفرعلی مهدیان[۳]

۱*- نویسنده مسوول: کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (Azita_Zarghani@yahoo.com)

۲- دانشیار، بخش نماتد شناسی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران

۳- استادیار، گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۷

چکیده

نماتد طلایی سیب زمینی (*Globodera rostochiensis*)، که در سال ۱۳۸۷ از استان همدان گزارش شد، یکی از مهم ترین نماتد های مهاجم سیب زمینی در سطح جهان است که سبب کاهش قابل توجه محصول می شود. این نماتد با حمله به ریشه ها و تشکیل سلولهای ویژه به گیاه آسیب می زند. به دلیل جدید بودن این نماتد در کشور، وضعیت بیماریزایی آن روی میزبان های مختلف کاملا روشن نیست. در یک آزمایش مقدماتی، میزان بیماریزایی نماتد روی مارفونا، یک رقم رایج و بازار پسند سیب زمینی در همدان، بررسی گردید. گیاهان در میکروپلات های آلوده شده با جمعیت های اولیه ۰/۰۵، ٤، ۹ و ۱۵ تخم و لارو در گرم خاک *G. rostochiensis* کاشته شدند و پس از گذشت ۷۵ روز، نسبت به برداشت و توزین گیاهان و محصول و تعیین جمعیت نهایی نماتد اقدام شد. بررسی ها حاکی از آن بود که افزایش جمعیت نماتد در زمان کاشت روی تمامی پارامتر های رشدی گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش آن ها گردید. میزان تولید مثل نماتد و در نتیجه آن جمعت نهایی نماتد با افزایش جمعیت اولیه در خاک افزایش یافت. بیشترین جمعیت نماتد در تیمارهایی مشاهده گردید که با جمعیت بالای نماتد زمان کاشت آلوده گردیده بودند.

کلید واژه ها: بیماریزایی، جمعیت اولیه، رقم حساس، نماتد طلایی سیب زمینی Globodera rostochiensis

مقدمه

سیب زمینی به عنوان یکی از مهمترین محصولات غذایی در دنیا محسوب می شود، از نظر اهمیت بعد از محصولاتی چون گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار داشته و در ایران نیز از جایگاه ویژه ای در تغذیه مردم برخوردار است (پیوست، ۱۳۸۵).

استان همدان با ۱۸/۹ درصد از تولید سیب زمینی کشور، مقام اول در تولید این محصول را به خود اختصاص داده است (بی نام، ۱۳۹۰). شهرهای همدان و بهار بیشترین سطح زیر کشت سیب زمینی را در استان همدان دارا می باشند (بی نام، ۱۳۹۲).

سیب زمینی همواره در تمام نقاط دنیا در معرض حمله تعداد زیادی از عوامل بیمارگر گیاهی از جمله ویروس ها، باکتری ها، قارچ ها و نماتد های انگل گیاهی قرار دارد. میزان خسارت ناشی از این عوامل به طور متوسط در حدود ۱۶٪ برآورد گردید است (فائو[۱] ۲۰۰۵؛ اوانس وترودگیل[۲]، ۱۹۹۲).

نماتد طلایی سیب زمینی *Globodera rostochiensis* (ولن وبر[۳]، ۱۹۲۳) (بهرنس[٤]، ۱۹۷۵)،

1- FAO: Food & Agricultural Organization.
2- Evans *et al*.
3- Wollenweber
4- Behrens

تاکنون نماتد قرنطینه برای ایران بوده است که در سال ۱۳۸۷ در ۸۱ مزرعه به مساحت ۴۵۰ هکتار در شهرستان بهار و ۹ مزرعه به مساحت ۷۳ هکتار در همدان مشاهده و گزارش گردید (گیتی و همکاران، ۱۳۹۰). در بررسی های اخیر ۲۹٪ مزارع همدان و ۴۵٪ مزارع شهرستان بهار آلوده گزارش شده اند (گیتی، ۱۳۹۱).

نماتدهای سیست سیب زمینی *G. rostochiensis* و *G. pallida* (استون[1]، ۱۹۷۲)، (بهرنس، ۱۹۷۵) که اختصارا PCN [2]، نامیده می شوند صدها هزار سال پیش همراه میزبان خود سیب زمینی[3]، در امریکای جنوبی تکامل یافتند (استون، ۱۹۷۹). این نماتدها از اغلب مناطق سیب زمینی کاری دنیا، گزارش شده اند. میزبان آنها گیاهان خانواده بادمجانیان[4]، مانند سیب زمینی،گوجه فرنگی، بادمجان و برخی علفهای هرز است. متوسط خسارت سالیانه نماتدهای PCN حدود ۹٪ در سطح جهانی تخمین زده شده است (اوانس و برودی[5]، ۱۹۸۰) و به عنوان مخرب‌ترین نماتد سیب زمینی که می توانند تا ۱۰۰ درصد باعث خسارت شوند به شمار می آیند (برودی[6]، ۱۹۸۴)

تخم ها در اثر ترشحات ریشه گیاه میزبان تفریخ می شوند، لاروها وارد ریشه یا غده شده، و پس از تغذیه و پوست اندازی تبدیل به نر و ماده می گردند. پس از ظهور ماده های متورم شیری رنگ روی ریشه و تخمگذاری ، کوتیکول آنها ضخیم وقهوه ای می گردد و پس از مرگ در خاک می افتند که به این مرحله سیست می گویند (شکل ۱).

