



## 유기농 오이재배에서 고구마뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)에 대한 님과 카란자 종자박 펠릿의 단독 및 혼합처리효과

김민정<sup>1</sup> · 심창기<sup>1\*</sup> · 이재형<sup>1</sup> · 상미경<sup>2</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 <sup>1</sup>유기농업과, <sup>2</sup>농업미생물과

### Single and Combined Treatments Efficacy by Neem and Karanja Seed Cake Pellet against Root Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*, in Organic Cucumber Farming

Min-Jeong Kim<sup>1</sup>, Chang-Ki Shim<sup>1\*</sup>, Jae-Hyeong Lee<sup>1</sup>, MeeKyung Sang<sup>2</sup><sup>1</sup>Organic Agricultural Division<sup>2</sup>Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea,

(Received on November 4, 2022. Revised on December 5, 2022. Accepted on December 13, 2022)

**Abstract** Root-knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) cause serious economic damage in major organic cucurbits cultivation areas. This study was conducted to estimate the effect of neem (N) and karanja (K) seed cake (SC) pellets by alone and combined treatments for the suppression of root-knot nematode in organic cucumber cultivations. The contents of azadirachtin and karanjin were  $1.02 \pm 0.01 \sim 1.924 \pm 0.02$  g/100 g and  $0.9 \pm 0.01 \sim 0.93 \pm 0.02$  g/100 g in of NSC and KSC, respectively. After 30 days of treated with 1, 3, 5% (w/v) NSC and KSC pellet by alone and combined treatments in the soil where root-knot nematodes occurred, root nodules of plant were significantly reduced or not formed. The average root nodule formation index was revealed the relationship with the level of concentrations, such as 5% > 3% > 1% of NSC and KSC pellet alone and combined treatments in the greenhouse. After 30 days, the root nodules were only formed in the control, but were not formed in the three treatments for 120 days. After 60 days of the control, the average density of root-knot nematodes was over 90.3/10 g of soil, but in the three treatments, the average population density was less than 1.3/10 g of soil. Also, the quantity factors (such as fruit length, fruit width, and fruit fresh weight) were significantly superior to that of the control at 120 days after treatment. It is suggested that the 1~5% of three nematicidal plant pellets can suppress the root-knot nematodes and increasing the yield of cucumber.

**Key words** karanja, neem, seed cake pellet, *Meloidogyne incognita*, root-knot nematodes

## 서 론

2021년도 농림통계자료에 의하면 국내에서 재배되고 있는 채소류의 재배면적 260,507 ha 중 과채류의 재배면적은 54,012 ha이고, 그 중 약 80%인 43,664 ha가 시설재배 되고 있다. 이러한 과채류작물 중에서 오이(*Cucurbit melo* L.)는 대부분의 소규모 농가에게 중요한 작물이다. 유기농업에서

유기농 오이 생산의 중요한 현장어로 중의 하나로 재배 작기마다 뿌리혹선충류(*Meloidogyne* sp.)의 침입으로 인해 집약적인 오이 생산농가에서 수확량이 감소하고 토지를 포기하는 경우도 있다(Choo et al., 1990; Cho et al., 2000; Kim and Lee, 2008).

식물기생성 선충은 전 세계적으로 농작물에 기생하여 평균 약 12%의 수량을 감소시키며 매년 피해규모는 780억 달러에 달하고 있다(McCarter, 2009). 그 중에서 뿌리혹선충류(*Meloidogyne* sp.)은 국내에 재배되고 있는 과채류, 엽채류 및 화훼류 등 원예작물 전반에 걸쳐 연작장해의 중요한 요

\*Corresponding author  
E-mail: ckshim@korea.kr

인으로 알려져 있다(Trudgill and Blok 2001; Abad et al., 2003).

국내에서 시설원에 재배지에 서식하고 있는 뿌리혹선충류 중에서 땅콩뿌리혹선충(*M. arenaria*), 당근뿌리혹선충(*M. hapla*), 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*), 자바니카뿌리혹선충(*M. javanica*) 등 4종이 농업 현장에서 심각한 경제적 피해를 유발한다(Choi and Choi, 1982; Park et al., 1995; Cho et al., 2000; Kim et al., 2001; Kim et al., 2014).

뿌리혹선충류는 우리나라 주요 시설원예작물인 오이, 수박, 참외 등에 많은 피해를 주며, 전형적인 피해증상으로 오이를 포함한 과채류의 경우 감염시 외부로는 뚜렷한 증상이 나타나지 않으나 생육 중기부터 갑자기 시들기 시작하여 뿌리에 구형 또는 타원형의 혹을 형성하고, 이차적으로 토양에 서식하는 각종 식물병원균의 침입에 의해 뿌리가 부패하면서 고사한다(Choo et al., 1990; Park et al., 1995; Yeon et al., 1996).

현재 시설재배지에서 뿌리혹선충류를 방제하기 위하여 저항성 품종(Baek, 2004; Kim et al., 2010), 작부체계(Bridge, 1996; Kim and Choi, 2001), 태양열소독(Chon et al., 1996), 화학적 방제(Cho et al., 2000; Kim et al., 2015), 생물학적 방제(Liang et al., 2010; Park et al., 2012; Radwan et al., 2012; Lee et al., 2013; Ha et al., 2014), 토양 개량제(Park et al., 1995), 식물체(Kim et al., 2016), 식물추출물(Kim et al., 1998; Elbadri, et al., 2008; Chanh, 2010; Kim et al., 2011; Lee et al., 2013; Bawa et al., 2014; Kim et al., 2014; Mwamula et al., 2022) 등의 방제기술들이 개발되고 있다.

