

맥류의 흰가루병 저항성 검정을 위한 실내 유묘 대량검정 방법

박종철 · 박철수 · 김미정 · 김양길 · 이미자 · 박기훈 · 노태환*
농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부

An Easy Seedling Method to Screen Resistance of Powdery Mildew of Barley and Wheat

Jong-Chul Park, Chul-Soo Park, Mi-Jung Kim, Yang-Kil Kim, Mi-Ja Lee,
Ki-Hoon Park and Tae-Hwan Noh*

Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Korea
(Received on September 4, 2008)

This study was conducted to develop a easy seedling method to test large amounts of barley and wheat cultivars for resistance of powdery mildew. In addition, we also examined the resistance of genetic resources that have been used in barley and wheat breeding programs in Korea. This seedling test used paper bag with seeds can be completed within three weeks. 10-day seedlings were available to inoculation and 8 days was needed for result reading. This method can test at least 180 collections at one time. we can identify the two resistant types by leave symptoms showed non infection and necrotic spots. Among the 79 Korean barley cultivars, only two cultivar, 'Sangrokbori' and 'Dajinbori' were resistant and 'Jejubori' showed moderate resistant. There was no resistant in hullless barley and wheat cultivars. It was same results in comparison of earlier resistant reports in field test. We confirm that this method could using in test of powdery mildew resistance in barley and wheat. Among the 1,401 genetic resources using in Korean breeding program, malting barley has more resistant collections comparing to 796 hulled and hullless barley and 273 wheat germplasms.

Keywords : Barley, Powdery mildew, Resistant, Seedling test, Wheat

국내 맥류 재배는 주로 보리와 밀에 의해 이루어지고 있으며, 흰가루병은 보리의 *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*)와 밀의 *B. graminis* f. sp. *tritici*(*E. graminis* f. sp. *tritici*)에 의해 발생되며 세계적으로 피해를 주는 것으로 보고되어 있다(Curtis 등, 2002). 국내에서는 출수기경인 4월 중순경부터 발생하여 피해를 주는데 유숙기 감염시 약 8~18%의 수량감소가 보고되어 있다(하 등, 2000). 또한 보리에서 흰가루병 감염으로 인한 전분함량이나 아미노산, CO₂ 동화에 대한 영향 등의 피해도 보고되어 있다(황, 1982; 1985; 1986). 그러나 생육 후기에 잎에서만 주로 발생하는 특성과 기상 조건에 따라 영향을 많이 받는 이유로 실제 재배지에서는 크게 문제시 되지 않는 것으로 생각되어져 왔다(하 등, 2000).

맥류 흰가루병 검정은 주로 비닐하우스에 파종하여 자연 감염 상태에서 유묘나 성체 검정을 하여 저항성 여부를 판단하는 방법으로 수행되고 있다. 또한 레이스 판별이나 저항성 유전 양상 등의 온실 시험도 포트를 이용한 토양에 직접 파종하여 이루어졌다(이, 1987; 이와 김, 1990). 비닐하우스 검정의 경우 많은 재료를 검정할 수 있는 장점이 있는 반면 외부 기상조건에 따라 적당한 감염 조건을 인위적으로 조성하는데 어려움이 있어 연차간 발병율의 차이를 보이기도 한다. 또한 일년생이며 월동작물인 보리의 생육 특성상 포장 검정은 1년에 1회 밖에 수행할 수 없는 단점이 있다. 이는 후기세대에 대한 단순한 이병 정도의 판별에는 큰 문제는 없으나 초기 세대의 검정과 선발을 통한 계통육성에는 어려움이 있다. 온실 검정에 있어서는 감염 조건 조절이 포장에 비해 쉬우며, 유묘검정 후 계통 육성이 가능한 장점이 있다. 그러나 제한된 공간내에서 수행해야 되기 때문에 대량 검정에는 어려움

*Corresponding author
Phone) +82-63-840-2179, Fax) +82-63-840-2118
E-mail) nohtw831@rda.go.kr