شکل ۱- سیست های کروی قهوه ای

کوتیکول ماده در گونه *G. rostochiensis* قبل از قهوه ای شدن زرد طلایی می شود به همین دلیل به آن نماتد طلایی هم گفته می شود (شکل ۲).

شکل ۲-ماده طلایی روی ریشه

PCN دارای قدرت تولید مثلی بالایی (۲۰۰-۶۰۰ تخم) بوده و تخم های درون سیست قدرت زندگی خود را در شرایط نامساعد محیطی تا بیش از ۱۰ سال می توانند حفظ نمایند (ترنر[7]، ۱۹۹۶).

میزان آلودگی در بعضی از مزارع استان همدان بسیار بالا بوده و در حال توسعه است. تصمیم گیری در مورد انتخاب زمان و روش کنترل نماتد، به دانستن میزان آلودگی در مزرعه و تاثیر آن روی رشد و محصول بستگی دارد (فریس[8]، ۱۹۷۸). در حال حاضر رابطه بین نماتد و خسارت آن و نیز تاثیر میزان آلودگی قبل از

1- Stone
2- Potato Cyst Nematodes
3- *Solanum tuberosum*
4- Solanaceae
5- Evans & Brodie
6 -Brodie

9- Turner
8- Ferris

کشت روی تغییرات رشد و محصول سیب زمینی، در شرایط ایران نامشخص است.

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر چهار جمعیت نماتد طلایی قبل از کشت روی رشد، محصول، میزان و نحوه تولید مثل نماتد روی مارفونا رقمی که نماتد اولین بار از روی آن در همدان یافت شده است، بود.

مواد و روش ها

به منظور تهیه اینوکلوم و جمعیت های مختلف نماتد طلایی *G. rostochiensis*، نمونه های جمع آوری شده از مزارعِ آلوده سیب زمینی استان همدان به آزمایشگاه نماتدشناسی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور منتقل گردیدند و در دمای محیط قرار گرفتند تا خشک شوند. استخراج سیست‌ها از نمونه های۱۰۰ گرمی خاک خشک شده توسط قیف فنویک و الک ۶۰ مش صورت گرفت و سیست‌ها با کمک پنس در زیر استریومیکروسکوپ از بقایای گیاه و خاک جدا سازی شدند (شکل های ۳ و ۴) (فنویک[1]، ۱۹۴۰).

شکل ۳- خاکشویی با دستگاه فنویک

تخم و لارو درون سیست ها را توسط سیست خردکن خارج نموده پس از انتقال به یک بشر، سوسپانسیون تخم و لارو توسط آب مقطر به حجم معینی رسانده شد، و با بزرگ نمایی ۱۰ میکروسکوپ نوری نسبت به تعیین جمعیت آن ها با اسلاید شمارش اقدام گردید (سوتی[2]، ۱۹۸۶).

گلدان هایی با قطر ۲۵ سانتیمتر که تا لبه در خاک در فضای آزاد قرار داده شدند میکروپلات های آزمایش را تشکیل دادند. هر گلدان با ۳ کیلو گرم خاک لومی استریل (خاک و ماسه به نسبت سه به یک) پر شد و یک جوانه سیب زمینی رقم مارفونا در هر گلدان کاشته شد. پس از استقرار گیاهچه ها، با در نظر گرفتن جمعیت های صفر، ۰/۰۵، ۴، ۹ و ۱۵ تخم و لارو در گرم خاک، ۱۰ میلی لیتر سوسپانسیون حاوی جمعیت های مذکور در سه سوراخ ایجاد شده در اطراف گیاهچه ها اضافه شد. تیمارها در چهار تکرار به صورت کاملا تصادفی در پلات ها قرار داده شدند. در طول داشت، نسبت به آبیاری، کوددهی و کنترل آفات اقدام گردید (شکل ۵).

شکل ٤- خاک شستشو شده با فنویک حاوی سیست

شکل ٥- گیاهان در حین رشد

1- Fenwick

2- Southey

پس از گذشت ۷۵ روز، اندام های هوایی را قطع کرده، ریشه ها و غده ها را از خاک خارج، شستشو و نمگیری نموده و سپس نسبت به توزین وزن تر آن ها اقدام گردید.

