Menoufia Journal of Plant Protection

https:// mjpam.journals.ekb.eg/

Title of Thesis	**:**	Studies on the Effect of Pesticides and Biofertilizers on Root-Knot Nematodes
Name of Applicant	**:**	Dalia Mohamed Youssef Abo Elela
Scientific Degree	**:**	M.Sc.
Department	**:**	Economic Entomology and Agricultural Zoology
Field of study	**:**	Agric. Zoology
Date of Conferment	**:**	Dec. 11, 2024

Supervision Committee:

- Dr. M. E. M. Sweelam : Prof. of Agric. Zoology, Fac. of Agric., Menoufia Univ.
- Dr. Safaa M. Abu Taka : Prof. of Agric. Zoology, Fac. of Agric., Menoufia Univ.
- Dr. M. S. Abu Korah : Prof. of Agric. Zoology, Fac. of Agric., Menoufia Univ.

SUMMARY

The study highlights the nutritional value of sweet pepper, which is high in antioxidants, vitamins, and other health-promoting properties. It also contains capsaicin, which boosts metabolism, helps burn calories, and contributes to weight loss. It also contains vitamin C, which helps to strengthen the immune system and improves its ability to function properly in the body. Sweet peppers are high in vitamin C, so eating them regularly helps to strengthen the immune system. Many insects and animal pests attack peppers. Nematodes are one of the most important pests, causing significant losses if not controlled. Several genera of parasitic nematodes associated with pepper plants in Egypt have been documented, including the root-knot nematode, canker nematode, ring nematode, dagger nematode, and spiral nematode.

Meloidogyne spp., Pratylenchus spp., Criconemella spp., Xiphinema spp., Helicotylenchus spp.

But the most dangerous are the species belonging to the root-knot nematode genus Meloidogyne spp., which cause severe damage to the productivity of pepper crops in terms of quantity and quality. All previous research studies recorded a negative correlation between the population density of root-knot nematodes and the productivity of pepper crops in Egypt. Controlling plant-parasitic nematodes is considered very difficult when compared to controlling other pests, due to the nature of the nematode's life and behavior in the soil, and its attack on roots. Nematode management strategies typically depend on chemical interventions utilizing conventional nematicides from the carbamate and organophosphorus categories, administered through standard soil treatment methods or via smoking techniques. The primary reliance on chemical control of nematodes using traditional pesticides has led to the emergence of resistance to pesticides, and pollution of the environment, especially groundwater, with pesticides, in addition to the negative side effects of these pesticides on human health and non-target organisms. Therefore, many recent research studies have turned to searching for alternatives to traditional nematicides that are safe for use in ecosystems, human health, and non-target organisms. The most important of these alternatives is the use of biological pesticides (bio-pesticides), naturally occurring from bacterial, fungal, or plant origin, which have been recorded successfully in controlling many types of plant-parasitic nematodes. Among the safe and effective alternatives in controlling the population density of nematodes are fertilizers and organic acids, which are characterized by a non-toxic physical mechanism of action to reduce the ability of nematodes to penetrate the roots of plants treated with them. Therefore, scientists have turned to controlling nematodes by using safe materials such as natural plant products and using some types of safe pesticides.

Aims of study:

1- Evaluating the effectiveness of some biofertilizers in reducing the population density of root-knot nematode, Meloidogyne incognita compared to chemical pesticides, as well as their effect on the vegetative and root characteristics of sweet pepper plants.
2- Assessing the efficacy of various commercial biopesticide formulations (derived from bacterial, fungal, or plant sources) as effective nematicides, particularly against the prevalent root-knot nematode genus, and comparing their impact on Meloidogyne incognita with that of chemical pesticides.
3- Developing a program to combat root-knot nematodes Meloidogyne incognita that infects pepper plants by creating combinations between biofertilizers and biopesticides.

This study was conducted at the Biological Laboratory and research station attached to the Faculty of Agriculture, Menoufia University - Shebin El-Kom, Menoufia Governorate.

