

## 육묘상 양파 노균병에 대한 몇 가지 살균제의 방제 효과

# Control Efficacy of Several Fungicides against Downy Mildew of Onion at Nursery Seedling Stage

모청용<sup>1</sup> · 이장훈<sup>1</sup> · 고숙주<sup>2</sup> · 양광열<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 농업생명과학대학 식물생명공학부, <sup>2</sup>전라남도농업기술원

Chung-Yong Mo<sup>1</sup>, Jang Hoon Lee<sup>1</sup>, Suk-Juo Ko<sup>2</sup>, and Kwang-Yeol Yang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Biotechnology, College of Agriculture and Life Science, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

<sup>2</sup>Jeollanam-do Agricultural Research and Extension Services, Naju 58213, Korea

### \*Corresponding author

Tel: +82-62-530-2076

Fax: +82-62-530-0207

E-mail: kyyang@jnu.ac.kr

During the nursery seedlings stage at Muan in 2013, moisture and temperature conditions were favorable for the occurrence of onion downy mildew. Several fungicides were evaluated for controlling onion downy mildew at the stage of seedling. The disease incidence of the untreated control was 51.1%, which was sufficient to evaluate the fungicide efficacy for the control of onion downy mildew. Incidence at the mancozeb treatment (MAN treatment) was 4.4% and it was the highest control value of 91.4%. Incidence at the various fungicides treatment (MIX treatment) consisted of amectotradin plus dimethomorph, floupicolide plus propamocarb HCl, or dimethomorph plus pyraclostrobin was 10.0%, and the control value of the MIX treatment was 80.4%. Among the tested fungicides, amectotradin plus dimethomorph (AME plus DIM treatment) was selected and treated. Incidence of AME plus DIM treatment was 12.2%. There was statistically significant difference among the three different treatments and the untreated control. These results suggest that the application of fungicides on onion nursery seedlings was effective to control the onion downy mildew.

**Keywords:** Fungicide, Nursery seedlings, Onion downy mildew, *Peronospora destructor*

Received June 11, 2016

Revised August 3, 2016

Accepted August 8, 2016

양파에 발생하는 여러 가지 병해 중에서 노균병은 공기 전염성병으로 양파 잎에 피해를 주어 심각한 수량 감소를 초래하게 된다. 양파 노균병에 의한 피해는 양파 주산단지에서 지속적으로 나타나고 있으나 노균병을 일으키는 노균병균(*Peronospora destructor* Berk.)이 활물기생균(obligate parasite)이어서 인공배양이 어려워 연구가 거의 이루어지지 않고 있으며 효과적인 방제 방법 역시 확립되지 않은 실정이다. 양파 노균병균은 수확이 끝난 다음 토양에 잠복하고

있다가 월동 후 다음 해 초봄에 발병하여 피해를 주는 1차 감염에 따른 피해와 1차 감염원에서 유래한 분생포자에 의해 생육중후기에 감염이 지속되는 2차 감염에 따른 피해로 구분할 수 있다(Choi 등, 2011; Jung, 1964). 따라서 1차 피해주에서 발생한 분생포자의 밀도가 많아지면 결과적으로 2차 감염이 심해질 수 있으므로 1차 감염을 줄이는 방법이 양파 노균병 방제에 매우 중요하다.

최근의 양파 정식시기에 따른 노균병 1차 감염시기를 연구한 결과, 정식시기가 빠를수록 4월 상순순 본밭에서 조사한 노균병 피해주율이 높게 나타났으며, 특히 양파정식기인 10월 하순부터 11월 상순에 정식했을 때 피해주율이 38% 이

### Research in Plant Disease

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

[www.online-rpd.org](http://www.online-rpd.org)

©The Korean Society of Plant Pathology

©This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

상으로 높게 나타나 이 시기에 노균병 1차 피해원인균이 감염되었을 것으로 추정하였다(Hwang 등, 2013). 이러한 결과는 본밭에서 노균병에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 관행적으로 실시하는 월동 후 방제보다는 정식 전 육묘부터 적극적인 노균병 방제를 수행하여 1차 감염에 따른 병원균 밀도를 줄이는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 노균병 1차 감염시기인 육묘 재배기간 중의 발병 환경 조건을 확인하고 육묘 단계에서 발병을 효과적으로 억제하기 위해 등록된 살균제를 이용하여 노균병 방제 효과를 확인하였다.