جهت تخمین جمعیت نماتدها، یک زیر نمونه ۱۰۰ گرمی از خاک خشک شده هر گلدان طبق روش ذکر شده شسته شد و نماتد های آن استخراج گردیدند. پس از استخراج سیست ها جمعیت نهایی تخم و لارو شمارش و فاکتور تولید مثل[1] (نسبت جمعیت نهایی به اولیه) محاسبه گردید.

داده های حاصل از آزمایشات مختلف با استفاده از نرم افزار اکسل (Excel 2010) وارد کامپیوتر گردید و محاسبات اولیه، رسم جداول و گراف ها توسط آن انجام گرفت. به منظور آنالیز آماری از نرم افزار SPSS (ver. 18) (Package for the Social Sciences, SPSS Inc, Chicago IL) استفاده گردید. تجزیه آماری داده ها با واریانس یک طرفه ANONA و مقایسه آماری میانگین با آزمون چند دامنه ای Duncan، انجام شد. برای اطمینان یافتن از نرمال بودن داده ها تست نرمالیته Shapiro-Wilk انجام گردید.

نتایج و بحث

رشد گیاهان با افزایش جمعیت نماتد قبل از کشت کاهش یافت، در جمعیت ۰/۰۵ تخم و لارو نماتد در گرم خاک، تفاوتی بین رشد گیاهان با شاهد، مشاهده نشد (نمودار۱). وزن گیاهان در جمعیت ۴ تخم و لارو در گرم خاک کاهش یافت و در جمعیت های بالاتر سیر نزولی یافت، چنانکه در جمعیت ۱۵ تخم و لارو به کمترین میزان رسید ($P\geq0.05$) (نمودار۱).

وزن تر ریشه ها با افزایش جمعیت نماتد قبل از کشت، رو به کاهش نهاد و در بالاترین جمعیت به کمترین حد ممکن خود رسید ($P\geq0.05$) (نمودار۲).

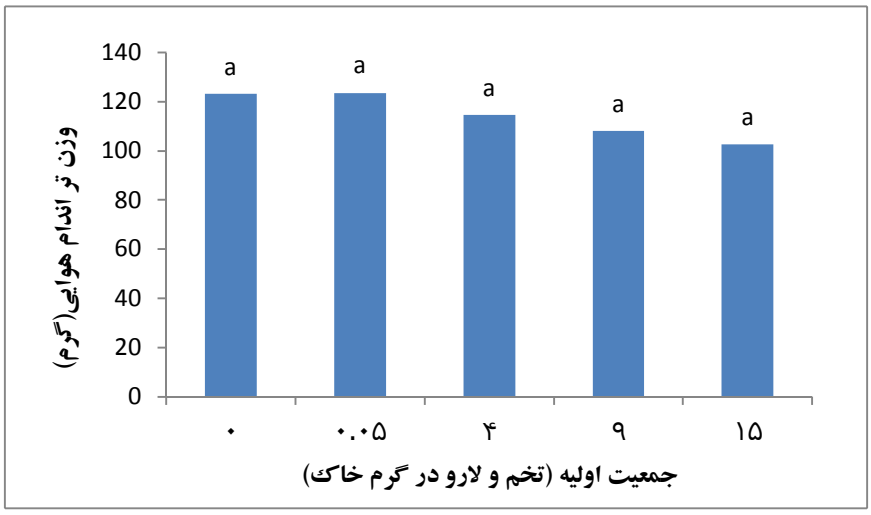
بیشترین میزان محصول غده در خاک بدون نماتد تولید شد، در جمعیت اولیه ۰/۰۵ تخم و لارو نماتد در گرم خاک میزان محصول در مقایسه با شاهد بدون نماتد تغییر قابل ملاحظه ای ننمود ولی با افزایش جمعیت وزن غده ها رو به کاهش نهاد و کمترین محصول در جمعیت های ۹ و ۱۵تخم و لارو در گرم خاک تولید شد($P\geq0.05$) (نمودار ۳).

تعداد سیست های نماتد پس از برداشت بسته به جمعیت های قبل از کشت متغیر بود و با افزایش جمعیت قبل از کشت تعداد آنها نیز افزایش یافت (نمودار۴). کمترین جمعیت سیست روی ریشه گیاهانی تشکیل شده بود که در خاک با آلودگی کمتر از ۰/۰۵تخم و لارو در گرم کاشته شده بودند ($P\leq0.05$) (نمودار۴).