Results of the study:

First experiment:

Evaluation of the effectiveness of some biofertilizers against root-knot nematode that infect pepper plants compared to the chemical pesticide Oxamyl:

An experiment was conducted in pots under field conditions in the farm of the Faculty of Agriculture, Menoufia University to evaluate the effectiveness of six treatments against root-knot nematodes Meloidogyne incognita that infect pepper, which are:

1- Potassium silicate
2- Salicylic acid (SA)
3- Biofertilizer (I-PHOS)
4- Humic acid
5- NPK fertilizer
6- Fulvic acid

Compared to the chemical nematode Vydate Oxamyl 24 L and to study the effect of these treatments on the vegetative and root characteristics of the pepper plants.

The results showed significant differences between all treatments, as the oxamyl pesticide outperformed the rest of the treatments and gave the highest mortality rate in root-knot nematode larvae Meloidogyne incognita, reaching (85.2%) compared to the rest of the treatments, followed by the treatment with humic acid, which gave a mortality rate in second-instar larvae of root-knot nematodes reaching (69.6%) and led to a reduction in the percentage of complete females by (53.4%) and reduced egg masses by (52.1%), as well as a reduction in root nodules by (50.0%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as the treatment with humic acid led to an increase in plant length by (30.0%), the weight of the vegetative mass by (42.6%), and an increase in root weight by (60.0%) compared to the control. Potassium silicate treatment gave a mortality rate in the second instar larvae of root-knot nematodes reaching (67.5%) and led to a reduction in the percentage of complete females by (50.6%) and reduced egg masses by (47.4%) and led to a reduction in root nodules by (50.0%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as potassium silicate treatment led to an increase in plant length by (28.5%) and an increase in the weight of the vegetative group by (38.3%) and an increase in the weight of the roots by (56.0%) compared to the control. While the treatment with NPK fertilizer recorded the lowest mortality rate reaching (60.7%) and led to a reduction in the percentage of complete females by (27.5%) and reduced egg masses by (24.9%) and led to a reduction in root nodules by (16.7%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as treatment with NPK fertilizer led to an increase in plant length by (9.2%) and an increase in the weight of the vegetative group by (16.6%), as well as an increase in the weight of the roots by (18.0%) compared to the control.

Second experiment:

Evaluation of the effectiveness of some biopesticides against root-knot nematodes that infect pepper compared to chemical pesticides:

This experiment was conducted to evaluate the effectiveness of three bio-nematicides, which are as follows:

1- A plant-based pesticide Nemastop
2- A bacterial pesticide Nemaless
3- A fungal pesticide Bio-zeid

Compared to the chemical nematode Vydate Oxamyl 24 L and to study the effect of these treatments on the vegetative and root characteristics of pepper plants.

The results showed significant differences between all treatments, as the nematicide Vydate outperformed the rest of the treatments and gave the highest mortality rate in root-knot nematode larvae Meloidogyne incognita, reaching (85.5%) compared to the rest of the treatments. This was followed by the treatment with the fungal bio-pesticide Bio-zeid, which gave a mortality rate in the second-instar larvae of root-knot nematodes reaching (71.3%) and led to a reduction in the percentage of complete females by (71.3%) and reduced egg masses by (69.7%), as well as a reduction in root nodules by (50.0%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as treatment with the fungicide Bio-zeid led to an increase in plant length by (44.0%) and an increase in the weight of the vegetative mass by (42.3%), as well as an increase in the weight of the roots by (69.8%) compared to the control. Followed by treatment with the bacterial pesticide Nemaless, which gave a mortality rate in the second instar larvae of root-knot nematodes reaching (78.1%) and led to a reduction in the percentage of complete females by (59.1%) and reduced egg masses by (62.7%) and led to a reduction in root nodules by (33.3%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as treatment with the bacterial pesticide Nemaless led to an increase in plant length by (36.2%) and an increase in the weight of the vegetative group by (35.8%) and an increase in the weight of the roots by (50.9%) compared to the control. Treatment with the plant-based pesticide Nemastop recorded the lowest mortality rate reaching (73.4%) leading to a reduction in the percentage of complete females by (45.0%) reduced egg masses by (55.1%) and led to a reduction in root nodules by (33.3%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as treatment with the plant-based pesticide Nemastop increased plant length by (35.4%), increased the weight of the vegetative group by (34.6%), and increased the weight of the roots by (37.7%) compared to the control.

