

## 국내 발생 밀 붉은곰팡이병에 대한 약제의 배지상의 효과 검정과 포장 방제 약제 선발

박정미 · 신상현<sup>1</sup> · 강천식<sup>1</sup> · 김경훈<sup>1</sup> · 조광민<sup>1</sup> · 최재성<sup>1</sup> · 김형무 · 박종철<sup>1\*</sup>

전북대학교 농생물학과, <sup>1</sup>국립식량과학원 벼맥류부

### Fungicide Effects *in Vitro* and in Field Trials on *Fusarium* Head Blight of Wheat

Jung-Mi Park, Sang-Hyun Shin<sup>1</sup>, Chun-Sik Kang<sup>1</sup>, Kyung-Hoon Kim<sup>1</sup>, Kwang-Min Cho<sup>1</sup>, Jae-Seong Choi<sup>1</sup>, Hyung-Moo Kim and Jong-Chul Park<sup>1\*</sup>

Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, JeonJu 561-756, Korea

<sup>1</sup>Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Iksan 570-080, Korea

(Received on August 6, 2012; Revised on September 21, 2012; Accepted on September 24, 2012)

The objective of this research was to select effective fungicides for the control of *Fusarium* head blight (FHB) of wheat. We tested fourteen commercial fungicides against FHB in the laboratory and under field. Fludioxonil FS, Fludioxonil SC, and Benomyl+Thiram WP highly inhibited the mycelial growth of *Fusarium graminearum* on the medium while Oxine-copper WP, Thiophanate-methyl WP, and Copper hydroxide WP were not effective against FHB. To verify the disease control in field condition, we selected four fungicides such as Fludioxonil SC, Captan WP, Difenoconazole + propiconazole EC, and Metconazole SC. Their control efficacy on FHB disease severity of wheat was examined after the fungicide treatment twice (30th April and 10th May, 2012) in the two field locations (Iksan and Gimje). With no treatment, FHB severity was 45% and 33.7% in Gimje and Iksan, respectively. FHB disease incidence after fungicide treatment was between 0.3% and 2.2% in Gimje, showing over 95% FHB disease control. FHB disease incidence of fungicide-treated sector in Iksan showed slightly higher than Gimje but the control value of fungicides exhibited 87-90%. No side effect of the chemicals was observed in fungicide treatment. These results showed that four fungicides were effective in the FHB disease control in wheat.

**Keywords :** Chemical control, *Fusarium* head blight, Wheat

### 서 론

밀은 전 세계적으로 가장 중요한 식량자원으로 이용되고 있다. 국내에서도 최근 밀 소비가 급격히 늘어나면서 자급률 10% 달성을 위한 정책적 지원으로 재배 면적이 확대되고 있다. 한편, 재배 확대와 기후변화 따른 잦은 이상기상의 발생으로 인하여 병해 종류의 발생이 다양해지고, 일부 병해의 발병 정도가 증가되고 있는 상황이다. 국

내 밀의 주요 병해에는 바이러스 2종과 곰팡이 17종이 보고되어 있다(The Korean society of plant pathology, 2004). 그 중 붉은곰팡이병은 아시아, 캐나다, 유럽, 남미 등 전 세계적으로 발생하며(McMullen 등, 1997) 특히 1998년과 2000년 사이에 밀의 붉은곰팡이병에 의해서 미국 중서부에서만 약 2.7억 달러의 경제 손실이 발생하였다(Nganje 등, 2004). 우리나라에서는 1963년 남부지방에서 대발생하여 맥류 수확량의 40-80%가 감소하여 사회적으로 큰 문제가 된 후(Chung, 1975) 약 10년을 주기로 대발생하는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 이상기상에 따른 밀 출수기경 잦은 강우와 재배지의 확대에 인하여 2010년과 2011년에 국내 남부지역에 많은 발생을 보여

\*Corresponding author

Phone) +82-63-840-2243, Fax) +82-63-840-2116

E-mail) pacc43@korea.kr

병 발생 주기가 단축되는 양상을 보인다.

병원균은 주로 *Fusarium graminearum*(*Gibberella zeae*)에 의해 발생되지만 *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. chlamyosporum* 등의 관련(Ryu 등, 1990)도 보고되었다.