국내에서는 뿌리혹선충류의 화학적 방제용으로 카투사포스, 다조메, 아바멕틴, 에토프로포스 입제 등 33종의 약제가 수박, 참외, 오이, 호박 등 39종의 원예작물에 등록되어 있다(KCPA, 2022). 최근 합성 살선충제의 지속적인 사용에 따른 화학 살선충제의 환경적 영향, 건강 위험 및 대표적 유기체에 대한 역효과에 대한 대중의 인식이 높아지면서 환경 친화적인 방제방법의 제시가 더욱 중요해지고 있다(Park et al., 1995; Pandey et al., 2000; Hong et al., 2010; Lee et al., 2013). 특히 최근에 일부 뿌리혹선충류는 화학적 살선충제에 대한 약제저항성이 보고되고 있다(Ramalakshmi et al., 2020).

생물적 방제방법으로 다양한 세균 중에서 *Bacillus* (Jang et al., 2021), *Paenibacillus* (Kiewnick and Sikora, 2006), *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Clostridium*, *Serratia* 속에 속하는 세균이 식물 기생성 선충을 억제하는 효과가 있다고 보고되었다(Siddiqui and Mahmood, 1999).

친환경적으로 뿌리혹선충류를 방제하기 위한 한 가지 가능한 대안으로 식물에서 추출한 에센셜 오일 또는 식물 유래 추출물을 기반으로 하는 천연 살충제를 사용하는 것이다

(Chitwood, 2002; Nguyen et al., 2013; Kim et al., 2014). 최근 고슴도치풀(*Triumfetta grandidens*), 모링가(*Moringa oleifera*), 강황(*Fumaria parviflora*), 후추(*Piper nigrum*), 레몬그라스(*Cymbopogon flexuosus*), 회향(*Foeniculum vulgare*), 폴스애플민트(*Mentha rotundifolia*), 레몬 유칼리투스(*Eucalyptus citriodora*), 샌티드 제라늄(*Pelargonium graveolens*), 팔마로사(*Cymbopogon martinii*), 등) 등 다양한 식물들이 살선충 효과가 있는 것으로 밝혀지고 있다(Oka et al., 2000; Pandey et al., 2000; Jeon et al., 2016; Mwamula et al., 2022).

Jeon et al. (2016)에 의하면 국내에서 뿌리혹선충류의 친환경적 방제를 위하여 9종의 식물정유를 선발하여 당근 뿌리혹선충(*M. hapla*) 2령기 유충과 알에 대한 살선충 및 부화억제 효과를 검정한 결과, 갈랑가(*Alpinia galanga*) 정유가 100% 살선충활성을 나타냈고, 캐리웨이(*Carum carbi*) (22.3%), 정향(*Eugenia caryophyllata*) (9.4%), 계피(*Cinnamomum zeylanicum*) (7.2%), 페니로얄(*Mentha pulegium*) (2.4%) 및 회향(*Foeniculum vulgare*) (2.1%) 순으로 활성을 나타낸 것으로 보고하였다.

님(*Azadirachta indica*)과 카란자(*Pongamia pinnata*) 오일은 오늘날 작물 보호 분야에서 가장 유망한 식물 살충제이지만(Bringi and Mukerjee, 1987; Saxena, 1989; Kumar et al., 2006; Pavela and Herda, 2007; Bina et al., 2017), 국내에서는 뿌리혹선충류에 대한 살충 능력에 대한 정보가 부족하다. 님 오일은 멀구슬나무(neem tree)에서 유래하였다. 님 오일은 수많은 해충 종(Saxena, 1989)에 대해 기피효과(Bina et al., 2017), 습식억제, 독성 및 성장 장애와 같은 다양한 살충 특성을 가지고 있다.

카란자 오일은 인도 너도밤나무(Indian beech)라고 불리는 열대 및 아열대지역에 널리 퍼진 나무의 씨앗에서 유래하였다(Belide et al., 2010). 카란자 오일은 푸라노 플라보노이드가 풍부하다(Bringi and Mukerjee, 1987). Al Muqarrabun et al. (2013)은 *P. pinnata*에서 분리된 최대 70개의 플라본 및 그 유도체의 속성을 요약 보고하였다. 이 중 Limaye (1925)에 의해 처음 발견된 karanjin은 다수의 곤충(Mathur et al., 1990)에 특히 살충효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다. 카란자의 오일과 추출물은 살충제, 구충제, 습식억제제, 성장 조절제(Kumar et al., 2006) 및 산란 억제제로 작용하는 것으로 알려져 있다(Pavela and Herda, 2007).

최근 식물 병해충 관리용 유기농업자재에 사용되고 있는 주요 식물추출물인 님, 고삼, 계피, 데리스 추출물 등에 대한 지표물질 설정에 관한 연구 결과가 보고된 바 있다(Lee et al., 2013, Lim et al., 2014, Lim et al., 2015). 또한 국내 시판 유기농업자재 제품 중에서 님과 고삼 추출물의 주요 살충성분인 아자디락틴(azadirachtin)과 마트린(matrine)의 안정성에 관해 보고된 바 있다(Kim et al., 2015).

본 연구는 오이에서 발생한 고구마뿌리혹선충의 친환경적

인 방제기술을 개발하고자 해충방제에 효과적인 것으로 알려진 님과 카란자 종자박을 이용하여 펠릿을 제조하고 처리 농도에 따른 고구마뿌리혹선충 방제효과 및 오이생육에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 님과 카란자 종자박 준비 및 활성물질 분석

살충성분을 함유하고 있는 것으로 잘 알려진 님과 카란자 종자로부터 기름을추출하고 남은 박(粕, 지게미)(주) 그린포커스, 한국)을 시중에서 구매하여 재료의 수분함량을 측정하고자 105°C 건조기에서 1시간 동안 건조한 후, 주요 살충성분인 아자디락틴(azadirachtin)과 카란진(karanjin)의 함량 분석시험에 사용하였다.

님 종자박의 유효성분인 아자디락틴은 Lim et al. (2014a) 과 카란자 종자박의 유효성분인 카란진은 Majumda (2002) 과 Gore and Satyamoorthy (2000)이 보고한 방법에 따라 수행하였다. 유효성분 분석을 위한 샘플은 각각의 종자박 plot으로부터 채취하여 Wiley 밀로 분쇄하기 전에 70°C에서 일정한 중량으로 오븐에서 건조하고 0.5 mm 체를 통과 시켰다.