살균제의 노균병 방제 효과를 명확하게 확인하기 위하여 우리나라 양파 주요 생산지역인 무안군 소재 농가에서 연작지 토양을 이용하여 양파 육묘상을 설치하였다. 육묘상 작업은 대부분의 농가에서 관행적으로 진행하는 방법으로 수행되었으며 2013년 9월 23일에 파종하였다. Table 1에 제시된 것처럼 국내에서 양파 노균병에 등록된 살균제들 중에서 FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) 목록에 의거하여 작용기작을 고려하고 육묘 단계에서 약해가 없는 살균제들을 선발하여 육묘상에 처리하였다. 살균제의 살포는 파종 17일 후부터 8-10일 간격으로 3회 처리하는 것을 기준으로 하였고, 살균제 처리는 완전임의 배치법 3반복으로 실시하였다(Table 2). 양파 노균병균은 활물기생균이므로 자연 발병을 유도하였으며, 양파 노균병 조사는 노균병 증상이 육안으로 확인되는 2013년 10월 28일에 각 처리구간 경계면 50 cm를 제외하고 처리구간 내에서 임의로 50개체를 선발

한 다음 육안으로 이병주율을 조사하여 다음과 같은 방법으로 이병주율과 방제가를 계산하였다.

$$\text{이병주율}(\%) = (\text{처리구 이병주수} / \text{처리구 총 조사 주수}) \times 100$$

$$\text{처리구별 방제가}(\%) = (1 - \text{살균제 처리구 이병주율} / \text{무처리구 이병주율}) \times 100$$

각 처리구의 양파 노균병 방제효과의 유의성 검정은 IBM SPSS Statistics 20 프로그램(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 Duncan의 다중범위검정  $P=0.05$  수준에서 수행하였다.

양파 노균병이 발병하기 위해서는 습도가 가장 중요하지만 온도와 햇빛 역시 중요한 요인이다. 노균병은 특히 저온 다습한 환경 조건에서 발병이 잘 이루어지는 병으로 95% 이상의 상대습도가 유지되면서 평균기온 10°C-12°C가 가장 적합하지만 약 22°C까지는 빠르게 병이 진전될 수 있다(Hildebrand와 Sutton, 1982; Palti, 1989; Survilienė 등, 2008). 그리고 노균병균의 포자 생존은 태양 일조 강도와 밀접한 연관이 있어 포자를 약한 일조 강도(70-280 W/m<sup>2</sup>)에 6시간 조사하였을 때 68%가 생존하였으나 중간 정도의 일조 강도(280-630 W/m<sup>2</sup>)와 비교적 강한 일조 강도(630-940 W/m<sup>2</sup>)에 같은 시간 동안 조사한 결과 생존율이 각각 5%와 0%로 나타나 약한 태양 일조 강도가 노균병 진전에 중요한 또 하나의 요인이라 할 수 있다(Bashi와 Aylor, 1983; Palti, 1989). 따라서 파종 후 육묘에서 양파 재배가 이루어진 2013년 9월 하순부

**Table 1.** List of fungicides used in this study

Fungicide	a.i. (%)	Formulation	Group name
Mancozeb	75	WP	Dithiocarbamates
Ametoctradin+dimethomorph	27+20	SC	QxI+CAA
Fluopicolide+propamocarb HCl	5+50	SC	Benzamide+carbmates
Dimethomorph+pyraclostrobin	16+9.5	SC	CAA+QoI

WP, wettable powder; SC, suspension concentrate; QxI, quinonexinhibitors; CAA, carboxylic acid amides; QoI, quinone outside inhibitors.

**Table 2.** Fungicide spray schedule for the control of onion downy mildew at the stage of seedlings

Treatment	Spray time		
	October 10, 2013	October 18, 2013	October 28, 2013
MAN	Mancozeb	Mancozeb	Mancozeb
AME+DIM	Ametoctradin+dimethomorph	Ametoctradin+dimethomorph	Ametoctradin+dimethomorph
MIX	Ametoctradin+dimethomorph	Fluopicolide+propamocarb HCl	Dimethomorph+pyraclostrobin
Untreated control	-	-	-

-, no spray.