붉은곰팡이병의 발생은 특히 밀에서는 개화기경에 강우만으로도 병원균의 감염이 이루어지게 되어 습도가 가장 중요한 환경요인이 된다(Parry 등, 1995).

병의 감염은 종실의 등숙에 영향을 주기 때문에 수량 감소 피해의 직접적인 원인이 된다(Windel, 2000). 또한, 수량감소 외에도 인축에 중독증을 초래하는 독소를 종실 내에 축적하여 2차적인 피해를 주게 된다. 국내에서는 붉은곰팡이병에 오염된 맥류에서 DON, NIV, ZEA 등의 독소 오염이 보고(Lee 등, 1985)되었으며, 감염 종자는 유묘의 잎마름병을 일으키기도 한다(Stoyan 등, 2003). 방제는 일반적인 다른 병해들과 같이 저항성 품종의 이용이 가장 효율적인 방법이나, 국내에서는 현재까지는 시작 단계이다(Jung 등, 2011). 약제 방제를 위해 국외에서는 경엽처리는 물론 많은 종류의 종자 소독제 등도 등록되어 있다(Nakajima, 2010). 그러나 국내에서는 방제에 활용이 가능한 약제는 전혀 등록이 되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 시험은 밀 재배지의 붉은곰팡이병 방제에 활용하기 위한 적정 약제를 선발하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

**배지 내 약제 실험.** 밀 붉은곰팡이병에 방제 효과 검

정을 위해 국내 다른 작물의 *Fusarium* spp.이나 국내외의 보리와 밀의 붉은곰팡이병 방제용으로 등록되어 있는 약제 14종을 이용하였다(Table 1). 검정용 병원균은 2011년도 밀 재배포장에서 발생한 붉은곰팡이병 증상 부위에서 분리한 균주를 이용하였다. 검정용 균주는 병원성 검정과 배지에서의 생육 특성, 색소 형성과 곰팡이 DNA 염기서열 분석을 통해 *F. graminearum*으로 확인되었다(데이터 미포함). 약제별 배지상에서의 효과는 검정 균주의 균사 생육 억제 정도를 측정하여 조사하였다. 시험 약제별로 농약사용 지침서(Korean crop protection association, 2011)의 등록 기준 농도에 따라 희석하여 3반복으로 조사하였다. 검정용 배지는 Potato dextrose agar(PDA)를 이용하였다. 약제별 처리 효과는 10 µl의 약제를 흡수시킨 paper disc를 배지 중앙에 위치시킨 후 배양한 균주의 선단 5 mm를 배지 내 약제로부터 4 cm 정도 간격으로 네 군데에 치상하여 각각의 disc별 균사 생육 억제 정도를 측정하여 조사하였다. 처리 균주는 25°C에서 5일간 배양하였으며, 약제와 배지 내 네 곳의 약제 처리 paper disc의 균사 생육 저지 길이를 측정하여 평균치를 이용하여 차이를 조사하였다.

**포장 내 약효 검정.** 배지 내에서 균사 생육 억제 결과와 국내 보리에 사용 등록되어 있는 약제들을 이용하여 전라북도 김제와 익산 두 지역에서 각각 포장에서의 약효 시험을 수행하였다. 약제는 Fludioxonil 액상수화제, Captan 수화제, Difenoconazole + propiconazole 유제와 Metconazole 액상수화제 등 4종을 선발하여 이용하였다.

**Table 1.** List of chemicals tested in this study

Number	Chemical	Formulation <sup>a</sup> (Active ingredient, %)	Series	Dilution rate
1	Fludioxonil	FS (10%)	Cyanopyrrole	400
2	Benomyl + Thiram	WP (20 + 20%)	Benzimidazole + Dithiocarbamate	200
3	Fludioxonil	SC (20%)	Cyanopyrrole	1000
4	Thiram	FS (26.5%)	Dithiocarbamate	33
5	Tebuconazole	EC (25%)	Triazole	4000
6	Caboxin + Thiram	DP (37.5 + 37.5%)	Carboxanilide + Dithiocarbamate	400
7	Metconazole	SC (20%)	Triazole	1500
8	Benomyl	WP (50%)	Benzimidazole	1500
9	Mancozeb	WP (75%)	Organic sulfur	500
10	Captan	WP (50%)	Trichloromethylthio	500
11	Difenoconazole + Propiconazole	EC (13 + 13%)	Triazole	2000
12	Copper hydroxide	WP (77%)	Inorganic copper	1000
13	Oxine-copper	WP (50%)	Organic copper	500
14	Thiophanate-methyl	WP (70%)	Carbamate	1500

<sup>a</sup>FS: flowable concentrate for seed treatment, WP: wettable powder, SC: suspension concentrate, EC: emulsifiable concentrate, DP: dustable powder.