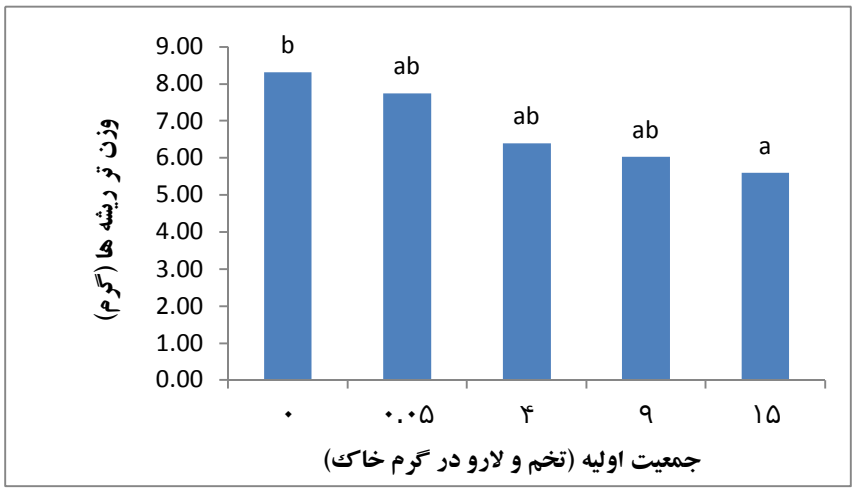
جمعیت نهایی نماتد پس از برداشت با افزایش جمعیت قبل از کشت نسبت مستقیم داشته و بصورت تصاعدی افزایش یافت (نمودار۵). کمترین جمعیت تخم و لارو روی ریشه گیاهانی تشکیل شده بود که در خاک با آلودگی کمتر از ۰/۰۵ تخم و لارو نماتد در گرم خاک کاشته شده بودند و بیشترین جمعیت نهایی پس از برداشت در بالاترین جمعیت اولیه یعنی ۱۵ تخم و لارو در هر گرم خاک مشاهده شد ($P\leq0.05$) (نمودار۵).

فاکتور تولید مثل که نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه تخم و لارو می باشد توانایی تولید مثل نماتد را در جمعیت های اولیه مختلف قبل از کشت نشان می دهد. در جمعیت های کم میزان تولید مثل افزایش داشته و با زیاد شدن جمعیت در خاک فاکتور تولید مثل کاهش یافت، چنانکه در جمعیت ۰/۰۵ تخم و لارو نماتد در گرم خاک بیشترین نرخ تولید مثل و کمترین نرخ در جمعیت ۱۵ تخم و لارو در گرم خاک ایجاد شد ($P\leq0.05$) (نمودار۶).

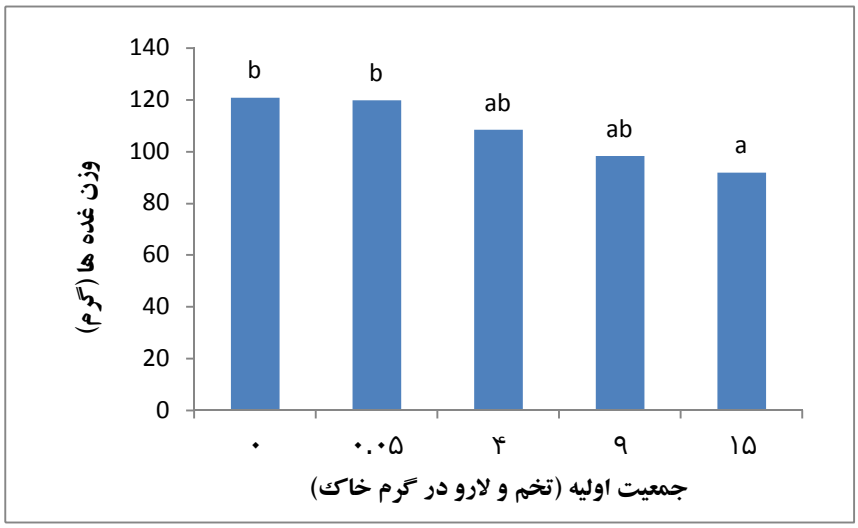
1- Reprodoction factor (RF)



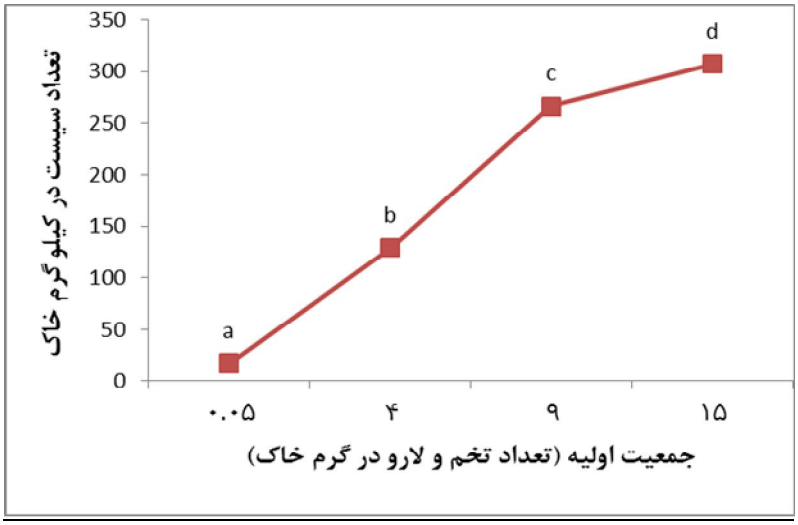
نمودار ۱- تاثیر جمعیت های مختلف نماتد *Globodera rostochiensis* قبل از کشت روی وزن تر اندام هوایی سیب زمینی



