

| 과제구분 | 국책기술개발사업 | 수행시기 | | 전반기 | |
|-------------------------------------|--------------------|------------|---------|---------|-----|
| 연구과제 및 세부과제 | | 연구분야(Code) | 수행기간 | 연구실 | 책임자 |
| 주요 병해충 잡초 경제적 방제수준 설정 및 피해해석에 관한 연구 | | CS4A | '09~'10 | 국립농업과학원 | 심홍식 |
| 양배추에서 배추좀나방 요방제수준 설정 연구 | | VC021004 | '09~'10 | 환경농업연구과 | 최준근 |
| 색인용어 | 양배추, 배추좀나방, 요방제 수준 | | | | |

ABSTRACT

This study was conducted to develop the yield loss assessment and economic thresholds for diamondback moth(*Plutella xylostella* L.) on cabbage in a field and a greenhouse in Chuncheon, Gangwondo from 2009 to 2010. Diamondback moth(*P. xylostella* L.) was caught in pheromone traps during whole cultivation period of cabbage in field experiments. Larvae injury to cabbage increased from 1 month after transplanting. At harvesting, all the cabbage plants were damaged. Yield loss was 20% at uncontrolled plots compared with control by insecticide. Injured leaf area of cabbage ranged from 24 to 96% at 1 month after inoculation of larvae of *P. xylostella*. The regression equations between infected leaf area(Y) and inoculation density of larva(X) were $Y=3.113X+0.729$ ($r^2=0.982$) at early growth stage, $Y=7.609X-2.555$ ($r^2=0.973$) at mid growth stage, and $Y=20.923X-0.149$ ($r^2=0.808$) at late growth stage. Based on the relationships between the densities of *P. xylostella* larvae and rate of infected leaf area of cabbage, the number of *P. xylostella* for 5% of yield loss (gain threshold proposed by Japan) was estimated to be 1.4 per plant at early growth stage, 1.0 per plant at mid growth stage, and 0.2 per plant at late growth stage.

1. 연구목표

우리나라 양배추 재배면적은 5,786ha로 주요 채소 작목 중의 하나이다('07, 농업통계). 양배추에 발생하는 해충으로는 배추좀나방, 양배추가루진딧물, 명주달팽이 등 38종이 보고되어 있는데(한국식물보호학회, 1986) 이 중 배추좀나방과 진딧물에 의한 피해가 가장 심한 것으로 조사되었다(강원도원, 1997). 배추좀나방은 무, 배추 등 십자화과에 속하는 모든 식물을 가해하는 주요 해충으로 아시아, 유럽, 아프리카, 북미 등 세계적으로 분포하고 있다(Talekar and Shelton, 1993). 최근 시설재배를 통한 십자화과 작물의 연중생산으로 먹이조건이 좋아지고, 연간 10세대 이상의 발생횟수에 따른 약제저항성의 발달에 의해 배추좀나방이 난 방제 해충으로 부각되고 있다.

따라서 저농약 고품질의 양배추 생산을 위해서는 배추좀나방의 정확한 발생예찰 및 합리적인 방제전략이 필요한 실정이다. 본 연구는 양배추에서 배추좀나방의 효율적 관리를 목적

으로 페로몬트랩을 이용한 발생예찰과 집중 밀도에 따른 피해해석을 통하여 요방제수준 (Control Threshold)을 설정하고자 2009년부터 2년 간 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 배추좀나방의 발생소장 조사

양배추 포장에서 배추좀나방 성충의 비래 현황과 유충에 의한 피해상황을 조사하기 위하여 강원도 춘천시 신북읍에 소재한 포장에 양배추를 재배하여 실험을 수행하였다

양배추 재배는 봄 작형을 기준으로하여 농촌진흥청 표준재배법에 따라 재배하였으며, 30일 육묘 후 70×40cm 간격으로 포장에 정식하였다. 정식시기는 2009년 4월 14일, 2010년에는 4월 15일 이었다. 포장에 비래하는 배추좀나방 성충의 밀도를 조사하기 위하여 포장 내에 배추좀나방 페로몬 트랩을 대각선 방향으로 3개 설치하였다(그림 1). 배추좀나방 성충의 비래 상황 조사는 설치한 3개 페로몬 트랩에 유살된 성충 수를 순기별로 집계하였으며, 양배추의 피해는 순기별로 구당 10주씩 3반복으로 피해주율과 피해엽율을 조사하였다.