약제별 처리 농도는 권장 기준 희석량에 맞추었으며, 처리 시기는 밀의 출수기(전체 포장의 40% 출수)와 출수 후 10일 2회 경엽 처리하였다. 무처리구는 약제 처리시기에 물을 살포하였다. 현재 금강밀이 국내에서 가장 재배가 많은 품종이나 최근의 국내 육성 품종에 대한 저항성 검정 결과(Jung 등, 2011) 연백밀이 더욱 감수성인 결과를 보였다. 이에 따라 시험 품종은 감수성이 크고, 수량과 품질면에서 앞으로 경남지역을 중심으로 재배 확대에 있는 연백밀을 이용하였다.

병원균의 접종 처리는 하지 않았고 자연 발생을 유도하기 위해 1차 약제 처리 2일 후부터 약 8일 동안 인위적으로 오전과 오후 동안에 약 6회 이삭 부위에 살수 처리를 하였다. 살수 처리시 이삭에 물이 흐를 정도로 충분히 살포하였다. 2차 약제 처리 후에는 전체 시험구에 차광막을 씌워 병 진전을 유도하였다. 발병율은 2차 약제 처리 후 20일에 약 200수를 무작위로 채집하여 무처리 대비 발병 수율로 조사하였다. 약제별 처리 면적은 약효 검정은 약 30 m<sup>2</sup>, 약해 검정은 약 10 m<sup>2</sup>였으며 모든 처리는 3반복으로 시험을 수행하였다. 약제별 배지 내의 균생육 억제 효과와 포장에서의 약효 결과 차이는 R(2.15.1, Windows) 통계분석 프로그램을 이용하여 분석하였다.

### 결과 및 고찰

**배지 내 약제 실험.** 국내외 밀의 붉은곰팡이병이나 다른 작물의 *Fusarium* spp. 방제에 이용되고 있는 14종의 약제를 수집하여 밀 붉은곰팡이병에 감염된 부위에서 분리한 *F. graminearum*의 생육 억제를 배지상에서 검정 하였다. 그 결과 Fig. 1에서와 같이 약제별로 배지상에서 균의 생장 억제 반응이 다르게 나타났다.

이 약제들의 생육 억제 효과를 군사 생장 저해 정도를 통해 조사한 결과는 Table 2와 같다. 약제별 표준 농도 처리 결과 Fludioxonil 종자처리액상수화제가 약 1.5 cm의 생육 저지대를 형성하여 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다.

Benomyl + thiram 수화제도 Fludioxonil 종자처리액상수

**Table 2.** Inhibitory effect of several chemicals on the growth of *Fusarium graminearum* in paper disc method

Chemical <sup>a</sup>	Dilution rate <sup>b</sup>	Clear zone size <sup>c</sup> (cm)
Fludioxonil FS	400	1.492 a
Benomyl + Thiram WP	200	1.175 ab
Fludioxonil SC	1000	1.110 bc
Thiram FS	33	1.025 bc
Tebuconazole EC	4000	1.000 bc
Caboxin + Thiram DP	400	0.942 bc
Metconazole SC	1500	0.750 cd
Captan WP	500	0.577 de
Benomyl WP	1500	0.500 de
Difenoconazole + Propiconazole EC	2000	0.317 ef
Mancozeb WP	500	0.317 ef
Oxine-copper WP	500	0.042 f
Thiophanate-methyl WP	1500	0.008 f
Copper hydroxide WP	1000	0.000 f
Control (Sterilized distilled water)	-	0.000 f