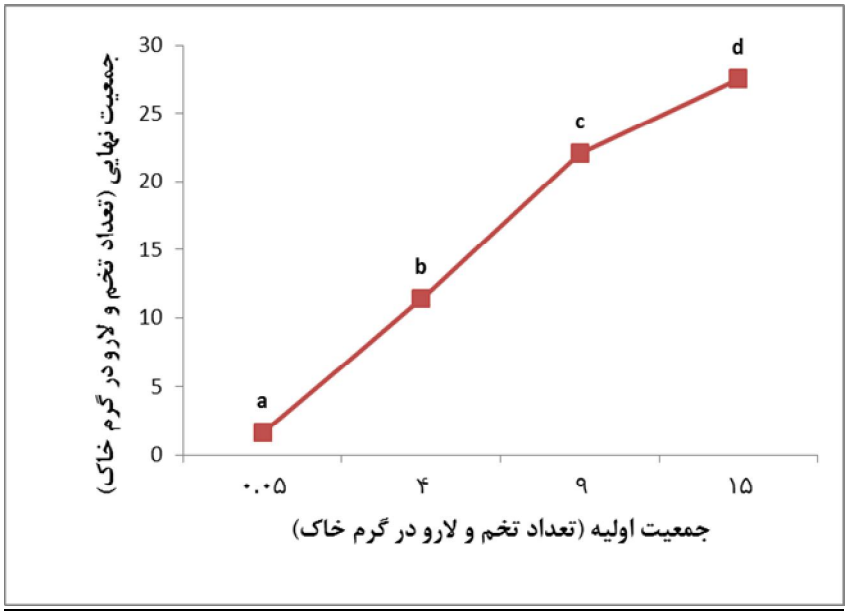
نمودار ۲- تاثیر جمعیت های مختلف نماتد *Globodera rostochiensis* قبل از کشت روی وزن تر ریشه ها



نمودار ۳- تاثیر جمعیت های مختلف نماتد *Globodera rostochiensis* قبل از کشت روی وزن غده های سیب زمینی



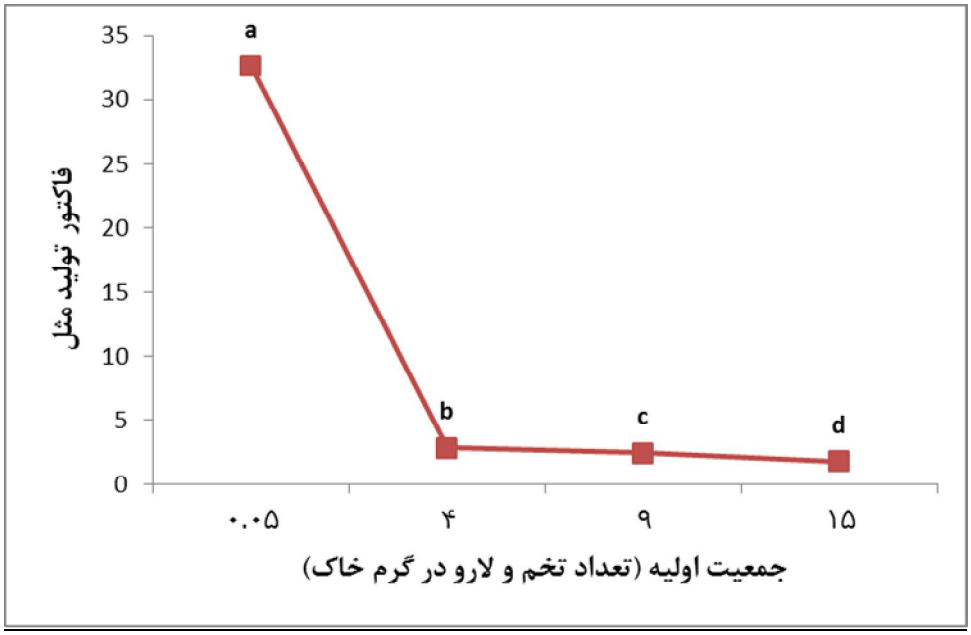
نمودار ٤- تاثیر جمعیت های مختلف نماتد *Globodera rostochiensis* قبل از کشت بر تعداد سیست ها پس از برداشت