이 있다. 따라서 본 시험은 위의 포장과 온실 검정 체계의 단점을 해결하고 효율적인 저항성 계통육성을 위해 실 내에서 대량으로 흰가루병을 검정할 수 있는 검정법의 이용 가능성을 확인하고 국내 맥류 품종육성에 이용되는 유전자원의 흰가루병 저항성을 검정하여 우량자원 선발 및 저항성 육종 재료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료. 본 시험 결과의 적정성을 확인하기 위해 이미 저항성 정도가 알려진 기존의 보리와 밀 육성 품종을 이용하였다. 보리는 걸보리, 쌀보리, 맥주보리 등 79품종과 밀 25품종 등 104품종에 대해 실시하였다. 시험은 유리 온실내에서 2008년 1월에서 2월까지 수행하였다.

파종과 발아. 파종은 각 품종당 종실이 충실한 20립을 10 cm×5 cm(가로×세로×높이)의 종이 봉투에 치상하였다. 이 치상 봉투는 15 cm×8 cm×10 cm(가로×세로×높이)의 수분이 통할수 있는 플라스틱 바구니에 넣었다. 이 바구니는 다시 60 cm×40 cm×14 cm(가로×세로×높이)의 구멍이 없는 플라스틱 상자 상단 1/3 지점에 위치시켰다. 상자 아래에는 종이 봉투가 약간 젖을 정도로 물을 부어 수분 상태를 유지하여 종자의 발아를 유도하였다(Fig. 1).

접종과 검정. 흰가루병의 접종은 감수성인 '오월보리'를 포트에 증식하여 발병시킨 후 접종원으로 이용하였다. 접종은 온실내에 검정상을 만들어 실시하였다. 접종 후 발병 조건을 보리는 하 등(2000)의 방법에 따라 접종 직후에는 과습을 유지하고 이후 20~25°C의 온도를 유지하였다. 밀은 Ward 등(1974)의 보고에 따라 다습 저온 조건을 유지하기 위해 접종 기간동안 지속적인 가습처리와 19~22°C로 보리에 비해 저온을 유지시켰다. 이병정도는 접종 8일 후 Mains와 Dietz(1930)의 기준에 따라 0(무병징)-4(심한 발생)으로 판정하였다. 저항성 판정은 0-1은 저항성(R), 2는 중도저항성(MR), 3-4는 감수성(S)로 평가하였다.

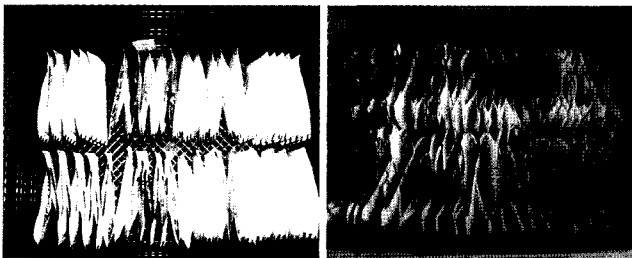


Fig. 1. Seedlings (left) and sprouted seedlings (right) of barley for seedling test for powdery mildew resistance.