Third experiment:

Evaluation of mixtures between pesticides and biofertilizers and studying their efficiency in reducing the number of root-knot nematodes and improving the vegetative and root characteristics of pepper:

In this experiment, mixtures were made between the best biofertilizer treatments in the results, which are (humic acid and potassium silicate) and between biopesticides, as well as between biopesticides and each other, and the results were compared with the traditional chemical pesticide Vydate. Nine treatments were applied as follows:

1- Potassium silicate + Nemastop
2- Potassium silicate + Nemaless
3- Potassium silicate + Bio-zeid
4- Humic acid + Nemastop
5- Humic acid + Nemaless
6- Humic acid + Bio-zeid
7- Nemastop + Nemaless

8- Nemastop + Bio-zeid
9- Nemaless + Bio-zeid

The combined treatment (Humic acid + Bio-zeid) gave the best results as it led to the highest mortality rate in the second instar larvae of the root-knot nematode Meloidogyne incognita that infects pepper plants, reaching (87.2%), surpassing the chemical pesticide Vydate, which gave a mortality rate of (84.8%). This dual treatment led to a reduction in the number of complete females by (83.7%), as well as a reduction in egg masses by (73.7%) and a reduction in root nodules by (66.7%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as the dual treatment (Humic acid + Bio-zeid) led to an increase in plant length by (60.0%), an increase in the weight of the vegetative mass by (67.0%), and an increase in the weight of the roots by (88.3%) compared to the control. Subsequently, the dual treatment (Nemaless + Bio-zeid) resulted in a mortality rate of 86.3% in the second-age larvae of the root-knot nematode Meloidogyne incognita that infects pepper plants, surpassing the chemical pesticide's mortality rate of 84.8%. This dual treatment led to a reduction in the number of complete females by (77.8%), as well as a reduction in egg masses by (68.4%) and a reduction in root nodules by (66.7%) compared to the control. This was reflected in the vegetative and root characteristics of pepper plants, as the dual treatment (Humic acid + Bio-zeid) led to an increase in the plant length by (52.0%) and an increase in the weight of the vegetative group by (46.7%), as well as an increase in the weight of the roots by (60.0%) compared to the control. The dual treatment (Nemastop + Bio-zeid) also gave a mortality rate of second-instar larvae reaching (85.5%), surpassing the chemical pesticide as well, and it also led to improving the vegetative and root characteristics of pepper plants.

Fourth experiment:

Analysis of polyphenol oxidase and peroxidase enzymes of the roots of treated plants revealed that , the binary treatment (Humic acid + Bio-zeid) led to an increase in the activity of the peroxidase enzyme as (11.2%) and an increase in the activity of the polyphenol oxidase enzyme by (10.3%) compared to the chemical pesticide Oxamyl, which reduced the activity of the peroxidase enzyme by (4.5%) and reduced the activity of the polyphenol oxidase enzyme by (4.1%), indicating that treating with fertilizers and biopesticides lead to an increase in the resistance of the plant to the parasitic nematodes, while the chemical pesticide reduces the immunity of the plants.

Therefore, this study recommends using any of the binary treatments used in the third experiment, especially the binary treatment (Humic acid + Bio-zeid) because it is considered one of the safe treatments for human, animal and plant health, and it is also effective and cheaper than traditional chemical pesticides that are harmful to the environment and public health, as well as expensive.

عنوان الرسالة: دراسات علي تأثير المبيدات والأسمدة البيولوجية علي نيماتودا تعقد الجذور
اسم الباحث : داليا محمد يوسف أبوالعلا
الدرجة العلمية: دكتور الفلسفة فى العلوم الزراعية
القسم العلمى : مبيدات الآفات
تاريخ موافقة مجلس الكلية : ٢٠٢٤/١٢/١١
لجنة الإشراف: أ.د محمد الأمين محمد سويلم أستاذ الحيوان الزراعى ، كلية الزراعة، جامعة المنوفية
أ.د صفاء مصطفى أبوطاقـــة أستاذ الحيوان الزراعى ، كلية الزراعة، جامعة المنوفية
أ.د محمد سعيد أبوقـــــورة أستاذ الحيوان الزراعى، كلية الزراعة، جامعة المنوفية