님과 카란자 종자박 샘플 1g을 HLB cartridge에 loading 한 뒤 증류수 2 mL로 세척 후 acetone (3 mL × 2)으로 추출한 뒤 감압농축 후 시험에 사용하였다. GC-FID (Agilent 7890, Agilent Co., Santa Clara, USA)를 사용하여 정량 분석 조건은 Table 1에 자세히 나타내었다. 분석 검량선은 아자디락틴과 카란진 모두 0.5~20 mg/L ( $r^2 = 0.999$ )에서 작성하였고, 전처리 완료 시료는 acetone으로 희석 후 분석에 사용하였다

### 고구마뿌리혹선충 증식

실내 포트 검정에 이용된 고구마뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)은 원예특작과학원 원예특작환경과에서 분양 받아, 국립농업과학원 유기농업과의 유리온실에서 토마토 유묘를 이용하여 증식하였다. 증식은 플라스틱 사각포트(폭 19 cm, 길이 36.0 cm, 높이 15 cm)에 40일된 토마토(선명, 농우) 유묘를 정식하여 45일 동안 뿌리혹이 형성되도록 관리하였다. 그리고 뿌리혹이 형성된 뿌리를 1 cm 길이로 잘라서 새로운

토마토 유묘를 심을 포트에 상토(바르크, 서울바이오)와 함께 섞은 후 계대 증식하였다. 포트 검정에 사용된 뿌리혹선충은 계대 증식 중이던 고구마뿌리혹선충을 사용하였다.

### 님과 카란자 종자박 펠릿 제조 및 농도별 고구마뿌리혹선충 억제효과 실내 검정

펠릿의 제조는 시중에서 구입한 님과 카란자 종자박 분말((주) 그린포커스, 한국)을 단독 또는 혼합하여 펠릿기(SP-75, (주)금강ENG, 한국)를 이용하여 직접 제조하여 억제효과 평가 실험에 사용하였다.

실내 검정에서 1, 3, 5% (w/v) 카란자 종자박 펠릿(100 kg/10 a), 님 종자박 펠릿(100 kg/10 a) 및 님+카란자(50+50 kg/10 a) 종자박 혼합 펠릿의 고구마뿌리혹선충에 대한 처리 농도별 방제효과에 대한 시험은 플라스틱 포트 17호(연농사, 직경 17.0 cm, 높이 14.7 cm)에 40일된 토마토(선명, 농우) 유묘를 상토(바르크, 서울바이오)가 담겨 있는 포트에 심었다. 그리고 토마토 정식과 함께 각각 분리한 고구마뿌리혹선충의 유충을 포트 당 1,000마리를 접종하였다. 실험은 처리별로 5개의 포트를 1반복으로 하여 3반복으로 조사하였다. 밀도 조사는 고구마뿌리혹선충의 생태에 비추어 님과 카란자 종자박 펠릿 처리 후 30일부터 120일까지 30일 간격으로 포트내의 상토 중 10 g을 채취하여 개량갈매기법(Kaya and Stock, 1997)으로 밀도를 조사하여 방제효과를 처리 간에 비교 분석하였다.

### 님과 카란자 종자박 펠릿의 고구마뿌리혹선충 억제효과 및 농가포장 검정

#### 님과 카란자 종자박

펠릿을 단독 또는 혼합처리하여 고구마뿌리혹선충에 대한 방제효과 시험을 수행하였다. 시험 대상 지역은 충남 천안 병천면에 위치한 유기농 시설오이 재배지로서 품종은 조은 백다다기(주) 팜한농)이며 2019년 9월 3일에 수행하였다. 농가포장에 발생한 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*)은 실내에서 해부현미경으로 검정하여 형태적으로 기존에 보고된 자료와 일치함을 확인하였다(Choi et al., 2020). 1, 3, 5% (w/v)의 님과 카란자 종자박 펠릿을 10 a 당 100 kg 처리한 후 로터리 작업을 하고, 45일 유묘한 오이를 정식한 다음 물을 관주하였다. 토양 중 고구마뿌리혹선충의 발생밀도는 님과

**Table 1.** Instrumental condition for the analysis of azadirachtin and karanjin

Instrument	Agilent 7890 with FID detector
Column	RTX-5 (30 m × 0.25 mm, 0.25 μm, Restek, PA, USA)
Gas (Flow rate)	He (6 mL/min)
Temperature	Injector 230°C, Detector 300°C
Oven Temp	Initial 70°C (2 min holding), Ramping 3°C/min (93°C), 30°C/min (130°C), 3.5°C/min (140°C), 40°C/min (300°C).

카란자 종자박 펠렛 처리 후 30일째와 60일까지 30일 간격으로 동일한 방법으로 토양을 채취하여 선충의 생충수를 조사하였다. 또한 오이재배의 경제성을 고려하여 고구마뿌리혹선충의 기주식물인 근대(청경, 백경)를 오이식물 사이에 심어 120일까지 30일 간격으로 뿌리혹 형성을 검정하는데 이용하였다.

**통계분석**

님과 카란자 종자박 펠렛을 단독 또는 혼합 처리 후 농도별로 구분하여 고구마뿌리혹선충에 대한 방제효과와 작물생육 및 생육증진효과를 Tukey's test로 처리 평균간 차이로 분산분석 하였다(SAS Institute, 2008)

**결 과**

**님과 카란자 종자박의 수분함량, pH 및 주성분 함량**

본 실험에서 공시한 2종의 님과 카란자 종자박으로부터 고구마뿌리혹선충의살충효과를 따는 것으로 잘 알려진 주성분 함량을 분석한 결과, 님 종자박의 주성분인 아자디락틴(Azadirachtin)의 함량은 건조물 100 g 당  $1.02 \pm 0.01 \sim 1.924 \pm 0.02$ 이며, pH는  $6.2 \pm 0.12 \sim 6.5 \pm 0.11$ 으로 나타났으며 수분함량은  $2.1 \pm 0.25\%$  이하인 것으로 나타났다(Table 1). 또한 카란자 종자박의 경우 살충 성분인 카란진(Karanjin)의 함량은 건조물 100 g 당  $0.9 \pm 0.01 \sim 0.93 \pm 0.02$ 이며, pH는  $6.0 \pm 0.1 \sim 7.0 \pm 0.12$ 으로 나타났으며 수분함량은  $2.5 \pm 0.32\%$  이하인 것으로 나타났다(Table 2).