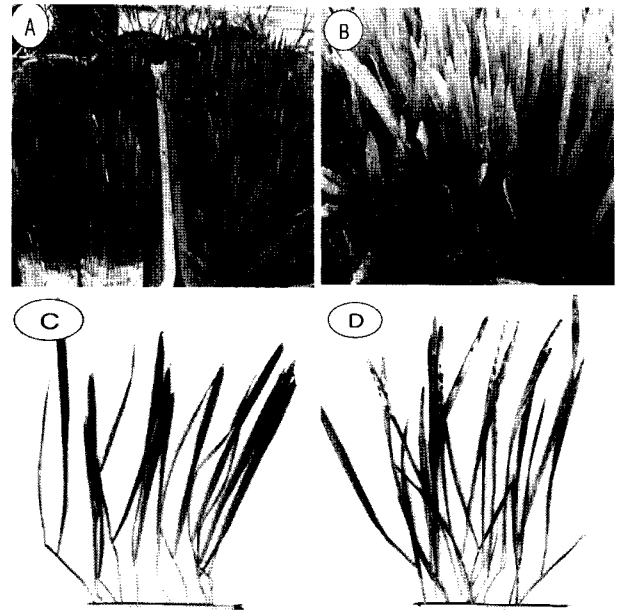


Fig. 2. Barley plants for inoculation (A); symptoms on leaves of plants (B); no symptom resistant (C) and resistant (D) with necrosis on the leaves.

유전자원 검정. 국내 맥류 품종 육성에 이용되는 유전자원의 흰가루병 저항성을 평가하였다. 재료는 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부에서 보유하고 있는 밀(273종), 걸보리(519종), 쌀보리(277종), 맥주보리(332종) 등 총 1,401종을 이용하였다. 파종과 접종은 위의 품종에 대한 유묘 접종과 같은 방법으로 수행하였다.

결과 및 고찰

유묘 검정 및 증상. 종이 봉투를 이용한 유묘 검정은 파종에서 접종이 가능한 생육까지 약 10일이 소요되었으며, 접종시 유묘의 초장은 약 10 cm 정도였다(Fig. 2). 접종 후 발병 검정까지는 약 8일이 소요되었다. 또한 본 시험에서 이용한 치상 플라스틱 상자의 적정 검정량은 1회에 약 180종이었다. 접종 후 보리와 밀의 증상은 8일 후에 저항성 판별이 가능할 정도로 충분히 발생하여 초기 맥류의 흰가루병 검정에 이용시 문제가 없을 것으로 나타났다. 보리와 밀에서 흰가루병의 증상은 두가지로 나타났는데 일반적으로 포장에서 발생하는 증상과 같았다. 첫째는 흰가루의 포자가 발생하여 잎 전체로 퍼지는 증상과 둘째는 감염부위 괴사 반점이 생기는 증상으로 나타났다.

한편 보리와 밀에서 병징 발생과 진전에 영향을 주는 조건이 약간 다르게 나타났다. 보리는 가습조건 없이 접종상안의 습도만으로도 25°C 정도에서 병 발생을 보였으나 그 이하 온도에서는 병 진전이 느리거나 감소하는 것

이 관찰되었다(데이터 미포함). 밀에서는 보리에 비해 저온(19~22°C)을 유지하는 것이 병발생에 유리하였으며 특히 지속적인 가습 처리를 중단할 경우 병 발생의 진전이 억제되었다(데이터 미포함). 이 결과는 보리의 흰가루병