<그림 1> 시험포장 전경 및 배추좀나방 페로몬 유인트랩

나. 배추좀나방의 피해해석

양배추에서 배추좀나방의 경제적 방제수준 설정을 위하여 격리 온실에서 처리구 별로 망실을 설치하여 배추좀나방 유충의 밀도별 집중실험을 수행하였다. 2009년에는 주당 1, 2, 5, 10마리로 집중하였으며, 2010년에는 2009년도의 집중밀도가 과하여 주당 0.5, 1, 2, 5마리로 집중하여 시기별 피해율을 조사하였다. 시험재료인 배추좀나방 유충은 고려지농업연구센터 해충연구실에서 계대사육하여 수거한 배추좀나방 알을 분양받아 배추에 접종 시킨 후 부화·성장한 2령 유충을 사용하였다.

배추좀나방 유충을 양배추에 접종 후 시기별로 양배추의 피해율을 조사하였으며 아울러 처리별 해충의 밀도도 조사하였다. 양배추에서의 배추좀나방의 피해에 대한 요방제수준을 설정하고자 2010년에 조사한 피해율을 기본 자료로 하여 회귀분석을 실시하였으며, 회귀분석 결과를 근거로 5%의 수익역치를 적용하여 양배추 생육시기별 요방제 밀도를 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 배추좀나방의 발생소장 조사

페로몬 트랩을 이용하여 배추좀나방 성충의 비래상황을 조사한 결과(표 1), 2009년과 2010년 사이에 큰 차이를 보였다. 2009년에는 2010년에 비해 매우 많은 유살량을 보였는데, 정식 1개월 후인 5월 중순에 가장 많은 비래량을 나타냈으며 이후 점차 감소하였다. 2010년에는 양배추 정식기인 4월 중순에 가장 많이 비래하였고, 6월 상순과 7월 상순에 밀도가 증가하여 3회의 상승곡선을 나타냈다.

표 1. 페로몬트랩을 이용한 양배추 포장에서의 배추좀나방 성충 유살량

| 시기 | 4월 | | | 5월 | | | 6월 | | 7월 | |
|-------------|------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| | 중순 | 하순 | 상순 | 중순 | 하순 | 상순 | 중순 | 하순 | 상순 | |
| 유살량 (마리) | 2009 | - | 12 | 40 | 111 | 90 | 92 | 46 | 27 | 8 |
| | 2010 | 18 | 7 | 1 | 5 | 4 | 12 | 6 | 9 | 13 |

양배추의 배추좀나방 유충에 의한 피해를 보면(표 2), 페로몬트랩에 유인된 성충의 유살량과 같은 경향으로 연도별 차이를 나타냈다. 성충의 비래량이 많았던 2009년에는 양배추 정식 1개월 후인 5월 중순에 46.7%의 피해주율을 보였으며, 6월 초순부터 피해엽율이 급격히 증가하여 수확기인 7월 상순에 100%의 피해주율과 36.6%의 피해엽율을 나타냈다. 성충의 비래가 적었던 2010년에는 정식 1개월 후의 피해주율이 4.3%로서 2009년에 비해 초기 피해가 적게 나타났으나, 세대번식에 따라 피해가 점진적으로 증가하여 수확기인 7월 상순에는 각각 100%의 피해주율과 44.6%의 피해엽율을 보여 2009년의 피해에 근접하였다.