터 정식이 이루어진 11월 하순까지의 무안지역 기상 조건을 확인하였다. 그러나 무안지역에 기상대가 없는 관계로 무안지역에서 가장 가까운 목포지방 기상대의 기상자료를 확인해 본 결과, 2013년 9월 하순부터 11월 하순까지의 기상 조건은 양파 노균병 발생에 적합한 온습도를 보여 주었다(Fig. 1). 특히 10월의 평균 기온은 16.9°C를 기록하였으며 10월 8일부터 10월 10일까지 3일간의 평균 상대습도가 95.4%를 기록하였다(Fig. 1). 그리고 바닷가와 가까운 지형적 특성상 무안지역 양파 농가 포장에서는 잦은 안개로 인하여 이른 아침 시간에는 양파가 젖어 있는 날이 많아서 제시된 기상자료보다 무안지역의 실질적인 상대습도는 더 높게 유지되었으리라 생각되었다. 또한, 잦은 안개 때문에 태양의 일조 강도 역시 약하여 육묘시기에 노균병의 발병 및 진전이 이루어질 수 있었을 것으로 생각되었다. Viranyi (1974)의 연구 결과에 의하면, 양파 노균병균 포자의 발아는 온도와 양파 잎이 젖어 있는 시간이 매우 중요하여 적합한 상대습도가 유지될 때 10°C-18°C에서 2-3시간이면 포자 발아가 완료되고 22°C에서는 4시간 정도가 필요한 반면 27°C가 되면 포자 발아는 거의 되지 않는다고 하였다. 그리고 포자가 발아하여 부착기를 형성하기 위해서는 포자 발아와 유사한 온도 조건이 필요하며 노균병균이 양파에 침입한 후 병징이 나타날 때까지의 잠복기간은 10-17일 정도가 소요된다(Hildebrand와 Sutton, 1984; Palti, 1989). 실질적으로 2013년 9월 하순부터 11월 하순까지 목포 기상대의 온도 조건을 살펴보면 22°C보다 높은 온도를 기록한 날은 10월 초에 단 이틀밖에 없었다(Fig. 1). 따라서 2013년 10월 28일에 노균병을 조사할 때 노균병 초기 병징을 확인할 수 있었기 때문에 잠복기간을 감안해 보면 10월 중순경에 감염되었을 것으로 생각되었다. 이러한

결과들을 종합해 보면 무안지역의 양파 농가에서 육묘 재배가 시작되는 9월 중·하순경부터의 온도 및 상대습도가 양파 노균병 발생에 적합한 환경 조건에 해당하므로 육묘에서 노균병 방제에 대한 적극적인 노력이 반드시 필요하리라 생각되었다.

그러나 대부분의 양파 농가에서는 월동 후 이듬해 봄인 3-4월경 본밭에서 발생하는 노균병의 방제를 위해서는 살균제를 사용하여 적극적으로 대처하지만 육묘 단계의 노균병 방제 필요성에 대한 인식이 많이 부족한 편이다. 그래서 본 연구에서 양파 육묘 단계의 노균병을 방제하기 위해 국내에 등록되어 있는 살균제들을 육묘에 각각 살포한 후 양파 노균병의 방제 효과를 검증하였다. Table 3에서 확인할 수 있듯이 살균제가 처리되지 않은 무처리구의 이병