Table 1. Powdery mildew resistance of domestic barley and wheat cultivars

Hullless barley cultivars	Resistant reaction ^a	Hulled barley cultivars	Resistant reaction	Malting barley cultivars	Resistant reaction	Wheat cultivars	Resistant reaction
Jaegangssalbori	S	Olbori	S	Shinhobori	S	Olmil	S
Jacanssalbori	S	Bunong	S	Hopumbori	S	Geurumil	S
Saehanchalssalbori	S	Gangbori	S	Doosan 29	S	Dahongmil	S
Saechalssalbori	S	Dongbori 1	S	Jinyangbori	S	Cheonggyemil	S
Ginssalbori	S	Oweolbori	S	Sacheon 6	S	Eunpamil	S
Hinchalssalbori	S	Tapgolbori	S	Iljinbori	S	Tadongmil	S
Poongsanchalssalbori	S	Alchanbori	S	Danwoenbori	S	Namhaemil	S
Jinmichalssalbori	S	Chalbori	S	Samdobori	S	Urimil	S
Donghossalbori	S	Milyanggeotbori	S	Doosan 8	S	Olgeurumil	S
Saessalbori	S	Saealbori	S	Jejubori	MR	Alchanmil	S
Ganghossalbori	S	Saegangbori	S	Daeyoungbori	S	Gobunmil	S
Donghanchalssalbori	S	Keunalbori	S	Hojinbori	S	Keumkangmil	S
Gwangwhalssalbori	S	Nagyoungbori	S	Namhyangbori	S	Seodunmil	S
Hobanchalssalbori	S	Deabaekbori	S	Daeabori	S	Saeolmil	S
Baegdong	S	Seodunchalbori	S	Dajinbori	R	Jinpoommil	
Songhakbori	S	Mirakbori	S			Milsungmil	
Daehossalbori	S	Paldobori	S			Joeunmil	
Olssalbori	S	Geongangbori	S			Anbaekmil	
Namhossalbori	S	Taegangbori	S			Jopoommil	
Neulssalbori	S	Daeyeonbori	S			Shinmichalmil	
Saenulssalbori	S	Albori	S			Jonongmil	
Hinssalbori	S	Sangrokbori	R			Jokyungmil	
Cheonghossalbori	S	Taepyungbori	S			Younbaekmil	
Naehanssalbori	S	Keunalbori 1	S			Shinmichal 1	
Chunchussalbori	S	Gwanganbori	S			Dabunmil	
Dasong	S	Daejinbori	S				
		Saeolbori	S				
		Paldalbori	S				
		Namhaebori	S				
		Jogwangbori	S				
		Durubori	S				
		Buheung	S				
		Sangwonbori					
		Woohobori					
		Sunwoobori					
		Youngyangbori					
		Somanbori					
		Youyeonbori					

^aR=Resistant, S=Susceptible and MR=Moderate resistant. The tests were conducted using seedling stages of the plants with natural inocula in the green house.

감염은 습도조건에 영향을 받고 이후 건조한 상태에서 발병이 더 잘된다는 이전의 보고들과 같은 것으로 나타났다(하 등, 2000; Czembor, 2000). 한편 밀에서는 25°C 이상에서는 병 발생이 감소한다는 보고(Ward와 Manners, 1974)와 상대적으로 저온인 해안가나 다습한 내륙지역이 병 발생에 중요한 지역이라는 보고(Bennett, 1984)와 중국과 일본 등지의 저온인 아시아 지역, 북유럽 미동북지역에서 발생이 많이 되는 보고(Roelfs, 1977; Saari와 Wilcoxson, 1974)로 볼 때, 본 시험에서 보리에 비해 저온이고 다습한 조건이 밀의 병 발생에 중요한 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 밀에 있어 추파밀은 따뜻한 겨울이 병 발생에 있어 중요한 지역으로 보고되어 있다(Merchan와 Kranz, 1986). 이로 볼 때 우리나라와 같은 추파밀 지역에서 최근 따뜻해지는 겨울철의 온도 변화가 밀의 흰가루병 발생과 생육이나 수량 등에 어떻게 영향을 미치는지에 대해서도 조사가 더 필요할 것으로 생각된다.

육성 품종 및 유전자원의 저항성 평가. 국내 육성 보리와 밀 품종에 대해 유묘 검정을 수행한 결과 2000년도에 수원지역에서 포장 검정 결과 국내에서는 처음으로 흰가루병 저항성 보리품종으로 육성된(농촌진흥청, 2000) 걸보리 ‘상록보리’가 본 시험에서도 저항성을 보였다(Table 1). 맥주보리에서는 2005년도 포장검정 결과 저항성이었던 ‘다진보리’가 저항성을 보였고 ‘제주보리’는 중도 저항성을 나타냈다. 쌀보리와 밀은 모든 품종이 감수성을 보였다. 이는 본 시험의 유묘 검정과 포장 검정 결과가 같은 것으로 나타나 보리와 밀의 흰가루병 저항성 검정에 유묘 검정의 이용이 가능할 것으로 나타났다. 한편 국내에서도 지역별로 병원균의 레이스 차이가 나타나는 것으로 보고 되어(이, 1987; 이와 김, 1990) 있어 앞으로 이들 레이스 분포나 저항성 유전자 탐색에도 유묘검정법이 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 국내 보리 품종은 흰가루병에 대한 저항성 유전자를 가지고 있지 않다고 보고(이와 김, 1990) 되었으나, 본 시험에서는 이후 육성된 품종을 포함한 결과로 상록보리 등 세 품종은 중도저항성 이상인 것으로 나타났다. 한편 보리에 비해 한해나 도복 등에 강한 것으로 알려진 밀에서는 저항성 품종이 확인되지 않았다. 이는 국내 밀 품종 육성에서 조숙과 품질 개선에 집중되어져 온 것도 하나의 이유라고 생각된다. 국내에서는 밀의 흰가루병에 대해서는 외국 품종을 이용한 저항성 반응이나 유전에 관한 보고들(오와 Yabuki, 1998; 채, 1979)외에는 수행되고 있지 않다.