**님과 카란자 종자박 펠렛의 처리 농도에 따른 고구마뿌리혹선충의 뿌리혹 형성 억제효과**

실험실 내에서 공시한 님과 카란자 종자박을 단독 또는 혼합으로 제조한 펠렛을 1%, 3% 및 5%(v/v)로 고구마뿌리혹선충 발생 토양에 처리하여 살충효과를 30일 후 검정한 결과, 3가지 처리 조건에서 공통적으로 무처리에 비해 뿌리혹이 감소하거나 형성되지 않은 것을 확인하였다. 또한, 고구마뿌리혹선충 유충을 대상으로 한 실험에서 처리 농도와 비례하여  $5\% > 3\% > 1\%$  순으로 뿌리혹 형성지수가 유의하게 낮은 것으로 나타났다(Table 3).

**님과 카란자 종자박 펠렛의 처리시간 경과에 따른 뿌리혹 형성과 고구마뿌리혹선충의 밀도 감소효과**

토양 990 m<sup>2</sup>에 님과 카란자 종자박 단독(각각 100 kg/10 a) 및 님+카란자(50+50 kg/10 a) 종자박 혼합 펠렛 처리에 따른 근대(청경, 백경) 뿌리의 뿌리혹 형성을 30일 간격으로 120일까지 조사한 결과, 처리 30일 후부터 무처리에서는 뿌리혹이 발생하였으나, 3가지 처리 조건에서는 공통적으로 120일까지 뿌리혹 형성이 관찰되지 않았다.

뿌리혹선충의 성충 밀도를 3가지 처리 조건의 처리 30일 후 관찰한 결과, 무처리구에서는 토양 10 g 당 평균 57.7 마리 이었으나 3가지 처리구에서는 평균 25.0 마리/10 g 이하로 무처리에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며, 님+카란자 종자박 혼합 펠렛 > 카란자 종자박 단독 펠렛 > 님 종자박 단독 펠렛 순으로 성충 밀도가 억제되는 것을 확인하였다(Table 4). 처리 60일 후 뿌리혹선충의 성충 밀도를 관찰 결과, 무처리구는 토양 10 g 당 평균 90.3 마리 이상인 것으로

**Table 2.** Main component content and characteristics of the neem and karanja seed cake for controlling root-knot nematodes

Plant resources	Main component (g/100 g)	Water content (%)	pH (1:5)
Neem cake ( <i>Azadirachita indica</i> )	Azadirachtin ( $1.02 \pm 0.01 \sim 1.924 \pm 0.02$ ) <sup>a)</sup>	< $2.1 \pm 0.25$	$6.2 \pm 0.12 \sim 6.5 \pm 0.11$
Karanja cake ( <i>Millettia pinnata</i> )	Karanjin ( $0.9 \pm 0.01 \sim 0.93 \pm 0.02$ )	< $2.5 \pm 0.32$	$6.0 \pm 0.1 \sim 7.0 \pm 0.12$

<sup>a)</sup> Mean is means  $\pm$  SD from at least triplicate experiments in this study.

**Table 3.** Comparison of root nodule formation according to treatment concentration after 30 days of neem and karanja seed cake pellet single and combined treatment

Treatment	Root nodule formation index (0~5) <sup>a)</sup>		
	1% (v/v)	3% (v/v)	5% (v/v)
Control	$3.3 \pm 0.47$ a <sup>b)</sup>	$4.0 \pm 0$ a	$4.3 \pm 0.47$ a
Neem seed cake pellet	$1.0 \pm 0$ b	$0.0 \pm 0$ b	$0.3 \pm 0.47$ b
Karanja seed cake pellet	$1.0 \pm 0$ b	$0.0 \pm 0$ b	$0.3 \pm 0.47$ b
Neem+Karanja seed cake pellet	$1.0 \pm 0$ b	$0.0 \pm 0$ b	$0.0 \pm 0$ c

<sup>a)</sup> Root nodule formation index; 0: no galls, 1: 1~15%, 2: 16~25%, 3: 26~50%, 4: 51~75%, 5: >76%

<sup>b)</sup> Mean is means  $\pm$  SD and are not significantly different in a column followed by the same letter according to Duncan's test at 5% probability.

**Table 4.** Effect of reducing root-knot nematode density in cucumber organically cultivated soil according to time lapse of neem and karanja seed cake pellet single and combined treatment

Treatment (100 kg/10 a)	Density of adults of root-knot nematodes (Number/10 g of soil)	
	30 DAT <sup>a)</sup>	60 DAT
Control	57.7 ± 3.4 a <sup>b)</sup>	90.3 ± 8.9 a
Neem seed cake pellet	25.0 ± 2.4 b	1.3 ± 0.01 b
Karanja seed cake pellet	19.7 ± 1.5 c	1.0 ± 0.02 bc
Neem+Karanja seed cake pellet	3.7 ± 0.7 d	0.7 ± 0.01 c

<sup>a)</sup> DAT: Days after treatment

<sup>b)</sup> Mean is means ± SD and are not significantly different in a column followed by the same letter according to Duncan's test at 5% probability.

나타났으나 3가지 처리구에서는 평균 1.3 마리/10 g 이하로 펠렛 처리 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 무처리구에 비해 유의하게 낮은 것을 확인하였다(Table 4).