الملخص العربي

أهمية الدراسة :

يعتبر الفلفل الحلو من أهم محاصيل الخضر في الزراعة نظرا لقيمتها الغذائيه حيث أنة غني بمضادات الأكسدة والفيتامينات وغني بالعديد من الخصائص المفيدة للصحة، كما يحتوى على مادة الكابسيسين التي تعزز عملية التمثيل الغذائي وتساعد في حرق السعرات الحرارية وتسهم في فقدان الوزن وبة فيتامين ج الذي يعمل على تقوية جهاز المناعة وتعزيز قدرته على أداء وظائفه في الجسم بكفاءة، ونظرًا لغنى الفلفل الحلو بفيتامين ج، فإن تناوله بانتظام يساعد على تقوية جهاز المناعة.

ويهاجم الفلفل العديد من الآفات الحشرية والحيوانية وتعد النيماتودا من أهم الافات التي تسبب خسائر كبيره بها إذا لم يتم مكافحتها وقد تم تسجيل عددا من أجناس النيماتودا المتطفله والمصاحبه لنباتات الفلفل فى مصر ، وأكثرها شيوعا أجناس نيماتودا تعقد الجذور و نيماتودا التقرح و نيماتودا الحلقية و نيماتودا الخنجرية والنيماتودا الحلزونية:

Meloidogyne spp., *Pratylenchus* spp.. *Criconemella spp., Xiphinema spp., Helicotylenchus* spp.

ولكن اشدها خطورة هي الأنواع التي تتبع جنس نيماتودا تعقد الجذور.*Meloidogyne* spp التي ينجم عن الاصابة بها أضرارا بالغة في إنتاجية محصول الفلفل كماً ونوعاً. حيث سجلت جميع الدراسات البحثية السابقة الارتباط السلبي بين الكثافة العددية لنيماتودا تعقد الجذور، وإنتاجية محصول الفلفل في مصر.

وتعتبر عمليات مكافحة النيماتودا المتطفلة علي النباتات من الصعوبة بمكان إذا ماقورنت بمكافحة الآفات الآخري، ذلك نظراً لطبيعة معيشة وسلوك النيماتودا في التربة، ومهاجمتها للجذور. وعادة ماتعتمد برامج مكافحة النيماتودا علي المكافحة الكيميائية باستخدام المبيدات النيماتودية التقليدية، والتي تتبع مجموعتي الكارباميت ، والفوسفورية العضوية، بمعاملة التربة بالطرق التقليدية، أو بالتدخين. وقد أدي الاعتماد بصفة أساسية علي المكافحة الكيمائية للنيماتودا بالمبيدات التقليدية إلي ظهور صفة المقاومة للمبيدات، وتلوث البيئة وخصوصا المياة الجوفية بالمبيدات، علاوة علي التأثيرات الجانبية السيئة لهذه المبيدات علي صحة الانسان، والكائنات الحية غير المستهدفة.

ولذلك، اتجهت العديد من الدراسات البحثية الحديثة للبحث عن بدائل للمبيدات النيماتودية التقليدية تكون آمنة الاستخدام علي النظم البيئية، وعلي صحة الانسان ، وعلي الكائنات الحية غير المستهدفه. ومن أهم هذه البدائل استخدام المبيدات البيولوجية (الحيوية) ، الطبيعية المنشأ من أصل بكتيري، أو فطري، أو نباتي، والتي سجلت نجاحا في مكافحة أنواع كثيره من النيماتودا المتطفله علي النباتات. ومن البدائل الآمنة والفعالة في السيطرة علي الكثافة العددية للنيماتودا، كذلك الأسمدة والأحماض العضوية، والتي تتميز بميكانيكية فعل فيزيائية غير سامة لتقليل مقدرة النيماتودا علي اختراق جذور النباتات المعاملة بها.

لذلك اتجه العلماء الي مكافحة النيماتودا باستخدام بعض المواد الآمنة مثل استخدام منتجات نباتية طبيعية واستخدام بعض انواع المبيدات الآمنة.