표 2. 양배추 생육시기별 배추좀나방 피해율

| 피해율(%) | | 시기 | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | 5월 중순 | 5월 하순 | 6월 상순 | 6월 중순 | 6월 하순 | 7월 상순 | |
| 피해주율 | 2009년 | 46.7 | 93.4 | 96.7 | 98.4 | 100 | 100 | |
| | 2010년 | 4.3 | 8.7 | 18.8 | 68.9 | 93.5 | 100 | |
| 피해엽율 | 2009년 | 4.7 | 9.7 | 25.0 | 26.2 | 31.9 | 36.6 | |
| | 2010년 | 0.5 | 1.2 | 5.3 | 18.7 | 25.5 | 44.6 | |

이와 같은 결과를 볼 때 배추좀나방 발생에 따른 피해가 방제를 하지 않았을 경우 수확기에 매우 크다는 것을 나타내 주고 있어 피해분석에 의한 방제밀도 설정이 필요하다는 것을 증명하고 있다. 양배추 생육시기별 배추좀나방에 의한 피해양상을 보면(그림 2), 수확기에는 배추좀나방 유충이 결구부위의 속을 가해함으로써 상품성을 상실하게 됨을 알 수 있었다.



<그림 2> 양배추 생육시기별 배추좀나방에 의한 피해양상

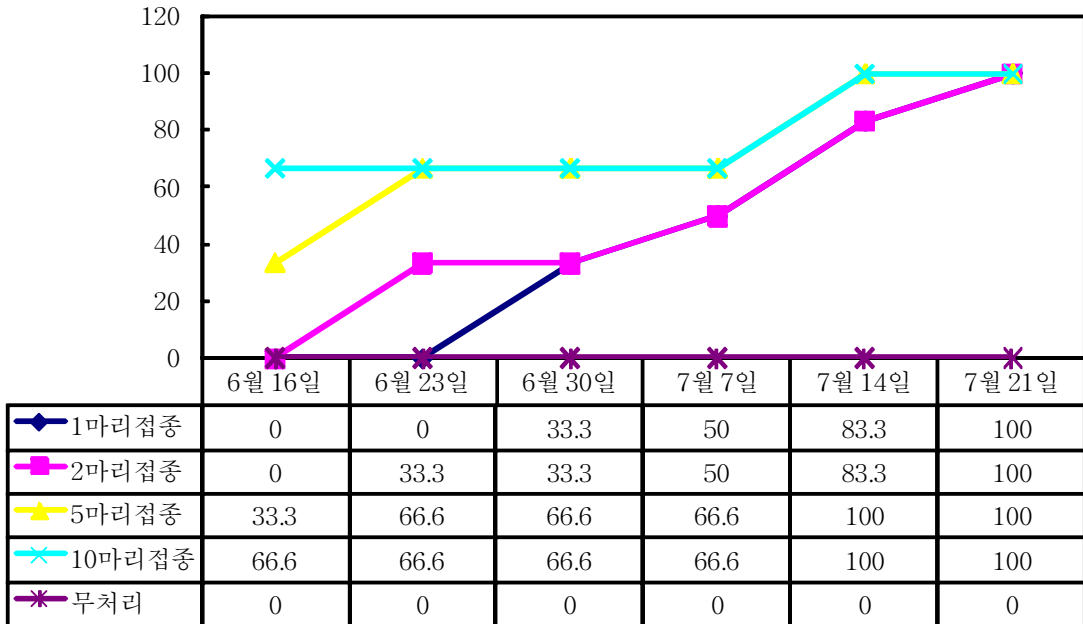
표 3은 양배추 재배시 관행 약제방제, 망사터널 재배, 무방제 등과 같이 방제방법을 달리하여 수량성을 조사한 결과이다. 양배추를 무방제 재배시 상품수량(구중)이 3,073g으로 관행방제(4,120g) 대비 25%의 감수를 나타냈으며, 망사터널 재배구에서는 4,533g의 구중을 나타내 온실효과에 의한 증수 원인으로 판단되었다.