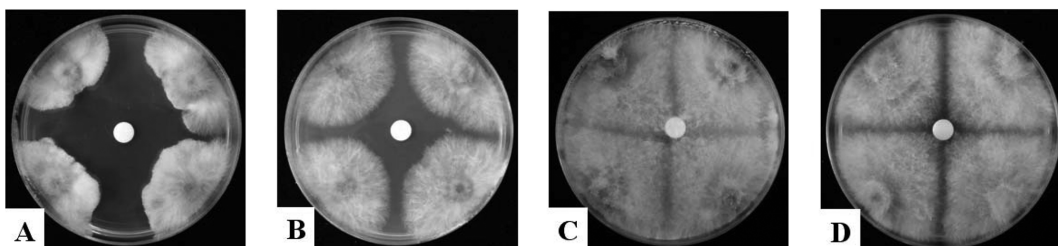
<sup>a</sup>FS: flowable concentrate for seed treatment, WP: wettable powder, SC: suspension concentrate, EC: emulsifiable concentrate, DP: dustable powder.

<sup>b</sup>Standard dilution concentration according to the “Guideline of pesticide using” (Korean crop protection association, 2011).

<sup>c</sup>Clear zone was measured by the inhibited length of the fungal growth from edge of mycelium to paper disc on the potato dextrose agar media. The same letter within columns means no significant differences between the treatment.

화제와 유의적인 차이 없이 효과적인 것으로 나타났으며, Fludioxonil 액상수화제, Thiram 종자처리액상수화제, Tebuconazole 유제 등도 1.0 cm 이상의 저지대를 형성하여 균의 생장 억제에 효과적인 결과를 보였다. 한편, 3종의 수화제 형태 약제인 Oxine-copper, Thiophanate-methyl 과 Copper hydroxide는 대조구인 멸균수 처리시와 차이를 보이지 않아 효과가 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 약제별 제제 형태는 약효, 약해 및 안전성 등과 직접적인 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Jin 등, 2005). 본 시험 결과에서는 국내 발생 밀 붉은곰팡이병의



**Fig. 1.** Growth suppression of *Fusarium graminearum* by different chemical paper disc on PDA. (A) Fludioxonil FS. (B) Benomyl + Thiram. (C) Copper hydroxide. (D) Control (distilled water).

생육 억제에는 수화제에 비해 종자처리액상수화제나 액상수화제가 효과적인 것으로 나타났다. 한편, 약제의 유효성분의 특성별로 보았을 때 본 시험에서는 Cyanopyrrole 계(Fludioxonil)와 Dithiocarbamate 계(Thiram)가 효과적이었다. 반면, 무기유기 동제(Copper hydroxide, Oxine-copper)와 Cabarmate 계(Thiophanate-methyl) 등은 균의 생육 억제에는 효과가 없는 것으로 나타났다.

본 시험에 쓰인 약제들의 배지상의 *F. graminearum*의 생육 억제 효과에 대한 결과는 여러 보고가 되어있다. Fludioxonil의 50% 이상의 군사 생육 억제 효과(Jones, 2000)는 본 시험과 같은 경향이였다. Matthies 등(1999)은 Tebuconazole은 생장 억제 효과가 있었으나, Benomyl은 농도에 따라 오히려 22%까지 군사 생육이 증가하는 결과를 보고하였다. 이는 본 시험에서 Tebuconazole이 Benomyl에 비해 균의 생육 억제 효과가 높았던 결과와 같은 경향을 보였다.

붉은곰팡이의 감염에 의한 종실내 독소 형성도 품질과 인축에 중요한 피해 원인의 하나로 배지상에서 약제 효과 검정시 독소 함량의 변화를 조사한 결과들이 보고되어 있다(Moss와 Frank, 1985; Hasan, 1993). 국내에서는 이와 같은 약제 시험은 이루어지지 않아, 앞으로 붉은곰팡이병의 방제 효과와 아울러 독소 함량 저하와 관련된 약제 선발이나 조사도 필요할 것으로 생각된다.

한편, 본 배지 시험결과와 약제 특성에 따라 포장 시험을 위한 약제를 선발하였다. 약제는 국내의 밀이나 보리 붉은곰팡이병에 등록된 약제를 중심으로 4종을 선발하였다. 배지내에서 Fludioxonil 종자액상수화제가 가장 효과가 좋은 결과를 보였다. 그러나 이 약제는 종자처리용으로 등록되어 있어 경엽처리를 위한 희석농도 결정과 처리방법의 편리를 위해 효과가 비슷하였던 동일 유효성분의 Fludioxonil 액상수화제를 선발하였다. 현재 국내 보리의 붉은곰팡이병에 사용 등록되어 있는 Captan 수화제와

Difenoconazole + propiconazole 유제, 그리고 일본에서 밀의 붉은곰팡이병과 흰가루병, 녹병 등에 등록된 Metconazole 액상수화제를 선발하였다.