نمودار ٥- رابطه بین جمعیت های مختلف *Globodera rostochiensis* قبل از کشت و جمعیت نهایی نماتد پس از برداشت

نتایج آزمایش حاکی از آنست که بین جمعیت اولیه نماتد *G. rostochiensis*، رشد گیاه و عملکرد محصول سیب زمینی رابطه معکوس وجود دارد. افزایش جمعیت نماتد در خاک قبل از کشت منجر به کاهش رشد سیب زمینی می شود، میزان کاهش رشد بسته به شرایط محیطی و رقم گیاه دارد. این نتایج با گزارشات سایر محققین مطابقت دارد چنانکه در هلند، جمعیت های بالاتر از ۱۵ تخم و لارو در گرم خاک نماتد طلایی موجب کاهش محصول سیب زمینی شده است (هوسمن و همکاران[1]، ۱۹۶۹) و در اکوادور، آلودگی های کمتر از ۱۳ تخم و لارو در گرم خاک *G. rostochiensis* آسیب جدی به سیب زمینی وارد ننموده است (اگویگورن و همکاران[2]، ۱۹۷۶). ساین هورست[3] (۱۹۸۲) رابطه بین تراکم نماتد در زمان کشت و محصول غده را طی آزمایشات مختلفی اثبات نمود.

1- Huijsman *et al*.
2- Eguiguren *et al* .
3- Seinhorst



نمودار ٦- تغییرات فاکتور تولید مثل در جمعیت های اولیه قبل از کاشت

در آزمایش ما ثابت شد مارفونا که در همدان جزو ارقام رایج تجاری است (گیتی، مکاتبه شخصی)، رقمی حساس نسبت به نماتد طلایی است و نماتد قادر به تولید جمعیت بالایی از ماده های بارور روی ریشه های این گیاه می باشد. طبق نتایج این آزمایش جمعیت های ۴ و بیشتر تخم و لارو در گرم خاک در زمان کشت می تواند موجب کاهش وزن گیاهان و محصول غده شود. در این شرایط وزن گیاهان ۷، ۱۲ و ۱۷٪ و وزن غده ها ۱۰ ، ۱۹و ۲۴٪ در جمعیت های بترتیب ۴، ۹و ۱۵ تخم و لارو در گرم خاک کاهش یافت. فاکتورهای رشدی مارفونا در جمعیت های کمتر از ۰/۰۵ تخم و لارو نماتد در گرم تغییر محسوسی نیافت.

طبق آمار نامه کشاورزی سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹، متوسط عملکرد سیب زمینی در استان همدان نزدیک به ۴۰ تن در هکتار می باشد. براساس یافته های بدست آمده در این تحقیق آلودگی های ۴ ، ۹ و ۱۵ تخم و لارو نماتد *G. rostochiensis* در گرم خاک در زمان کشت، ممکن است میزان عملکرد را ۴، ۸ و یا ۱۰ تن در هکتار کاهش دهد.

تقریبا در همه کشورهایی که نماتدهای PCN وجود دارند محصول سیب زمینی خسارت می بیند و نماتدها در وضعیت قرنطینه قرار دارند (سانتوس و همکاران[1]، ۱۹۹۵؛ ترنر و اوانس[2]، ۱۹۹۸). آمار متفاوتی از مناطق مختلف در مورد شدت خسارت نماتد گزارش شده است. در شرایط انگلستان جمعیت های بیشتر از ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک *G. rostochiensis* موجب کاهش محصول شده است (اوانس و استون[3]، ۱۹۷۷). در جمعیت های حدود ۴۰ تخم در گرم خاک، ماگزیمم کاهش محصول حدود ۲۲ تن در هکتار گزارش شده است (براون و سایکس[4]، ۱۹۸۳). در ایتالیا، محصول سیب زمینی در جمعیت های بیش از ۶۴ تخم و لارو درگرم خاک قابل برداشت نبود (گرکو و همکاران[5]، ۱۹۸۲).

تاثیر تراکم های قبل از کشت نماتد روی محصول در مورد سایر نماتدهای سیستی نیز به اثبات رسیده است. در شرایط ایران، جمعیت های ۵، ۱۴ و ۲۰ تخم و لارو

1- Santos *et al.*
2- Turner & Evans
3- Evans & Stone
4- Brown & Sykes
5- Greco *et al.*

Heterodera schachtii در گرم خاک در شرایط میکروپلات توانسته محصول چغندر را بترتیب ۲۰، ۵۰ و ۸۰٪ کاهش دهد (فاطمی و همکاران[1]، ۲۰۰۷). افزایش جمعیت نماتد سیست چغندرقند از ۹ به ۶۴ تخم در گرم خاک موجب کاهش بترتیب ۲۱ تا ۵۴٪ محصول کلم شده است (ابوی و مای[2]، ۱۹۸۰). با افزایش جمعیت اولیه نماتد سیست غلات *Heterodera filipjevi* و *H. latipons* پارامتر های رشدی گندم کاهش و جمعیت نهایی افزایش یافته است (حاجی حسنی و همکاران[3]، b و a ۲۰۱۰) .