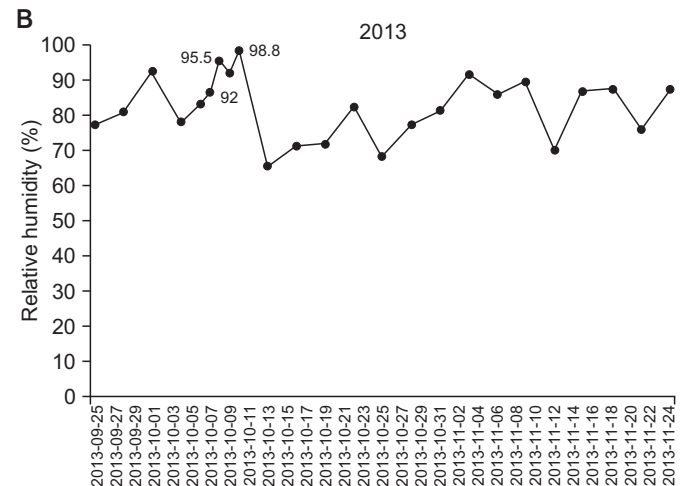
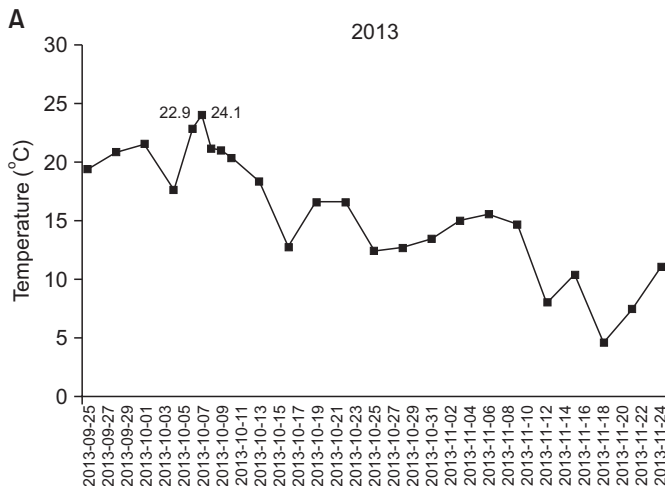
**Table 3.** Control effect of different fungicide treatments against downy mildew of onion caused by *Peronospora destructor* at the stage of seedlings

Treatment	Disease incidence (%)*	Control value (%)†
MAN	4.4 b	91.4
AME+DIM	12.2 b	76.1
MIX	10.0 b	80.4
Untreated control	51.1 a	-

MAN, mancozeb; AME+DIM, ametoctradin+dimethomorph; MIX, ametoctradin+dimethomorph, fluopicolide+propamocarb HCl, dimethomorph+pyraclostrobin.

\*Average percentage infected onion plants for each of three replicates. Different letters among treatments indicate the significant difference according to Duncan's multiple range tests,  $P=0.05$ .

†Control value (%)=(1-percentage of onion plants diseased in fungicide treatment/percentage of onion plants diseased in untreated control)×100.



**Fig. 1.** Temperature (A) and relative humidity (B) conditions in Mokpo area from late-September to late-November, 2013.

주율이 평균 51.1%의 발병률을 보여 처리구의 살균제 약효를 평가하기에 충분하였다. 육묘에 살균제를 처리한 후 각각의 처리구에서 양파 노균병이 발병한 정도를 조사한 결과, 다양한 작용기작을 가지고 있고 포자발아 억제 효과가 우수하여 보호살균제로 많이 사용되고 있는 mancozeb을 처리한 MAN 처리구에서 이병주율이 평균 4.4%를 보여 방제가가 91.4%로 나타나 방제 효과가 가장 우수하게 나타났다. 두 번째로 우수한 효과를 나타낸 처리구는 작용기작이 각각 다른 살균제인 ametoctradin+dimethomorph, fluopicolide+propamocarb HCl, dimethomorph+pyraclostrobin을 순서대로 살포한 MIX 처리구에서 평균 10.0% 이병주율을 보여 방제가가 80.4%로 나타났다. 그리고 살균제 ametoctradin+dimethomorph만을 세 차례 처리한 AME+DIM 처리구에서는 12.2%의 이병주율을 보여 방제가가 76.1%로 나타났다. 무처리구에 비해서 각각의 처리구에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 본 연구에서 사용된 살균제들은 육묘에서 양파 노균병 방제를 위해 서로 다른 작용기작을 가진 약제들로 선발되었는데, 그 중에서 여러 작물에서 보호살균제로 널리 이용되고 있는 mancozeb이 양파 노균병 방제에도 우수한 효과가 있음을 확인하였다. Smith 등 (1985)은 양파 노균병 방제를 위하여 사용되는 mancozeb의 잔효력을 확인해 보기 위해 mancozeb을 살포 후 2, 4, 7, 10일 후에 양파 전체 식물체와 양파 잎이 노균병에 걸린 비율을 조사하였고, 그 결과 10일 후까지도 각각 25%와 10%만이 병에 걸릴 정도로 잔효력이 유지되었다고 보고하였다. 또한 Develash와 Sugha (1997)의 연구에 의하면 9개의 살균제를 각각 양파 밭에 살포한 후 노균병의 방제 효과를 검정해 본 결과, 그 중에서 mancozeb과 metalaxyl을 혼합한 살균제를 14일 간격으로 세 차례 살포하였을 때 양파 노균병에 대해 77.2%의 방제 효율을 보여 9개 살균제 중에서 가장 우수하였다. 본 연구에서 2013년 10월 10일부터 8일과 10일 간격으로 세 차례 살포한 mancozeb 처리구가 시기적으로 노균병 발병에 적합한 환경이었음도 불구하고 노균병 발병 초기에 살포되어 방제 효과가 높게 나타났으며, 살균제 살포 기간도 적절하여 mancozeb의 잔효력이 유지됨으로써 결과적으로 우수한 방제 효율을 나타낼 수 있었다고 생각한다. 그러나 Raziq 등(2008)은 양파 포장에서 노균병을 방제하기 위해 10가지 종류의 다양한 살균제 효과를 비교한 결과에서 mancozeb과 metalaxyl을 혼합한 살균제 처리구가 mancozeb만을 살포한 처리구보다 발병률이 더 낮게 나타나 가장 우수한 방제 효과가 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구 결과를 활용하여 육묘 단계 및 월동 후 본밭에서 양파 노균병의