#### 넝과 카란자 종자박 펠렛 처리에 따른 유기농 오이 생육 및 수량 향상 효과

넝과 카란자 종자박 펠렛의 토양 처리 후 오이 줄기 길이를 30일 간격으로 조사한 결과, 처리 후 30일부터 60일까지 무처리에 비해 카란자 종자박 펠렛, 넝 종자박 펠렛, 넝+카란자 종자박 혼합 펠렛 처리구 순으로 오이 줄기 길이의 생장이 2.3~19.8% 더 신장한 것으로 나타났다 (Table 5).

3가지 종류의 처리구에서 정식 90일차 오이 줄기 길이가 정식 60일 차에 비해 짧게 나타난 것은 농가에서 내림재배에 의한 것으로 판단되나, 무처리구에 비해서는 길이가 신장된 것으로 조사되었다(Table 5).

3가지 종류의 펠렛을 토양에 처리한 후 90일차에 오이 과실의 품질(과 길이, 과 폭, 과 무게)과 수량(과 수)에 미치는 영향을 평가하였다. 과실 길이와 폭은 무처리 비해 처리구에서 각각 8.3~21.4%와 9.3~18.6%로 더 우수한 것으로 나타났다(Table 6). 과실 무게의 경우, 무처리 비해 넝+카란자 종자박 혼합 펠렛 처리 > 카란자 종자박 펠렛 처리 > 넝 종자박 펠렛 처리 순으로 12.9~51.8% 증가한 것으로 나타났다(Table 6). 기주 당 오이의 과실 개수는 넝+카란자 종자박 혼합 펠렛 > 카란자 종자박 펠렛 > 넝 종자박 펠렛 순으로 무처리에 비해 식물체 당 평균 2.0개 이상 더 많은 경향을 보였으며 40~86% 더 증가한 것으로 나타났다(Table 6). 따라서, 넝과 카란자 종자박 펠렛 처리가 고구마뿌리혹선충의 밀도를 억제하여 오이의 생육과 수량을 증진시키는데 관여하는 것으로 판단된다.

**Table 5.** Cucumber growth promotion effect according to the time lapse of neem and karanja seed cake pellet single and combined treatment

Treatment (100 kg/10 a)	Height of cucumber plant (cm)		
	30 DAT <sup>a)</sup>	60 DAT	90 DAT
Control	153.9 ± 7.6 d <sup>b)</sup>	185.0 ± 9.4 d	168.7 ± 8.2 d
Neem seed cake pellet	161.4 ± 9.8 b	191.6 ± 7.7 b	190.5 ± 7.3 b
Karanja seed cake pellet	170.4 ± 9.7 a	197.9 ± 10.5 a	202.1 ± 17.1 a
Neem+Karanja seed cake pellet	157.5 ± 7.2 c	189.3 ± 8.7 c	188.5 ± 12.1 c

<sup>a)</sup> DAT: Days after treatment

<sup>b)</sup> Mean is means ± SD and are not significantly different in a column followed by the same letter according to Duncan's test at 5% probability.

**Table 6.** Effect of improving the quality and quantity of cucumbers by neem and karanja seed cake pellet single and combined treatment

Treatment (100 kg/10 a)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Fruit fresh weight (g)	Yield (number/plant)
Control	25.2 ± 0.6 c <sup>a)</sup>	9.7 ± 0.3 b	190.7 ± 2.5 d	5.0 ± 0 c
Neem seed cake pellet	27.3 ± 1.4 b	10.6 ± 0.2 a	215.3 ± 8.8 c	7.0 ± 0 b
Karanja seed cake pellet	28.9 ± 1.1 b	11.0 ± 0.6 a	276.5 ± 13.6 b	7.3 ± 1.2 b
Neem+Karanja seed cake pellet	30.6 ± 0.6 a	11.5 ± 0.2 a	289.5 ± 17.6 a	9.3 ± 0.5 a

<sup>a)</sup> Mean is means ± SD and are not significantly different in a column followed by the same letter according to Duncan's test at 5% probability.

## 고 찰

우리나라 주요 시설재배지에서 오이, 수박, 참외 등 박과류 작물 재배 시, 뿌리혹선충류에 의한 피해가 심하여 수확량이 감소하고 이로 인한 경제적 피해가 심하다(Kim and Lee, 2008). 하지만, 각종 병해충으로 인해 상품성이 높은 친환경 농산물의 단위면적당 생산량은 관행농업과 큰 차이를 보이고 있고, 이와 같은 문제 해결을 위해 병해충 관리용 유기농업자재의 수요는 지속적으로 증가하고 있다(RDA 2011).

뿌리혹선충류는 열대 지방에서 많은 식물에 해를 주기 때문에 과거에 화학 살충제로 사용했고 이러한 화학 살충제의 남용은 유익한 생물뿐만 아니라 인간의 건강에도 해를 주기 때문에 생태적 지속성을 가진 농업 시스템을 보전하고자 친환경적인 방제기술의 개발이 필요하다(Vu Dang Khanh, 2003). 관행 오이재배에서도 뿌리혹선충류의 화학적 방제와 재배적 방법을 사용하고 있으나 낮은 효능을 보고했으며 효과적인 방제 방법이 부족하거나 제대로 적용되지 못하고 있다(Kim et al., 2001; Musebei et al., 2005).

본 연구에서 사용한 님과 카란자 종자박의 활성성분인 아자디락틴과 카란진의 함량은 각각 1.02~1.924 g/100 g과 0.9~0.93 g/100 g로 기존의 오일 기반 제품에 비해 유효성분의 함량이 높지는 않지만, 펠렛으로 처리할 경우 토양 중의 고구마뿌리혹선충을 방제하는데 충분한 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

ним과 카란자의 추출물은 다양한 해충에 대해 기피효과, 습식억제, 독성 및 성장 장애와 같은 다양한 살충 특성을 가지고 있어 살충제, 구충제, 및 산란 억제제로 작용하는 것으로 알려져 있으며, 외부환경에 매우 안정적인 것으로 보고된 바 있다(Saxena, 1989; Kumar et al., 2006; Pavela and Herda, 2007; Kim et al., 2015; Bina et al., 2017; Mwamula et al., 2022).