현재 국내 보리와 밀의 품종육성에 이용되는 유전자원들에 대해 흰가루병 저항성 정도를 평가하였다. 보리 맥종별 검정 결과 걸보리, 쌀보리, 총체보리 796종 중에서

Table 2. Powdery mildew resistance of genetic resources of barley and wheat which has been used in domestic new variety breeding

Varietal kind	Total test number	Resistant variety	Response ^a
Malting barley	332	10 including Miharu Gold	necrotic spot
		41 including Simon	no symptom
Hulless barley	277	none	all susceptible
Hulled barley	519	none	all susceptible
Wheat	273	none	all susceptible

^aThe test used seedling stage in green house.

저항성인 유전자원은 확인되지 않았다. 이 결과는 90년대 이후 걸보리와 쌀보리에서 조숙, 내재해성 강화와 총체사료용 초다수성 품종 육성과 보리 호위축병 저항성 검정 등에 중점을 두게 되어(하 등, 2000) 흰가루병 저항성 자원의 수집이나 활용이 미흡했던 원인으로 생각된다. 따라서 밀에서와 마찬가지로 앞으로 온난화에 따른 흰가루병을 비롯한 병 발생이 증가에 대비하여 병 발생 상황에 대한 조사와 주요 병에 대한 저항성 유전자원의 도입과 활용이 필요하다고 생각된다. 맥주보리에서는 다른 맥종에 비해 저항성 자원이 많은 것으로 조사되었다(Table 2). 저항성 반응은 무병징과 괴사반점 등의 두가지 형태로 나타났다(Fig. 2). 전체 332종의 재료 중 51종이 저항성 반응을 나타냈는데, 41종의 무병징 반응과 10종의 괴사증상 저항성 반응을 나타내었다. 일본의 경우 맥주보리 품종 육성에서는 품질외에도 흰가루병에 대한 저항성 품종 육성이 이루어지고 있다(Toshinori, 1996; Yoshinori, 2001). 국내의 맥주보리 품종 육성에는 주로 일본에서 도입된 유전자원들이 많이 이용되고 있는 이유로 다른 맥종에 비해 저항성이 높게 나타나 것으로 생각된다. 또한 국외의 경우 흰가루병 race별 저항성 유전자 반응이나(Lyngkjyer 등, 1995), 품종들의 저항성 유전자 관련 데이터 베이스화(Mizuta와 Yoshida 1994)등에 대해서도 연구가 진행되고 있어 국내에서도 이들 기초 연구가 품종 육성과 함께 이루어져야 할 것으로 생각된다. 보리의 흰가루병에 대한 연구는 1907년 병원균과 보리의 유전적 상호반응으로 시작되었다(Biffen, 1907). 보리 흰가루병은 현재까지 세계적으로 기주와 병원체의 관계가 가장 잘 알려진 병해중의 하나가 되었다(Czembor, 2001). 유럽에서는 1930년대부터 *Mlg* 저항성 유전자를 활용하기 시작하여 20세기에는 700개 이상의 품종에 36개 특이저항성 유전자를 활용하고 있다(Brown과 Jørgensen, 1991). 국내에서는 80년대 이후 맥류의 흰가루병에 대한 연구는 보고되고 있지 않다. 최근의 기상 변화는 온난한 월동기와 고온, 잦은 강