الهدف من الدراسة :

١ ـ تقييم فعالية بعض الأسمدة الحيوية في خفض الكثافة العددية لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* مقارنة بالمبيد الكيميائي وكذلك تأثيرها على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل الحلو.

٢ ـ تقييم فعالية بعض المستحضرات التجارية لمبيدات حيوية (من أصل بكتيري ، أو فطري ، أو نباتي) كمبيدات نيماتودية ناجحة خاصة ضد جنس نيماتودا تعقد الجذور الأكثر تواجدا في التربة ومقارنة تأثيرهم على نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بتأثير المبيد الكيميائي.

٣ ـ عمل برنامج لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* التي تصيب نباتات الفلفل وذلك بعمل خلط بين الأسمدة الحيوية والمبيدات الحيوية.

وتمت هذه الدراسة بمحطة البحوث الملحقة بكلية الزراعة جامعة المنوفية ـ شبين الكوم محافظة المنوفية ، ومعمل أبحاث النيماتودا بقسم الحشرات الاقتصادية والحيوان الزراعي ، كلية الزراعة ، جامعة المنوفية.

نتائج الدراسة :

التجربة الأولى:

تقييم فعالية بعض الأسمدة الحيوية ضد نيماتودا تعقد الجذور التي تصيب الفلفل مقارنة بالمبيد الكيميائي اوكساميل :

تم إجراء تجربة في أصص تحت ظروف الحقل في مزرعة كلية الزراعة جامعة المنوفية لتقييم فعالية ست معاملات ضد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* التي تصيب الفلفل وهم:

١- سليكات البوتاسيوم Potassium silicate

٢- السلسليك أسيد Salicylic acid (SA)

٣- السماد الحيوي (أي فوس) Bio fertilizer I-PHOS

٤- الهيوميك أسيد Humic acid

٥- سماد الـ NPK

٦- الفولفيك أسيد Fulvic acid

وذلك مقارنة بالمبيد النيماتودي الكيميائي فايديت Oxamyl 24 L Vydate ودراسة تأثير تلك المعاملات على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل.

وأظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات حيث تفوق مبيد الاوكساميل على باقي المعاملات وأعطى أعلى نسبة موت في يرقات نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* وصلت إلى (٨٥,٢ ٪) مقارنة بباقي المعاملات ، يليه المعاملة بالهيوميك أسيد حيث أعطت نسبة موت في يرقات العمر الثاني لنيماتودا تعقد الجذور وصلت إلى (٦٩,٦٪) وأدت إلى خفض نسبة الإناث الكاملة بنسبة (٥٣,٤ ٪) وقللت كتل البيض بنسبة (٥٢,١ ٪) كما أدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (٥٠,٠ ٪) وذلك مقارنة بالكنترول.

وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث أدت المعاملة بالهيوميك أسيد إلى زيادة طول النبات بنسبة (٣٠,٠ ٪) وزن المجموع الخضري بنسبة (٤٢,٦ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (٦٠,٠ ٪) مقارنة بالكنترول.

أما المعاملة بسليكات البوتاسيوم فقد أعطت نسبة موت في يرقات العمر الثاني لنيماتودا تعقد الجذور وصلت إلى (٦٧,٥٪) وأدت إلى خفض نسبة الإناث الكاملة بنسبة (٥٠,٦ ٪) وقللت كتل البيض بنسبة (٤٧,٤ ٪) كما أدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (٥٠,٠ ٪) وذلك مقارنة بالكنترول. وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث

أدت المعاملة بسليكات البوتاسيوم إلى زيادة طول النبات بنسبة (٢٨,٥ ٪) وزيادة وزن المجموع الخضري بنسبة (٣٨,٣ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (٥٦,٠ ٪) مقارنة بالكنترول.

بينما سجلت المعاملة بسماد الNPK أقل نسبة موت وصلت إلى (٦٠,٧ ٪) وأدت إلى خفض نسبة الإناث الكاملة بنسبة (٢٧,٥٪) وقللت كتل البيض بنسبة (٢٤,٩ ٪) كما أدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (١٦,٧ ٪) وذلك مقارنة بالكنترول. وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث أدت المعاملة بسماد الNPK إلى زيادة طول النبات بنسبة (٩,٢٪) وزيادة وزن المجموع الخضري بنسبة (١٦,٦ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (١٨,٠ ٪) مقارنة بالكنترول.