현재 국내에 유통되는 유기농업자재는 목록공시제와 품질 인증제를 통해 제품에 대한 품질 관리와 평가를 받고 있지만, 농자재의 약효까지 보장하는 품질인증제 등록제품은 전체 등록 제품 1406개 중 1.4%에 지나지 않는다(RDA 2016).

본 연구에서는 1~5% 님과 카란자 종자박 펠렛의 단독 및 혼합처리하여 실내 및 야외 유기농 오이재배 농가포장 시험에서 고구마뿌리혹선충의 밀도를 억제하여 방제효과가 우수한 것으로 나타났으며, 특히 님과 카란자 종자박 펠렛 단독 처리 보다 혼합처리 시 그 효과가 통계적으로 유의하게 우수한 것으로 나타났다. 따라서, 님과 카란자 종자박 펠렛 처리가 뿌리혹선충 방제에 있어 밀도 억제 효과가 있는 것으로 생각된다. 님오일(neem oil)과 카란자오일(karanja oil) 및 이들의 이원 혼합물(1:1, 1:2 및 2:1 부피비)을 콜로라도 감자 딱정벌레(*Leptinotarsa decemlineata*)의 유충에 처리하여 살충 활성을 비교하였을 때, 님과 카란자 오일 단독처리

에 비해 이원 혼합물 처리에 의한 상승 효과가 확인된 바 있다(Kovaříková and Pavela, 2019).

요약하자면, 본 연구에서는 3가지 종류 펠렛의 단독 및 혼합 처리가 야외 유기농 오이재배 농가포장 시험에서 고구마뿌리혹선충의 밀도를 억제하여 오이의 품질과 수량을 향상시키는데 관여하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구를 통한 펠렛 제조 기술과 님과 카란자 종자박 펠렛의 혼합 처리는 오이에 발생하는 고구마뿌리혹선충을 친환경적으로 방제하여 유기농 재배 오이의 품질과 수량을 증진시키는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01494802)의 수행 결과를 바탕으로 작성되었습니다.

## 이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

## Author Information and Contributions

Min-Jeong Kim, Organic Agricultural Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration (RDA), Postdoctoral researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8397-7746>.

Chang-Ki Shim, Organic Agricultural Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-4905-1947>.

Jaeg-Hyeong Lee, Organic Agricultural Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher.

Mee-Kyung Sang, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher.

## Literature Cites

- Abad P, Favery B, Rosso MN, Philippe CS, 2003. Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. *Mol. Plant Pathol.* 4(4):217-224.
- Al Muqarrabun LMR, Ahmat N, Ruzaina SAS, Ismail NH, Sahidin I, 2013. Medicinal uses, phytochemistry and pharmacology of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre: A review. *J. Ethnopharmacol.* 150(2):395-420.
- Baek JY, 2004. Study on the applications of nematode and

- phytophthora resistance of cucurbit genetic resources and rootstock of oriental melon. The thesis of Master degree of Paichai University, Daejeon, Rep. of Korea.
- Bawa JA, Mohammed I, Liadi S, 2014. Nematicidal effect of some plants extracts on root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*) of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). World J. Life Sci. and Medical Res. 3(3):81-87.
- Belide S, Sajjalaguddam RR, Paladugu A, 2010. Cytokinin preconditioning enhances multiple shoot regeneration in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre-A potential, non-edible tree seed oil source for biodiesel. Electron. J. Biotechn. 13:1-8.
- Bina S, Javadi I, Irvani O, 2017. Evaluation of the repellency effect of neem (*Melia azedarach*) plant extracts based on the Mittler & Dadd method. J. Agric. Chem. Environ. 6(4):64011.
- Bridge J, 1996. Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. Annu. Rev. Phytopathol. 34:201-225.
- Bringi NV, Mukerjee SK, 1987. Karanja seed (*Pongamia glabra*) oil. In: Non-traditional oil seeds and oils in India, Bringi NV, (Eds) Oxford IBH Publishing Co.; New Delhi, India, pp. 143-166.
- Chanh, NDM, 2010. Nematicidal activity of compounds extracted from *Cinnamomum cassia* against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. M.S. Thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Chitwood DJ, 2002. Phytochemical-based strategies for nematode control. Ann. Rev. Phytopathol. 40:221-249.
- Choi IS, Kim DG, Park NS, Seo JM, Park SH. 2020. Microscopic images for identification of root knot nematodes distributed in Korea. Animal and Plant Quarantine Agency, Kimcheon, Korea, pp.54.
- Cho MR, Lee BC, Kim DS, Jeon HY, Yiem MS, et al., 2000. Distribution of plant-parasitic nematodes in fruit vegetable production areas in Korea and identification of root-knot nematodes by enzyme phenotypes. Korean J. Appl. Entomol. 39(2):123-129.
- Cho MR, Na SY, Yiem, MS, 2000. Biological control of *Meloidogyne arenaria* by *Pasteuria penetrans*. J. Asia Pacific Entomol. 3(2):71-76.
- Choi DR, Choi YE, 1982. Survey on plant parasitic nematodes in cropping by controlled horticulture. Korean J. Appl. Entomol. 21(1):8-14.
- Chon HS, Park HJ, Yeo SG, Park SD, Choi YE, 1996. Technical development for control on soil nematodes (*Meloidogyne* spp.) of oriental melon in plastic film house. RDA J. Agri. Sci. 38:(2)401-407.
- Choo HY, Lee SM, Kim JB, Park YD, 1990. Relationship of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* to pathogenesis of *Rhizoctonia solani* on cucumber, pepper, and tomato. Korean J. Plant Pathol. 6(3):409-411.
- Elbadri GA, Lee DW, Park JC, Yu HB, Choo HY, 2008. Evaluation of various plant extracts for their nematicidal efficacies against juveniles of *Meloidogyne incognita*. J. Asia-Pacific Entomol. 11(2):99-102
- Gore VX, Satyamoorthy P, 2000. Determination of pongamol and karanjin in karanja oil by reverse phase HPLC. Anal. Lett. 33(2):337-346.
- Ha WJ, Kim YC, Jung HC, Park SK, 2014. Control of the root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) on cucumber by a liquid bio-formulation containing chitinolytic bacteria, chitin and their products. Res. Plant Dis. 20(2):112-118.
- Hong TK, Lee JK, Heo JW, Kim SI, Choi DR, et al., 2010. Toxicity of *Kaempferia galanga* rhizome derived extract and steam distillate to *Meloidogyne incognita* juveniles and eggs, and their effects on *Lycopersicon esculentum* germination and growth. Nematol. 12:775-785.
- Jang HJ, Kim, ST, Sang MK, 2021. Suppressive effects of crude extracts of *Bacillus* sp. CT16 and *Neobacillus* sp. JC05 against egg hatch of *Meloidogyne incognita*. Res. Plant Dis. 27(2):61-65.
- Jeon JH, Ko HR, Kim SJ, Lee JK, 2016. Chemical compositions and nematicidal activities of essential oils on *Meloidogyne hapla* (Nematoda: *Tylenchida*) under laboratory conditions. Korean J. Pestic. Sci. 20(1):30-34.
- Kaya HK, Stock SP, 1997. Techniques in insect nematology. In: Manual of Techniques in insect pathology, Lacey LA, (Eds.), Academic Press, New York. Pp.281-324.
- Kiewnick S, Sikora RA, 2006. Biological control of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. Biol. Control. 38(2):179-187.
- Kim DG, Choi DR, Lee SB, 2001. Effects of control methods on yields oriental melon in fields infested with *Meloidogyne arenaria*. Res. Plant Dis. 7(1):42-48.
- Kim DG, Choi SK, 2001. Effects of incorporation method of nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria*. Korean J. Appl. Entomol. 40(1):89-95.
- Kim DG, Lee JH, 2008. Economic threshold of *Meloidogyne incognita* for greenhouse grown cucumber in Korea. Res. Plant Dis. 14(2):117-121.
- Kim DG, Ryu YH, Huh CS, Ryu JA, Yeon IK, et al., 2014. Screening of plant extracts for nemastatic activity. Res. Plant Dis. 20(1):37-49.
- Kim HH, Cho MR, Kang TJ, Jung JA, Han YK, 2010. Screening of tomato cultivars resistant to root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Res. Plant Dis. 16(3): 294-298.
- Kim HH, Jung YH, Kim DH, Ha TK, Yoon JB, et al., 2015. Control effects of imicyafos GR against two species of the root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla*). Korean J. Pestic. Sci. 19(2):101-105.
- Kim HH, Choo HY, Park CG, Lee SM, Kim JB, 1998. Biological control of northern root-knot nematodes, *Meloidogyne hapla* with plant extract. Korean J. Appl. Entomol. 37(2): 199-206.
- Kim JH, Choi GH, Kang JE, Park BJ, 2015. Stability of