효과적인 방제를 위해 살균제를 이용한 살포체계를 확립하기 위해서는 mancozeb 뿐만 아니라 mancozeb과 metalaxyl이 혼합한 살균제를 이용한 방제 효과를 검정하는 연구도 필요하리라 생각한다.

살균제 작용기작이 서로 다른 세 가지 종류의 살균제가 교호로 살포된 MIX 처리구에서도 비교적 높은 방제 효과를 나타내었는데, Surviliene 등 (2008)의 연구 결과에 의하면 다양한 종류의 살균제를 7-10일 간격으로 살포하여 양파 노균병 방제 효과를 검정한 결과 살균제 fluopicolide+propamocarb HCl은 2005년과 2007년 2년간 평균 87.99%의 우수한 방제 효율을 나타내었다고 보고하였다. 그리고 최근에 수행된 연구에서도 대조구의 발병률이 67.34%인 상황에서 살균제 fluopicolide+propamocarb HCl 처리구는 9.9%의 발병률을 보여 연구에 함께 사용하였던 다른 종류의 5개 살균제에 비해 월등하게 양파 노균병의 방제 효과가 우수하였다(Abkho, 2012). 그러나 MIX 처리구에서 함께 사용하였던 살균제 ametoctradin+dimethomorph와 dimethomorph+pyraclostrobin에 대한 양파 노균병 방제 효과를 검정한 연구 결과가 국내외적으로 없고 본 연구에서 살균제 ametoctradin+dimethomorph만을 세 차례 살포한 AME+DIM 처리구가 MIX 처리구에 비해 방제 효과가 다소 낮게 나타난 점으로 미루어 보아 다양한 작용기작을 가진 살균제를 교호로 살포하는 것이 방제 효과를 높이는 좋은 방법이라 생각되었다. 노균병 방제를 위해 개발된 살균제에는 특이적인 작용기작을 가진 quinone outside inhibitors, phenylamides, carboxylic acid amides 계통 등이 있으며 다양한 작용기작을 가진 살균제로는 mancozeb, chlorothalonil, copper 등이 사용되고 있다(Gisi와 Sierotzki, 2008). 그러나 국내에서는 이러한 다양한 살균제를 이용하여 양파 노균병 방제를 위한 연구가 많이 진행되지 않고 있는 실정이다. 더욱이 양파 육묘 재배 시기가 노균병 발병에 적합한 환경임에도 불구하고 살균제 등을 이용한 방제가 효과적으로 이루어지지 않는다면 육묘 단계에서 잠복되어 있던 노균병균이 월동한 다음 이듬해 봄에 본밭에서 양파 노균병을 대발병하게 할 수 있음을 의미한다 하겠다. 따라서 육묘 단계에서 살균제 등을 사용하여 양파 노균병 방제에 대한 적극적인 노력이 반드시 필요하다고 생각한다.