표 3. 재배유형에 따른 양배추 수량 비교

| 처리구 | 주중 (g) | 외엽수(매) | 구중 (g) | 비고 |
|---------|--------|--------|--------|--------------|
| 관행방제 | 5,966 | 14.0 | 4,120 | - 정식일 : 4/15 |
| 망사터널 재배 | 7,026 | 14.6 | 4,533 | - 수확일 : 7/15 |
| 무방제 | 4,700 | 16.6 | 3,073 | |

2. 배추좀나방의 피해해석

2009년에 수행한 실험 결과(그림 3)를 보면, 주당 5마리 이상의 접종구에서는 접종 1개월 후 부터 피해가 급증하였고 수확기에는 양배추가 고사하였다(그림 4). 주당 1, 2마리 접종구에서는 접종 1개월 후에는 피해가 거의 없다가 세대 증식에 의해 수확기에는 100%의 피해를 나타냈다. 따라서 원활한 실험을 위해서는 유충의 접종 밀도를 줄이는 것이 필요하다고 판단되어 2010년도의 실험에 적용하였다.



<그림 3> 배추좀나방 접종밀도에 따른 시기별 양배추 피해율



<그림 4> 배추좀나방 유충의 접종 밀도별 양배추 피해 양상

접종 밀도에 따른 배추좀나방 유충의 증가수를 조사한 결과(표 4), 배추좀나방 유충 접종 후 1세대 경과 시 유충 밀도는 접종 밀도가 많을수록 급격히 증가하여 그 피해가 매우 심할 것으로 예측되었다.

표 4. 배추좀나방 접종밀도별 유충 증가 상황

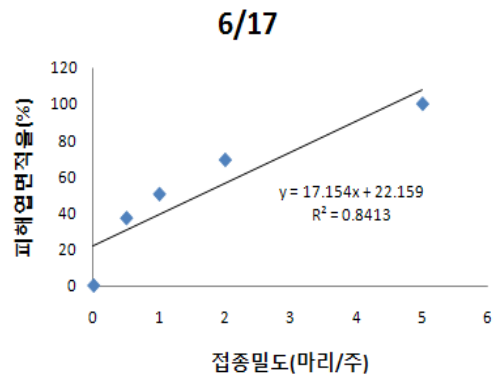
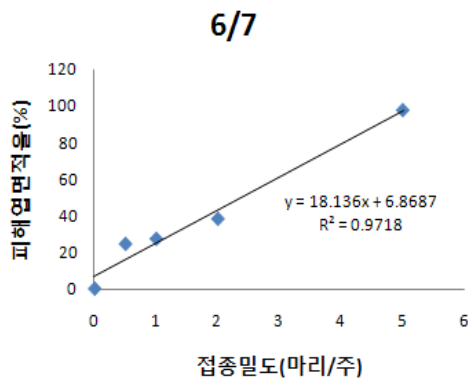
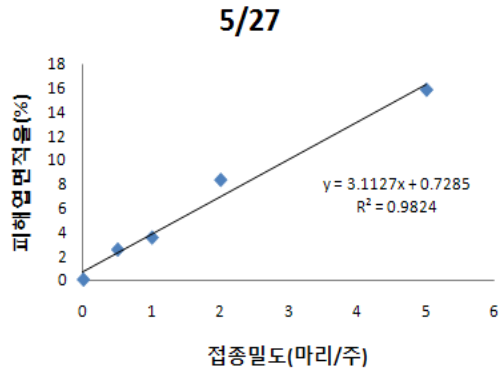
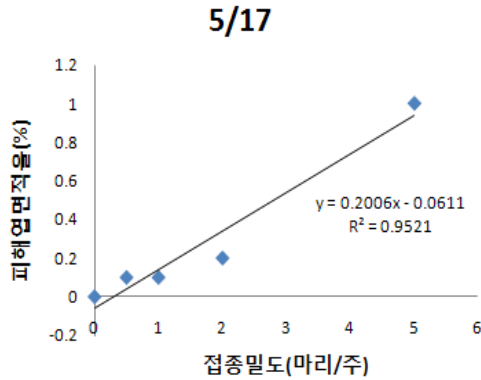
| 접종밀도 (마리/주) | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 비고 |
|----------------|---|-----|-----|------|------|-------------|
| 유충수 | 0 | 7.3 | 8.5 | 29.6 | 95.8 | 접종 20일 후 조사 |