التجربة الثانية:

تقييم فعالية بعض المبيدات الحيوية ضد نيماتودا تعقد الجذور التي تصيب الفلفل مقارنة بالمبيد الكيميائي:

حيث تم إجراء هذة التجربة لتقييم فعالية ثلاث مبيدات نيماتودية حيوية وهم كالأتي:

١- مبيد من أصل نباتي Nemastop
٢- مبيد من أصل بكتيري Nemaless
٣- مبيد من أصل فطري Bio-zeid

وذلك مقارنة بالمبيد النيماتودي الكيميائي فايديت Vydate Oxamyl 24 L ودراسة تأثير تلك المعاملات على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل.

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات حيث تفوق مبيد الفايديت على باقي المعاملات وأعطى أعلى نسبة موت في يرقات نيماتودا تعقد الجذور*Meloidogyne incognita* وصلت إلى (٨٥,٥ ٪) مقارنة بباقي المعاملات. يلية المعاملة بالمبيد الحيوي من أصل فطري Bio-zeid حيث أعطى نسبة موت في يرقات العمر الثاني لنيماتودا تعقد الجذور وصلت إلى (٧١,٣ ٪) وأدت إلى خفض نسبة الإناث الكاملة بنسبة (٧١,٣ ٪) وقللت كتل البيض بنسبة (٦٩,٧ ٪) كما أدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (٥٠,٠ ٪) وذلك مقارنة بالكنترول. وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث أدت المعاملة بالمبيد الفطري بايوزيد إلى زيادة طول النبات بنسبة (٤٤,٠ ٪) وزيادة وزن المجموع الخضري بنسبة (٤٢,٣ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (٦٩,٨ ٪) مقارنة بالكنترول.

يليها المعاملة بالمبيد من أصل بكتيري Nemaless فقد أعطى نسبة موت في يرقات العمر الثاني لنيماتودا تعقد الجذور وصلت إلى (٧٨,١ ٪) وأدت إلى خفض نسبة الإناث الكاملة بنسبة (٥٩,١ ٪) وقللت كتل البيض بنسبة (٦٢,٧ ٪) كما أدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (٣٣,٣ ٪) وذلك مقارنة بالكنترول. وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث أدت المعاملة بالنبيد البكتيري نيماليس إلى زيادة طول النبات بنسبة (٣٦,٢ ٪) وزيادة وزن المجموع الخضري بنسبة (٣٥,٨ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (٥٠,٩ ٪) مقارنة بالكنترول.

بينما سجلت المعاملة بالمبيد من أصل نباتي Nemastop أقل نسبة موت وصلت إلى (٧٣,٤ ٪) وأدت إلى خفض نسبة الإناث الكاملة بنسبة (٤٥,٠ ٪) وقللت كتل البيض بنسبة (٥٥,١ ٪) كما أدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (٣٣,٣ ٪) وذلك مقارنة بالكنترول. وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث أدت المعاملة بالمبيد من أصل نباتي نيماستوب إلى زيادة طول النبات بنسبة (٣٥,٤ ٪) وزيادة وزن المجموع الخضري بنسبة (٣٤,٦ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (٣٧,٧ ٪) مقارنة بالكنترول.

التجربة الثالثة:

تقييم مخاليط بين المبيدات والأسمدة الحيوية ودراسة كفائتها في خفض أعداد نيماتودا تعقد الجذور وتحسين الصفات الخضرية والجذرية للفلفل:

في هذه التجربة تم عمل مخاليط بين أفضل معاملات الأسمدة الحيوية في النتائج وهي (الهيوميك أسيد وسليكات البوتاسيوم) وبين المبيدات الحيوية ، كذلك بين المبيدات الحيوية وبعضها ومقارنة النتائج بالمبيد الكيميائي التقليدي الفايديت.