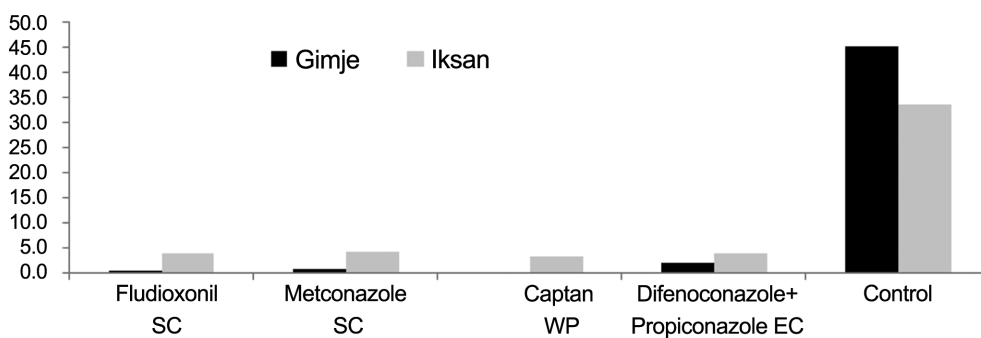
배지 시험에서 효과적이었던 Benomyl + thiram은 Benomyl이 어독성 1급으로 농약 관리법에 의거하여 최근(2011년 12월) 농약관리법에 따라 연간 출하량 제한조치 처분된 성분으로 인축 독성의 피해 우려로 인하여 포장 약효 시험에서는 제외하였다.

Tebuconazole은 Metconazole과 같은 triazole계 약제로서 배지상의 두 약제간에 군사 생육 억제 효과에서 유의적인 차이를 보이지 않아 우리나라와 비슷한 답리작 작부 체계 형태인 일본에서 효과적인 약제로 등록된 Metconazole을 선발하였다.

2012년 전남 지역 밀 재배 포장의 *Fusarium spp.*에 대한 분포 조사 결과 *F. graminearum* lineage 7이나 lineage 6의 *F. asiaticum*이 다발생 하였다(데이터 미포함). 본 시험에 이용된 *Fusarium graminearum*에 대한 lineage 별 검정도 필요할 것으로 생각된다.

**포장 약효 검정.** 배지 검정 결과에서 선발된 약제를 이용하여 김제와 익산 두 지역의 포장에서 밀의 붉은곰팡이병 방제 효과를 검정하였다. 약제 처리 시기는 출수기인 4월 30일과 10일 후인 5월 10일 두 시기에 실시하였다. 최근 월동 후 저온과 지속기간이 길어짐에 따라 출수기가 늦어지는 경향을 보였다. 약제 처리 후 병 발생 정도는 지역간에 약간 차이를 보여 김제와 익산에서 각각 무처리에서 45.0%와 33.7%의 감염수율을 보였다(Fig. 2).

약제별 발병률은 김제에서는 0.3-2.2%로 전체 약제에서 95% 이상의 방제가를 보였다(Fig. 3). 익산의 경우는 김제에 비해 약제 처리구에서 약간 더 높은 발병률을 보였으나, 방제가는 약제간에 87-90%로 좋은 효과를 보였다. 약제 처리에 의한 특이적인 약해 증상은 나타나지 않



**Fig. 2.** Disease incidence of *Fusarium* head blight at two regions. The disease was induced artificially by water spraying in a day time for 8 days after first chemical treatment and covering curtain to cut off light after second chemical treatment. SC: suspension concentrate, WP: wettable powder, EC: emulsifiable concentrate.