- representative active compounds on commercial biopesticides based on neem or *Sophora flavescens* extract under controlled temperature. Korean J. Pestic. Sci. 19(2):88-92.
- Kim JH, Seo SM, Park IK. 2011. Nematicidal activity of plant essential oils and components from *Gaultheria ragrantissima* and *Zanthoxylum alatum* against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Nematology 13(1):87-93.
- Kim MJ, Shim CK, Kim YK, Hong SJ, Park JH, et al., 2016. Control effect of coffee ground compost and velvet bean against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in pumpkin. Korean J. Pestic. Sci. 20(1):47-55
- Kim SI, Lee JK, Na YE, Yoon ST, Oh YJ, 2014. Nematicidal and ovicidal activities of *Dryobalanops aromatic* and *Mentha haplocalyx* var. *piperascens* derived materials and their formulations against *Meloidogyne incognita* second-stage juveniles and eggs. Nematol. 16:193-200.
- Korea Crop Protection Association (KCPA) (2022) Agrochemicals use guide <https://www.koreacpa.org/ko/usebook/search?cropName=HYPERLINK> "
- Kovářková K, Pavela R, 2019. United forces of botanical oils: Efficacy of neem and karanja oil against Colorado potato beetle under laboratory conditions. Plants (Basel). 8(12): 608.
- Kumar V, Chandrashekar K, Sidhu OP, 2006. Efficacy of karanjin and different extracts of *Pongamia pinnata* against selected insect pests. J. Ent. Res. 31(2):103-108.
- Lee YS, Park YS, Kim SB, Kim KY, 2013. Biological control of root-knot nematode by *Lysobacter capsici* YS1215. Korean J. Soil Sci. Fert. 46(2):105-111.
- Liang L, Meng Z, Ye F, Yang, Liu S, et al., 2010. The crystal structures of two cuticle-degrading proteases from nematophagous fungi and their contribution to infection against nematodes. FASEB J. 24(5):1391-1400
- Lim SJ, Jeong DY, Choi GH, Park BJ, Kim, JH, 2014. Quantitative analysis of matrine and oxymatrine in *Sophora flavescens* extract and its biopesticides by UPLC. J. Agric. Chem. Environ. 3(2):46051.
- Lim SJ, Kim JH, Choi GH, Park BJ, 2015. Quantitative analysis of rotenone and deguelin in biopesticides containing derris extract by ultra-performance liquid chromatography. Korean J. Environ. Agric. 34(1):52-56.
- Limaye DB, 1925. Karanjin part I: A crystalline constituent of the oil from *Pongamia glabra*. Proc. 12th Indian Acad. Sci. Congr. 118-125.
- Mathur YK, Srivastava JP, Nigam SK, Banerji R, 1990. Juvenomimetic effects of karanjin on the larval development of flesh fly *Sarcophaga ruficornis* (Cyclorrhapha: Diptera) J. Ent. Res. 14(1):44-51.
- Musebei R, Dorward P, Karanja D, 2005. Socio-economic Report for project (R8296/ZA0568), Promotion of sustainable approaches for the management of root-knot nematodes on vegetables in Kenya. Report of the field visits to Mwea and Kibigwi, The University of Reading, Reading, UK.
- Mwamula AO, Kabir MF, Lee DW. 2022. A review of the potency of plant extracts and compounds from key families as an alternative to synthetic nematicides; History, efficacy, and current developments. Plant Pathol. J. 38(2):53-77.
- Nguyen DMC, Seo DJ, Nguyen VN, Kim KY, Park RD, et al., 2013. Nematicidal activity of gallic acid purified from *Terminalia nigrovenulosa* bark against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Nematol. 15(5):507-518.
- Oka Y, Nacar S, Putievsky E, Ravid U, Yaniv Z, et al., 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. Phytopathol. 90(7):710-705
- Pandey R, Kalra A, Tandon S, Mehrotra N, Singh HN, et al., 2000. Essential oils as potent sources of nematicidal compounds. J. Phytopathol. 148:201-202.
- Park MH, Walpola BC, Kim SJ, Yoon, MH, 2012. Control effect of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) by biological nematicide. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(2):162-168
- Park SD, Park SD, Kwon TY, Choi BS, Lee WS, et al., 1995. Study on intergrated control against root knot nematode of fruit vegetables (Oriental melon and cucumber) in vinyl house. Korean J. App. Entomol. 34(1):75-81.
- Park SD, Park SD, Kwon TY, Jun HS, Choi BS, 1995. The occurrence and severity of damage by root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in controlled fruit vegetable field. RDA. J. Agri. Sci. 37(1):318-323.
- Pavela R, Herda G, 2007. Effect of pongam oil on adults of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Trialeurodidae) Entomol. Gener. 30(3):193-201.
- Radwan MA, Farrag SA, Abu-Elamayem MM, Ahmed NS, 2012. Biological control of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato using bioproducts of microbial origin. Appl. Soil Ecol. 56:58-62.
- Ramalakshmi A, Sharmila R, Iniyakumar M, Gomathi V, 2020. Nematicidal activity of native *Bacillus thuringiensis* against the root knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and white). Egypt. J. Biol. Pest Control. 30(90).
- RDA, 2011. Organic is life. In RDA Interrobang. in: Lee BS, Shin JS, Cho WS, Min CY (Eds.). Rural Development of Administration, Suwon, Korea. pp 1-20.
- RDA, 2016. List of organic farming material, Rural Development Administration. <http://nongsaro.go.kr/portal/ps/psa/psab/psabl/openApiPurchaseInfoLst.ps?menuId=PS02479> (Accessed Oct. 30. 2022)
- SAS Institute, 2008. SAS/STAT user's guide: Statistics, version 9.3 Institute Cary, N.C., U.S.A.
- Saxena RC, 1989. Insecticides from neem. In: Insecticides of Plant Origin, Arnason JT, Philogène BJR, Morand P, (Eds.). Volume 387. American Chemical Society; Washington, DC,