وتم تطبيق تسع معاملات كالآتي:

١- Potassium silicate + Nemastop
٢- Potassium silicate + Nemaless
٣- Potassium silicate + Bio-zeid
٤- Humic acid + Nemastop
٥- Humic acid + Nemaless
٦- Humic acid + Bio-zeid
٧- Nemastop + Nemaless
٨- Nemastop + Bio-zeid
٩- Nemaless + Bio-zeid

أعطت المعاملة الثنائية (Humic acid + Bio-zeid) أفضل النتائج حيث أدت إلى إحداث أعلى نسبة موت في يرقات العمر الثاني لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* التي تصيب نباتات الفلفل وصلت إلى (٨٧,٢ ٪) متخطية بذلك المبيد الكيميائي فايديت الذي أعطى نسبة موت (٨٤,٨ ٪) وأدت هذة المعاملة الثنائية إلى تقليل الإناث الكاملة بنسبة (٨٣,٧٪) كما قللت كتل البيض بنسبة (٧٣,٧ ٪) وأدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (٦٦,٧٪) وذلك مقارنة بالكنترول. وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث أدت المعاملة الثنائية (Humic acid + Bio-zeid) إلى زيادة طول النبات بنسبة (٦٠,٠ ٪) وزيادة وزن المجموع الخضري بنسبة (٦٧,٠ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (٨٨,٣٪) مقارنة بالكنترول.

يليها المعاملة الثنائية (Nemaless + Bio-zeid) حيث أدت إلى إحداث نسبة موت في يرقات العمر الثاني لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* التي تصيب نباتات الفلفل وصلت إلى (٨٦,٣ ٪) متخطية بذلك المبيد الكيميائي الذي أعطى نسبة موت (٨٤,٨ ٪) وأدت هذة المعاملة الثنائية إلى تقليل الإناث الكاملة بنسبة (٧٧,٨٪) كما قللت كتل البيض بنسبة (٦٨,٤ ٪) وأدت إلى خفض العقد الجذرية بنسبة (٦٦,٧ ٪) وذلك مقارنة بالكنترول. وانعكس ذلك على الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل حيث أدت المعاملة الثنائية (Humic acid + Bio-zeid) إلى زيادة طول النبات بنسبة (٥٢,٠٪) وزيادة وزن المجموع الخضري بنسبة (٤٦,٧ ٪) كذلك زيادة وزن الجذور بنسبة (٦٠,٠ ٪) مقارنة بالكنترول.

كذلك أعطت المعاملة الثنائية (Nemastop + Bio-zeid) نسبة موت ليرقات العمر الثاني وصلت إلى (٨٥,٥ ٪) متخطية المبيد الكيميائي أيضاً كما أدت إلى تحسين الصفات الخضرية والجذرية لنباتات الفلفل.

التجربة الرابعة:

تحليل أنزيمات البولي فينول أوكسديز والبيروكسيديز لجذور النباتات المعاملة:

أدت المعاملة الثنائية (Humic acid + Bio-zeid) إلى زيادة نسبة نشاط إنزيم البيروكسيديز إلى (١١,٢ ٪) وزيادة نشاط إنزيم البولي فينول أكسيديز بنسبة (١٠,٣ ٪) مقارنة بالمبيد الكيميائي الفايديت الذي قلل نشاط إنزيم البيروكسيديز إلى (٤,٥٪) وقلل نشاط إنزيم البولي فينول أكسيديز بنسبة (٤,١ ٪) مما يدل على أن المعاملة بالأسمدة والمبيدات الحيوية تؤدي إلى زيادة مقاومة النبات للنيماتودا المتطفلة عليها بينما يقلل المبيد الكيميائي من مناعة النباتات.

ولذلك توصي هذه الدراسة باستخدام أيا من المعاملات الثنائية المستخدمة في التجربة الثالثة خاصة المعاملة الثنائية (Humic acid + Bio-zeid) لأنها تعتبر من المعاملات الآمنة على صحة الانسان والحيوان والنبات ، كما أنها فعالة وأرخص ثمنا من المبيدات الكيميائية التقليدية المضرة بالبيئة والصحة العامة والمرتفعة الثمن.