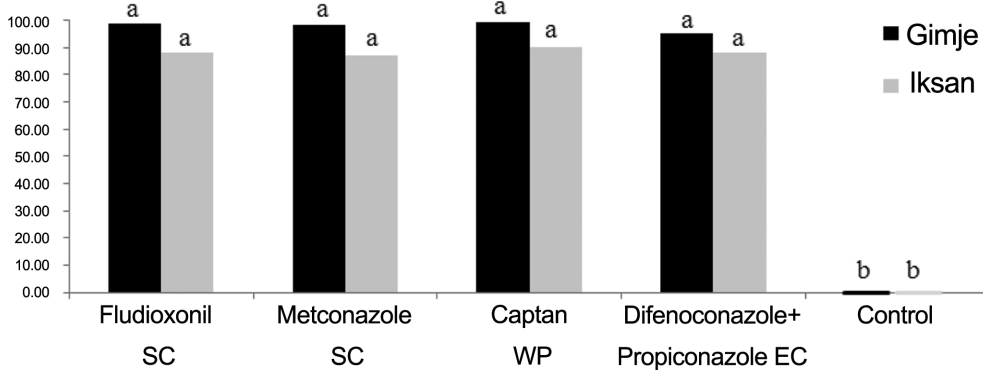


Fig. 3. The control efficiency of Fusarium head blight of the tested chemicals at two regions. Means with the different letters above the column were significant at the 5% level as determined by Duncun's multiple range test.

았다. 본 시험 결과로 4종의 약제 모두 밀 붉은곰팡이병 방제에 효과적인 것으로 나타났다. 본 시험은 연백밀만을 이용하여 자연 감염 유도한 결과로써 더욱 다양한 유전적 배경을 가진 품종들에 대한 검정과 국내 우점 병원균의 조사와 접종 시험 등을 통한 약제 방제 효과와 선발에 대한 검토도 필요하다고 생각된다.

Propiconazole은 *F. graminearum* 외에도 *F. avenaceum*과 *F. culmorum*에도 효과적이어서 70%까지 발병률을 감소시키며(Hutcheon과 Jordan, 1990), 자연 감염 유도 포장 시험결과에서 우수한 방제 효과와 34%의 수량도 증가시키는 것으로 보고(Martin과 Johnston, 1982) 되었다. 본 시험의 Difeconazole + propiconazole의 방제 효과에 propiconazole이 영향을 주는 것으로 생각된다.

Metconazole의 밀 붉은곰팡이병에서 높은 방제 효과는 본 시험에서도 비슷한 결과를 보였으며, 감염 후 종실 내 *Fusarium* spp.의 번식 억제 효과와 독소 DON 농도 감소에도 큰 효과가 있는 것으로 보고(Stoyan 등, 2003)되어 있다. 본 약제는 triazole계 살균제로서 대표적인 에르고스테롤 생합성 저해제로 식물친화성과 침투이행성이 높아 예방 및 치료효과가 우수한 약제로 알려져 있다(Seo 등, 2009).

Captan도 밀의 붉은곰팡이병에 대해서 높은 방제와 독소 감소 효과(Nakajima, 2010)를 보여 본 시험의 결과와 같았다. Fludioxonil은 *Fusarium* spp.외에도 *Rhizoctonia*와 *Alternaria* spp.에 대해 방제 효과가 있는 종자 살균제로 국내 등록이 되어 있으며, 당의 인산화 과정 억제와 균사 생육 억제능의 작용 기작은 본 시험에서의 생육 억제에 효과의 주 원인으로 보인다.

본 시험의 배지상에서 효과를 보이지 않았던 copper-hydroxide와 비슷한 copper oxychloride는 배지와 온실 시험에서 균의 생장 및 병 방제는 물론이고 독소의 함량도

감소시키는 결과(Riungu 등, 2008)를 보였다. 국내 밀 재배는 외국과는 달리 벼와 이모작 체계 형태로 이루어진다. 국내 발생 *F. graminearum*은 미국이나 유럽의 병원균과 달리 DON 독소에 비해 NIV의 생성능이 높은 유전적 차이를 가지고 있다(Ryu 등, 2011). 이와 같은 병원균의 유전적 차이는 국내 발생 균에 대한 약제 반응도 국외의 결과들과는 차이를 보일 수 있을 것으로 생각된다.

한편, Stoyan 등(2003)은 밀의 붉은곰팡이병 방제 효과에 있어 약제 처리 횟수가 처리시기에 비해 더욱 중요한 요인이라고 보고하였다. 본 시험에서도 출수기와 10일 후 두 시기의 약제 처리가 약제의 효과 증진에 영향을 주었던 것으로 생각된다.