표 5는 양배추 생육시기별로 배추좀나방 유충을 밀도별로 접종하여 그 피해율을 조사한 결과이다. 배추좀나방 접종 밀도에 따른 양배추 피해는 정식 3일 후에 접종한 시험구에서는 접종 1개월 후 24~96%의 피해엽율을 나타냈으며, 접종 50일 후에는 양배추가 사멸하였다. 또한 접종시기에 관계없이 유충의 접종 밀도가 많을 경우에는 양배추 수확기에 대부분 사멸하는 것으로 보아 양배추 재배시 배추좀나방의 방제가 반드시 필요함을 알 수 있었다. 특히 정식 50일 후에 접종한 시험구에서도 그 피해가 크게 나타난 것으로 보아 결구기 이후에도 방제가 수행되어야 상품성이 있는 양배추를 수확할 수 있을 것으로 판단되었다. 이와 같은 접종 실험을 통한 피해율을 근거로 하여 양배추의 생육시기에 따른 접종밀도별 피해율을 회귀식으로 산출하여 요방제 밀도를 추정하였다

표 5. 배추좀나방 접종밀도에 따른 양배추 피해 엽면적율 (단위 : %)

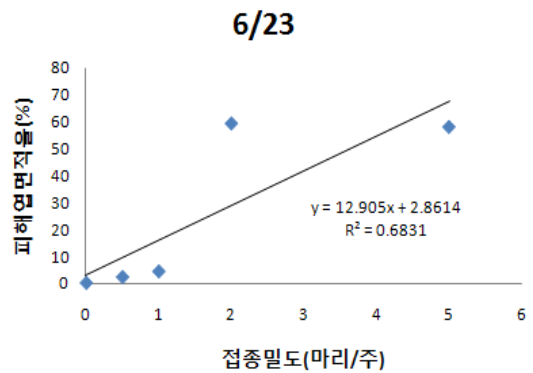
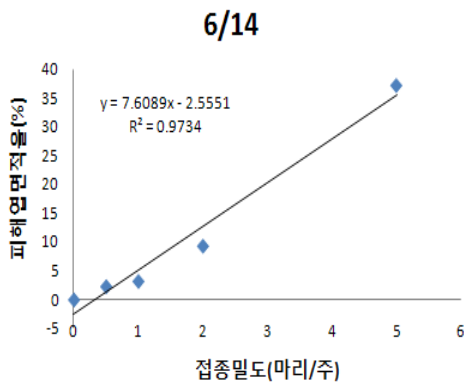
| 접종시기 | 조사일 (월/일) | 접종밀도(마리/주) | | | | | 비고 |
|---------|--------------|------------|------|------|------|------|--------------|
| | | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | |
| 정식 3일후 | 5/17 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 1.0 | 정식 : 5/3일 |
| | 5/27 | 0 | 2.5 | 3.5 | 8.3 | 15.8 | |
| | 6/ 7 | 0 | 24.6 | 27.4 | 38.4 | 98.1 | |
| | 6/17 | 0 | 37.1 | 50.3 | 69.2 | 100 | |
| | 6/27 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 정식 30일후 | 6/14 | 0 | 2.3 | 3.2 | 9.3 | 37.1 | |
| | 6/23 | 0 | 2.2 | 4.3 | 59.4 | 58.1 | |
| | 7/ 3 | 0 | 3.1 | 2.9 | 76.1 | 95.0 | |
| | 7/13 | 0 | 5.8 | 20.3 | 90.7 | 100 | |
| 정식 50일후 | 7/ 3 | 0 | 2.4 | 6.0 | 13.9 | 49.5 | |
| | 7/23 | 0 | 33.3 | 48.8 | 71.5 | 96.1 | |