نماتدها با بهم زدن تعادل توزیع مواد غذایی در گیاه، موجب کاهش رشد (فاطمی و اوانس[4]،a ۱۹۸۶) و نیز جذب کمتر عناصری چون فسفر، پتاسیم و منیزیم می شوند (فاطمی و اوانس، b ۱۹۸۶). حضور نماتد ، بدلیل اختلال در جذب عناصر غذایی، سیگنال های هورمونی و ارتباط گیاه – آب، کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش محصول را بدنبال خواهد داشت (فاطمی و همکاران[5]، ۱۹۸۵).

یکی از اهداف این تحقیق بررسی میزان تولید مثل نماتد در جمعیت های انتخاب شده بود. در حال حاضر حدود ۶۳٪ مزارع در استان همدان بطور متوسط زیر ۱۰ تخم و لارو در گرم خاک آلودگی دارند (گیتی، ۱۳۹۱). در آزمایش ما در جمعیت ۰/۰۵ و ۱۵ تخم و لارو در گرم خاک فاکتور تولید مثل نماتد بترتیب ۳۲ و ۲ شد که مطابق با یافته های دیگران است. در جمعیت ۰/۰۴ و ۰/۷۲ تخم و لارو در گرم خاک، فاکتور تولید مثل نماتد طلایی بترتیب ۱۷ و ۱۱ بوده است (لاموندا و برودی، ۱۹۸۶).

دانستن اینکه نماتد در تراکم های کم فعلی چقدر می تواند در یک فصل زراعی تولید مثل نماید برای پیش گویی سرعت روند آلودگی های آن مزارع بسیار ضروری است، نتایج ما نشان داد در صورت عدم مدیریت صحیح نماتد و تداوم کاشت ارقام حساسی چون مارفونا (احمری مقدم و فاطمی، ۱۳۹۱)، حتی آلودگی کم فعلی مزارع ممکن است در آینده ای نه چندان دور تبدیل به آلودگی های خسارت زا شوند.

ارزیابی میزان تولید مثل نماتد در سایر جمعیت های مختلف روی ارقام سیب زمینی، یافته های این پژوهش را تکمیل تر خواهد نمود.

1- Fatemy *el al.*
2- Abawi & Mai
3- Hajihasani
4- Fatemy & Evans
5- Fatemy *et al.*

منابع

۱. احمری مقدم، پ. و فاطمی، ص. ۱۳۹۱. بررسی واکنش نماتد طلایی سیب زمینی *Globodera rostochiensis* به گیاهان *Solanaceae*. اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، ۸ اسفند، دانشگاه ازاد اسلامی همدان. صص: ۱-۸.

۲. بی نام، ۱۳۹۲. همدان و بهار رکورد دار سطح زیر کشت سیب زمینی، قابل دسترسی در سایت http://nafee.ir/index.php/news/economic/995. (دسترسی در آذر ۹۲).

۳. بی نام، ۱۳۹۰. آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی ۱۳۸۸-۸۹ تهران. وزارت جهاد کشاورزی معاونت برنامه ریزی و اقتصادی دفتر آمار فناوری اطلاعات، ۱: ۶۶ ص.

۴. پیوست، غ. ۱۳۸۵. سبزیکاری، انتشارات دانش پذیر.

۵. گیتی، م. ۱۳۹۱. نمونه برداری، شناسایی و تعیین پراکنش نماتدهای سیستی سیب زمینی در مناطق سیب زمینی کاری کشور، گزارش سالیانه پروژه تحقیقاتی، بخش تحقیقات گیاهپزشکی مرکز تحقیقات همدان. ۷ ص.

۶. گیتی، م.، تنها معافی، ز.، ارجمندیان، ا. و پیشه ور، ش. ۱۳۹۰. وقوع نماتد سیست طلایی سیب زمینی (*Globodera rostochiensis*) و پراکنش آن در استان همدان، فن آوری زیستی در کشاورزی، ۱۰(۱): ۵۳-۶۱.

7. Abawi, G.S., and Mai, W.E. 1980. Effects of initial population densities of *Heterodera schachtii* on yield of cabbage and table beets in New York State. Phytopathology, 70: 481-485.

8. Behrens, E. 1975. [*Globodera Skarbilovich*, 1959 an independent genus in the subfamily Heteroderinae Skarbilovich, 1949. (Nematoda: Heteroderidae)]. Vortragstagung zu Aktuellen Problemen der Phytonematologie No. 1, pp. 12-26.