Jones(2000)는 시험에 이용된 모든 약제의 2회 처리에서 방제 효과가 높아진 결과를 보고하였다. 그러나 무처리와 유의적인 차이는 약제 종류에 따라 달라, 1회 처리에서 방제효과가 없는 약제는 2회 처리에서도 방제가에서는 차이를 보이지 않았다. 본 시험 결과와 비교해 볼 때 배지상에서 효과적인 약제가 포장 시험에서도 방제 효과를 보이며, 이들 약제의 2회 처리로 인하여 더욱 병 발생률을 낮추는 것으로 나타났다. 밀의 붉은곰팡이의 감염은 수량 뿐 만 아니라 독소의 함량도 이용면에서 중요한 요인으로 작용하게 된다. 본 시험에서는 자연발생의 유도로 인하여 정밀한 약제별 수량성이나 독소 함량 등의 분석은 이루어지지 못하였다. 앞으로 온실이나 인위 접종 시험 등을 통한 이에 대한 정밀한 조사와 분석은 국내 밀의 품질 제고를 위해 필요하다고 생각된다. 이와 함께 답리작이며 추파 조건인 국내 밀 재배지 여건에서의 병원균의 밀도변화 양상, 저항성 자원의 탐색 및 이를 통한 저항성 품종의 개발과 같은 친환경적인 방제 기술 개발에 관한 연구도 더욱 필요할 것으로 생각된다. 최근 기상 환경의 변화와 밀 재배 확대에 따른 붉은곰팡이병의 방

제가 중요한 문제로 대두되고 있으나 아직도 국내에서는 방제 약제의 등록도 되어 있지 않은 실정이다. 따라서 이 시험의 결과는 안정적인 밀 재배와 생산은 물론 품질의 안전성에도 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

## 요 약

국내 밀의 붉은곰팡이병의 효과적인 방제 약제 선발을 위하여 배지와 포장에서 Fludioxonil 등 14종의 약제에 대해 균의 생육 억제와 병 발생 감소 효과를 조사하였다. 배지상의 균사 억제 정도는 Fludioxonil 종자처리액상수화제와 액상수화제, Benomyl + Thiram 수화제가 효과적인 것으로 나타났다. 약효 성분 특성면에서는 Cyanopyrrole계(Fludioxonil)와 Dithiocarbamate계(Thiram)가 효과적이었다. 반면, 무기유기 동제(Copper hydroxide, Oxine-copper)와 Cabarmate계(Thiophanate-methyl) 등은 균의 생육 억제 효과가 없는 것으로 나타났다. 포장에서의 병 방제 효과 검정을 위해 Fludioxonil 액상수화제, Captan 수화제, Difenoconazole + propiconazole 유제와 Metconazole 액상수화제 등 4종을 시험하였다. 전북 김제와 익산 두 지역의 포장에서 4월 30일과 10일 후인 5월 10일 2회 약제 처리 후 밀의 붉은곰팡이병 방제 효과를 검정 하였다. 병 발생 정도는 지역간에 약간 차이를 보여 김제와 익산에서 각각 무처리에서 45.0%와 33.7%의 감염수율을 보였다. 약제별 발병률은 김제에서는 0.3-2.2%로 전체 약제에서 95% 이상의 방제가를 보였다. 익산의 경우는 김제에 비해 약제 처리구에서 약간 더 높은 발병수율을 보였으나, 방제가는 약제간에 87-90%로 좋은 효과를 보였다. 약제 처리에 의한 특이적인 약해 증상은 나타나지 않았다. 본 시험 결과로 4 종의 약제 모두 밀 붉은곰팡이병 방제에 효과적인 것으로 나타났다.