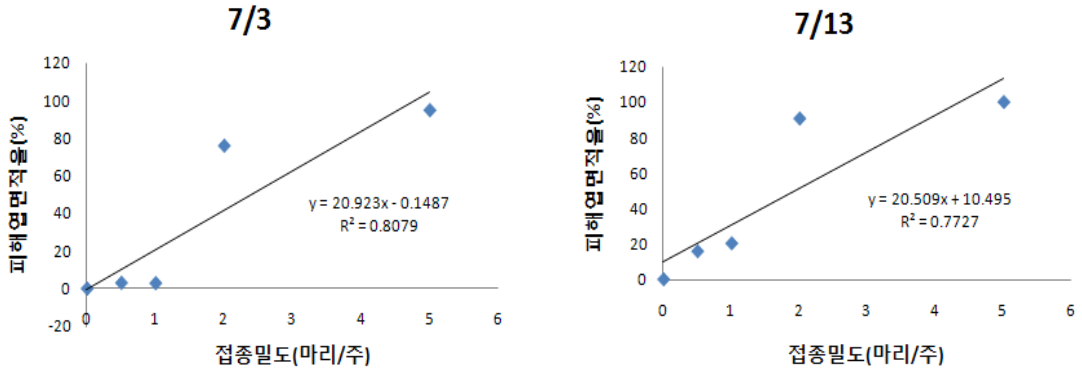
그림 5에서 정식 3일후 접종하고, 접종 후 12일 경과시(5월17일)에는 피해엽면적율이 최대 1% 이내로 방제가 필요 없었고, 접종 후 22일 경과시(5월 27일)에는 수익역치를 5%로 전제할 때, 접종밀도(X)에 따른 피해엽면적율(Y)은 $Y = 3.1127X + 0.7285(R^2=0.9824)$ 로 요방제수준의 피해밀도는 주당 1.4마리로 추정하였다. 접종 후 33일(6월 7일)과 43일(6월 17일), 53일(6월 27일)은 방제시기를 놓친 피해엽면적율을 보였다.



<그림 5> 정식 3일후(5/6일) 배추좀나방 접종밀도에 따른 시기별 양배추 피해율을 회귀분석

그림 6에서 정식 30일후 접종하고, 접종 후 10일 경과시(6월 14일)에는 수익역치를 5%로 전제할 때, $Y=7.6089X-2.5551$ ($R^2=0.9734$)로 요방체수준은 주당 1.0마리로 추정되었고, 접종 후 30일 경과시(7월 3일)에는 $Y=12.905X+2.8614$ ($R^2=0.6831$)로 요방체수준은 주당 0.2마리로 추정되었다.





<그림 6> 정식 30일후(6/3일) 배추좀나방 접종밀도에 따른 시기별 양배추 피해율을 회귀분석

4. 적 요

양배추를 가해하는 배추좀나방에 대한 피해해석 및 요방제 밀도를 설정하기 위하여 본 시험을 수행하였다.

페로몬트랩을 이용한 양배추 포장에서의 배추좀나방 비래 조사 결과, 시험년도에 따라 큰 차이를 나타냈으나, 전 재배기간에 걸쳐 채집되었다.

양배추의 배추좀나방 피해는 정식 1개월 후부터 피해가 급증하여 수확기에는 100%의 피해율을 나타냈으며, 약제방제구 대비 20%의 수량 감소를 보였다.

배추좀나방 접종 밀도에 따른 양배추 피해는 접종 1개월 후에 24~96%의 피해율을 나타냈으며, 접종 50일 후에는 양배추가 사멸하였다.

양배추에서 배추좀나방의 요방제 밀도를 수익역치를 5%로 설정하여 회귀식을 산출한 결과, 접종밀도(X)에 따른 피해엽면적율(Y)는 생육초기에 $y = 3.1127x + 0.7285$ ($R^2=0.9824$), 생육중기 $y = 7.6089x - 2.5551$ ($R^2=0.9734$), 생육 후기 $y = 20.923x - 0.1487$ ($R^2=0.8079$) 이었으며, 이에 따른 요방제수준의 피해밀도는 각각 1.4, 1.0 및 0.2/주 마리로 추정하였다.