## 요 약

무안지역의 양파 농가에서 육묘 재배가 시작된 2013년 9월 중·하순경부터 본밭에 정식 이루어진 11월 하순까

지의 온도 및 상대습도 조건이 양파 노균병 발병에 적합한 환경에 해당하였다. 그래서 육묘 단계에서 발생하는 양파 노균병의 방제를 위해 살균제를 이용하여 연구를 수행한 결과, 양파 육묘상에 서로 다른 살균제들이 처리된 각각의 처리구에 비해서 무처리구에서는 51.1%의 이병주율을 보여 살균제 효과를 평가하기에 충분하였다. 다양한 작용기작을 가지고 있고 포자발아 억제 효과가 우수하여 보호살균제로 많이 사용되고 있는 mancozeb을 세 차례 살포한 MAN 처리구의 이병주율이 4.4%로 나타나 방제가가 91.4%로 조사되어 가장 우수한 방제 효과를 보였고, 작용기작이 각각 다른 살균제인 amectotradin+dimethomorph, fluopicolide+propamocarb HCl, dimethomorph+pyraclostrobin을 순서대로 살포한 MIX 처리구는 10.0%의 이병주율을 보여 방제가가 80.4%로 나타났다. 그리고 amectotradin+dimethomorph만을 세 차례 살포한 AME+DIM 처리구는 12.2%의 이병주율을 보여 방제가가 76.1%로 나타나 방제 효과가 다른 두 처리구에 비해 다소 낮게 나타났으나 살균제가 처리된 모든 처리구에서 무처리구에 비해서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 따라서 양파 육묘 재배 시기가 노균병 발병에 적합한 환경에 해당되므로 살균제 등을 사용하여 육묘 단계부터 양파 노균병 방제에 대한 적극적인 노력이 필요하다고 생각한다.

### Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

### Acknowledgement

This study was financially supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, the Advanced Production Technology Development Program, Ministry for Agriculture, Food and Rural Affairs, Republic of Korea.

### References

- Abkhoo, J. 2012. Efficacy of different fungicides for the control of downy mildew of onion. 1: 331. doi: 10.4172/scientificreports.331.
- Bashi, E. and Aylor, D. E. 1983. Survival of detached sporangia of *Peronospora destructor* and *Peronospora tabacina*. *Phytopathology* 73: 1135-1139.
- Choi, I. H., Lee, E. T., Kim, C. W. and Nam, S. S. 2011. Comparison of damage aspects of the first with the second by downy mildew disease for disease forecasting in the onion field. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 29(Suppl II): 112-113. (Abstract)
- Develash, R. K. and Sugha, S. K. 1997. Management of downy mildew (*Peronospora destructor*) of onion (*Allium cepa*). *Crop Prot.* 16: 63-67.
- Gisi, U. and Sierotzki, H. 2008. Fungicide modes of action and resistance in downy mildews. *Eur. J. Plant Pathol.* 122: 157-167.
- Hildebrand, P. D. and Sutton, J. C. 1982. Weather variables in relation to an epidemic of onion downy mildew. *Phytopathology* 72: 219-224.
- Hildebrand, P. D. and Sutton, J. C. 1984. Relationships of temperature, moisture and inoculum density to the infection cycle of *Peronospora destructor*. *Can. J. Plant Pathol.* 6: 127-134.
- Hwang, E. J., Choi, I. H., Kwon, Y. S., Lee, E. T. and Kim, C. W. 2013. Primary infection study of downy mildew according to different times of onion (*Allium cepa* L.) transplants. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 31(Suppl II): 64-65. (Abstract)
- Jung, B. J. 1964. Study on the control of downy mildew of onion with several new fungicides. *Korean J. Plant Prot.* 3: 11-14.
- Palti, J. 1989. Epidemiology, prediction and control of onion downy mildew caused by *Peronospora destructor*. *Phytoparasitica* 17: 31-48.
- Raziq, F., Alam, I., Naz, I. and Khan, H. 2008. Evaluation of fungicides for controlling downy mildew of onion under field conditions. *Sarhad J. Agric.* 24: 85-91.
- Smith, R. W., Lorbeer, J. W. and Abd-Elrazik, A. A. 1985. Reappearance and control of onion downy mildew epidemics in New York. *Plant Dis.* 69: 703-706.
- Surviliene, E., Valuskaite, A. and Raudonis, L. 2008. The effect of fungicides on the development of downy mildew of onions. *Zemdirbyste* 95: 171-179.
- Viranyi, F. 1974. Studies on the biology and ecology of onion downy mildew (*Peronospora destructor* (Berk.) Fries) in Hungary. II. Factors influencing sporulation and conidium germination. *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.* 9: 315-318.