## References

- Chung, H. S. 1975. Cereal scab causing mycotoxicosis in Korea and present status of mycotoxin researches. *Korean J. Mycol.* 3: 31-36. (In Korean)
- Hassan, A. H. H. 1993. Fungicide inhibition of aflatoxin, diacetoxyscripenol and zearelonone production. *Foliar Microbiol.* 38: 295-298.
- Hutcheon, J. A. and Jordan, V. W. L. 1990. Fungicide timing and performance for *Fusarium* spp. on ears of winter wheat. *Ann. Appl. Biol.* 116: 50-51.
- Jin, Y. D., Lee, S. B., Lee, S. G. and Oh, B. R. 2005. Changes in physiological properties and bioactivity of pesticide spray solutions. *Korean J. Pestic. Sci.* 9: 411-421. (In Korean)
- Jones, R. K. 2000. Assessments of fusarium head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. *Plant Dis.* 84: 1021-1030.
- Jung, Y. J., Park, C. S., Jeung, J. U., Kang, C. S., Lee, G. A., Choi, Y. M., Lee, J. R., Lee, M. C., Kim, C. K. and Seo, Y. W. 2011. Phenotypic and marker assisted evaluation of Korean wheat cultivars. *Korean J. Breed. Sci.* 43: 205-213.
- Lee, U. S., Jang, H. S., Tanaka, T., Hasegawa, A., Oh, Y. J. and Ueno, Y. 1985. The coexistence of the Fusarium mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol and zearalenone in Korean cereals harvested in 1983. *Food Addit. Contam.* 2: 185-192.
- Matthies, A., Walker, F. and Buchenauer, H. 1999. Interference of selected fungicides, plant growth retardants as well as piperonyl butoxide and I-aminobenzotriazole in trichothecene production of *Fusarium graminearum* (strain 4528) *in vitro*. *J. Plant Dis. Prot.* 106: 198-212.
- Martin, R. A. and Johnston, H. W. 1982. Effect of control of *Fusarium* disease of cereal grains in the Atlantic provinces. *Canadian J. Plant Pathol.* 4: 210-216.
- McMullen, M., Jones, R. and Gellenberg, D. 1997. Scab of wheat and barley: A re-emerging disease of devastating impact. *Plant Dis.* 81: 1340-1348.
- Moss, M. O. and Frank, J. M. 1985. Influence of the fungicide tridemorph on T-2 toxin production by *Fusarium sporotrichioides*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 84: 585-590.
- Nakajima, T. 2010. Fungicides application against fusarium head blight in wheat and barley for ensuring food safety. *Fungicides* 139-156.
- Nganje, W. E., Katiebie, S., Wilson, W. W., Leistriz, F. L. and Bangsund, D. A. 2004. Economic impacts of fusarium head blight in wheat and barley: 1993-2001. North Dakota State University Agribusiness and Applied Economics Report 538. 53 pp.
- Parry, D. W., Jenkinson, P. and McLeod, L. 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals-a review. *Plant Pathol.* 44: 207-238.
- Ryu, J. G. and Lee, Y. W. 1990. Mycotoxins produced by *Fusarium* Isolates from Barley in Korea. *Plant Pathology J.* 6: 21-27.
- Ryu, J. K., Lee, S. H., Lee, S. H., Son, S. W., Nam, Y. J., Kim, M. J., Lee, T. and Yun, J. C. 2011. Natural occurrence of *Fusarium* head blight and its mycotoxins in 2010-harvested barley and wheat grains in Korea. *Res. Plant Dis.* 17: 272-279. (In Korean)
- Riungu, G. M., Muthomi, J. W., Narla, R. D., Wagacha, J. M. and Gathumbi, J. K. 2008. Management of Fusarium head blight of wheat and deoxynivalenol accumulation using antagonist microorganisms. *Plant Pathology J.* 7: 13-19.
- Seo, S. T., Kim, K. H., Shin, C. H., Lee, S. H., Kim, Y. M., Park, J. H. and Shin, S. C. 2009. Control efficacy of fungicides on cherry witches broom caused by *Taphrina wiesneri*. *Res. Plant Dis.* 15: 13-16. (In Korean)

Stoyan, R. P., Simon, G. E., Martin, C. H. and Peter, J. 2003.  
Strategies for the control of Fusarium head blight in cereals.  
*European J. Plant Pathol.* 109: 731–742.  
The Korean Society of Plant Pathology. 2004. List of Plant

Diseases in Korea, 5th ed. 853 pp. (In Korean)  
Windels, C. E. 2000. Economic and social impacts of Fusarium  
head blight: changing farms and rural communities in the  
northern Great Plains. *Phytopathology* 90: 17–21.