5. 인용문헌

Ankersmit, G. W. 1953. DDT-Resistance in *Plutella maculipennis* in Java. Bull. Ent. Res.44 : 421-426.

최인후, 유재기, 나승용. 1992. 배추좀나방의 발생생태와 약제방제 효과. 농시논문집(작물보호) 34(1) : 40-47.

Hutchison, W. D., P. C. Bolin and R. L. Hines. 2007. Diamondback Moth. <http://www.vegedge.umn.edu/vegpest/colecrop/diamond.html>

전홍용, 김형환, 양창열, 장한익, 목일진, 임명순. 2005. 배추에서 배추좀나방의 피해와 방제 결정 수준. 원예과학기술지 23(3) 245-361.

김명화 이승찬. 1991. 남부지방에서 배추좀나방의 발생생태에 관한 연구. 한국응용곤충학회

지 30(3) : 169-173.

김형환, 조성래, 이동운, 전홍용, 박정규, 추호렬. 2006. 곤충병원성 선충(Steinernematid 와 Heterohabditid)을 이용한 시설재배지 배추좀나방(*Plutella xylostella*)의 생물적 방제. 한국응용곤충학회지 45(2) : 201-209.

Knodel J. J. and Ganehiarachchi M. 2008. Diamondback Moth in Canola : Biology and Integrated Pest Management. <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/pests /e1346.html>

한국작물보호협회. 2010. 2010 농약사용 지침서. pp 1199

한국식물보호학회. 1986. 한국 식물병·해충·잡초 명감. pp 275-276.

권민, 권혜진, 박강용, N. S. Talekar. 2002. 배추좀나방 기생천적(*Diadegma semiclausum* Hellen, *Microplitis plutellae* Muesbeck)의 실내사육. 2002년도 한국응용곤충학회 한국곤충학회 합동 춘계 학술발표회 p 71.

이승찬, 조영식, 김도익. 1993. 배추좀나방(*Plutella xylostella* L.)의 독성시험방법 비교와 지역 별 약제저항성에 관한 연구. 한국응용곤충학회지 32(3) : 323-329

Mitchell, E. R., F. C. Tingle, R. C. Navasero-Ward and M. Kehat. 1997. Diamondback Moth(Lepidoptera : Plutellidae) : Parasitism by *Cotesia plutellae*(Hymenoptera : Braconidae) in Cabbage. Florida Entomologist 80(4) : 477-489

Reddy, G. V. P. 2001. Optimum Timing of Insecticide Applications Against Diamondback Moth *Plutella xylostella* in Cole Crops Using threshold Catches in Sex Pheromone Traps. Pest Manag. Sci. 57 : 90-94

Shelton, A. M., J. A. Wyman, N. L. Cushing, K. Apfelbeck, T. J. Dennehy, S. E. R. Mahr and S. D. Eigenbrode. 1993. Insecticide Resistance of Diamondback Moth(Lepidoptera : Plutellidae)in North America. J. Econ. Entomol. 86 : 11-19.

Talekar, N. S. and A. M. Shelton. 1993. Biology, Ecology and Management of Diamondback Moth. Annual Review of Entomology 38 :275-301.

6. 연구결과 활용

| 연도(연차) | 활용구분 | 제 목 |
|-----------|------|----------------------|
| 2010(2년차) | 영농활용 | ○양배추에서 배추좀나방의 요방제 수준 |

7. 연구원 편성

| 구 분 | 소 속 | 직 급 | 성 명 | 수행업무 | 참여년도 | |
|-------|---------|-------|-----|---------|------|-----|
| | | | | | '09 | '10 |
| 책 임 자 | 환경농업연구과 | 농업연구사 | 최준근 | 세부과제 총괄 | ○ | ○ |
| 공동연구자 | " | " | 문윤기 | 조사업무 지원 | ○ | ○ |
| " | " | " | 김성일 | 업무 지원 | ○ | ○ |
| " | " | 연구원 | 황미란 | 업무 보조 | ○ | ○ |