9. Brodie, B.B. 1984. Nematode parasites of potato. In Nickle, W.R. (ed), Plant and insect nematodes. Marcell Dekker, Inc, New York and Basel, 169–181.

10. Brown, E.B., and Sykes, G.B. 1983. Assessment of the damage caused to potatoes by potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Annals of Applied Biology, 103: 271-276.

11. Eguiguren, R., Oleas, A., and Silva, R. 1976. Relationship between population density of *Heterodera* sp. and potato yields. Nematropica, 6: 9-12.

12. Evans, K., and Brodie, B.B. 1980. The origin and distribution of the golden nematode and its potential in the USA. American Potato Journal, 57: 79-89.

13. Evans, K., and Stone, A.R. 1977. A review of the distribution and biology of the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. PANS, 23(2): 178-189.

14. Evans, K., and Trudgill, D.L. 1992. Pest aspects of potato production. Part 1. The nematode pest of potatoes. In Harris, P. (ed), The potato crop, 2nd ed. London, UK, Chapman&Hall. pp: 438-475.

15. FAO. 2005. Production yearbook. Home page on internet. Available on the: www.http//. FAO.

16. Fatemy, S., and Evans, K. 1986a. Growth, water uptake and Ca content of potato cultivars in relation to tolerance of cyst nematodes, Revue de Nematology, 9(2): 171-179.

17. Fatemy, S., and Evans, K. 1986b. Effects of *Globodera rostochiensis* & water stress on shoot & root growth & nutrient uptake of potatoes. Revue de Nematology, 9(2): 181-184.

18. Fatemy, S., Parvizi, R., and Greco, N. 2007. Response of sugar beet to population densities of *Heterodera schachtii* in microplots in Iran. Russian Journal of Nematology, 15(1): 9-14.

19. Fatemy, S., Trinder, P., Wingfield, J., and Evans, K. 1985. Effect of *Globodera rostochiensis*, water stress and exogenous abscisic acid on stomatal function and water use of Cara & Pentland Dell potato plants. Revue de Nematology, 8(3): 249-255.

20. Fenwick, D.W. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera shcachtii* from soil. Journal of Helminthology, 18: 155-172.

21. Ferris, H. 1978. Nematode economic thresholds: Derivation, requirements and theoretical considerations. Journal of Nematology, 10: 341-350.

22. Greco, N., Di Vito, M., Brandonisio, A., Giordano, I., and De Marinis, G. 1982. The effect of *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* on potato yield. Nematologica, 28: 379-386.

23. Hajihasani, A., Tanha maafi, Z., Nicol, J.M., and Rezaee, S. 2010a. Effect of the cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi*, on wheat in microplot trials. Journal of Nematology, 12(3): 357-363.

24. Hajihasani, A., Tanha maafi, Z., Nicol, J.M., and Seraji, A. 2010b. Relationships between population densities of the cereal cyst nematode, *Heterodera latipons* and yield losses of winter wheat in microplots. Australasian Plant Pathology, 39: 530–535.

25. Huijsman, C.A., Klinkenberg, C.H., and Den Ouden, H. 1969. Tolerance to *Heterodera rostochiensis* Woll. among potato varieties and its relation to certain characteristics of root anatomy. European Potato Journal, 12: 134-147.

26. LaMondia, J.A., and Brodie, B.B. 1986. Effects of initial nematode density on population dynamics of *Globodera rostochiensis* on resistant and susceptible potatoes. Journal of Nematology, 18:159-165.

27. Santos, M.S.N.A., Evans, K., Abreu, A.C., Martins, F.F., and Abrantes, I.M.O. 1995. A review of potato cyst nematodes in Portugal. Nematologia Mediterranea, 23: 35–42.

28. Seinhorst, J.W. 1982. The relationship in field experiments between population density of *Globodera rostochiensis* before planting potatoes and yield of potato tubers. Nematologica, 28: 277.

29. Southey, J.F. 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. London H.M.S.O., 202 p.

30. Stone, A.R. 1979. Coevolotion of nematode and plants. Symbolae Botanicae Upsaliensis, 22: 46-61.

31. Turner, S.J. 1996. Population decline in potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) in field soils in Northern Ireland. Annals of Applied Biology, 129: 315-322.

32. Turner, S.J., and Evans, K. 1998. The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* (Woll.) and *Globodera pallida* (Stone). In: Potato Cyst Nematodes. Biology, Distribution and Control. (Marks R.J., and Brodie, B.B.). CAB International, Oxford UK, 424 p.

33. Wollenweber, H.W. 1923. Krankheiten und Bescbadugungen der Kartofel. Arbeiten des Forschungsinstitutes fur Kartoffenau, Heft 7, Paul Parey, Berline, 56pp.