- USA: 1989. pp. 110-135.
- Siddiqui ZA, Mahmood I, 1999. Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes: a review. *Bioresour. Technol.* 69(2):167-179.
- Trudgill DL, Blok VC, 2001. Apomictic, polyphagous root-knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 39(53).
- Vu Dang K, 2003. Investigating anti-fungal activity of neem seed kernel extracts from neem (*Azadirachta indica* A. Juss) tree grown in Vietnam on some plant pathogens. MSc thesis. University of Natural Sciences, Ho Chi Minh City, Vietnam. 79 pp.
- Yeon IG, Do HW, Shin YS, Han SC, 1996. Survey of injury of nematodes according to the continuous cultivation year in oriental melon greenhouse cultivation. *Experimental Report of Gyeongsangbuk-do Province.*

## 유기농 오이재배에서 고구마뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)에 대한 님과 카란자 종자박 펠렛의 단독 및 혼합처리효과

김민정<sup>1</sup> · 심창기<sup>1\*</sup> · 이재형<sup>1</sup> · 상미경<sup>2</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 <sup>1</sup>유기농업과, <sup>2</sup>농업미생물과

**요 약** 뿌리혹선충(*Meloidogyne* sp.)은 주요 유기농 박과 작물 시설재배 지역에 심각한 경제적 피해를 준다. 본 연구는 유기농 오이 재배에서 님과 카란자 종자박 펠렛의 단독 및 혼합 처리가 고구마뿌리혹선충의 억제에 미치는 영향을 평가하기 위해 수행되었다. 아자디락틴(*Azadirachtin*)과 카란진(*Karanjin*)의 함량은 각각 1.02~1.924 g/100 g과 0.9~0.93 g/100 g 이었다. 고구마뿌리혹선충이 발생한 토양에 1, 3, 5% (w/v)의 님과 카란자 종자박 펠렛의 단독 및 혼합 처리 결과, 관찰 30일차에 뿌리 부분에서 뿌리혹은 통계적으로 유의하게 형성되지 않거나 감소한 것으로 나타났다. 평균 뿌리혹형성지수는 모든 처리구에서 공통적으로 농도와 반비례하여 5% > 3% > 1%로 처리 순서로 낮게 나타났다. 반면에, 무처리구에서는 선충 뿌리혹이 처리구 대비 증가한 것을 확인하였는데, 관찰 60일 차에는 뿌리혹선충의 평균 밀도는 토양 10 g당 90.3개 이상이었지만 처리구에서는 평균 개체군 밀도가 토양 10 g당 1.3개 미만이었다. 또한 오이의 품질과 수량은 무처리구에 비해 통계적으로 유의하게 우수한 것으로 나타났다. 따라서, 1~5% 농도의 님과 카란자 종자박 펠렛의 단독 및 혼합 처리가 유기재배 오이에 발생한 고구마뿌리혹선충을 억제하고 오이의 수량 향상에 기여할 것으로 사료된다.

**색인어** 님, 카란자, 종자박 펠렛, *Meloidogyne incognita*, 고구마뿌리혹선충