우와 길어진 작물 생육 기간의 특성을 보일 것으로 전망되어(윤 등, 2001), 저온성 바이러스병이 분제시되는 현재와는 달리 곱팡이나 세균 병해의 증가도 고려하여야 할 것으로 생각된다. 이에 따라 본 시험의 실내 대량 검정 방법은 흰가루병 저항성 품종 육성을 위한 시간이나 비용을 크게 줄일 수 있을 것으로 보인다. 맥류에 있어 흰가루병 저항성은 유묘 뿐만 아니라 후기 형성 앞에서 나타나는 성체 저항성도 보고(Wright와 Heale, 1984)되어 있다. 그러나 이는 포자의 형성율이나 진진정도의 차이를 보이는 것으로 저항성 유전자가 없이 일반적인 감수성 대조품종으로 이용되는 Golden Promise도 어느 정도의 성체 저항성을 보이는 것으로 알려져 있다(Wright와 Heale, 1984). 따라서 흰가루병 저항성 품종 개발을 위해 유묘검정을 통한 저항성 검정이나 효율적인 유전자 탐색이 일차적으로 필요하다고 생각된다. 본 시험의 유묘검정 방법은 단포자 분리 및 접종을 통한 레이스별 검정이나 지역별 분포 조사에도 실내에서 간편하게 이용할 수 있을 것이다. 또한 레이스별이나 복합 저항성 계통 육성을 실내에서 대량으로 육성할 수 있어 효율적인 저항성 품종 육성에 도움을 줄 수 있는 방법으로 생각된다. 한편, 현재 국내에서 이용되는 맥류 자원의 흰가루병에 저항성 검정 결과는 앞으로 더 많은 자원에 대한 검정과 탐색을 통해 효과적인 자원의 발굴과 이용이 요구된다 하겠다. 이와 함께 국내 분포하는 흰가루 병원체의 레이스 분화나 지역별 발생 변화 등에 대한 지속적이고 정밀한 조사가 필요하다 하겠다.

요 약

유묘를 이용한 보리와 밀의 흰가루병에 대한 실내 대량 검정 방법을 개발하고 국내 육성 품종 및 유전자원에 대해 저항성 정도를 검정하였다. 종이 봉투를 이용한 유묘 검정은 파종에서 접종이 가능한 생육까지 약 10일이 소요되었으며, 접종 후 발병 및 검정까지는 약 8일로 3주 이내에 저항성 정도를 확인할 수 있었다. 이 방법은 1회에 180종 이상을 검정할 수 있다. 유묘 검정시 저항성 반응은 포장과 마찬가지로 무감염과 괴사증상 두가지 반응을 보여 이를 이용하여 저항성 정도를 판정할 수 있었다. 국내 육성 보리 79품종 중 걸보리에서는 '상록보리'만이 저항성이었고, 맥주보리에서는 '다진보리'가 저항성을 보였고 '제주보리'는 중도 저항성을 나타내었다. 쌀보리와 밀 25품종은 모두 감수성을 보였다. 이 결과는 포장에서의 저항성성과 같은 결과를 보여 맥류의 흰가루병 저항성 검정에 이용하는 것이 가능하였다. 한편 국내에서 보

리와 밀의 품종육성에 이용되는 유전자원 검정 결과 맥주보리에서 가장 많은 51종이 저항성 자원으로 선발되었다. 그러나 걸보리와 쌀보리 796종과 밀 273종에서는 저항성 자원이 확인되지 않았다.

참고문헌

- Bennett, F. G. A. 1984. Resistance to powdery mildew in wheat: a review of its use in agriculture and breeding programmes. *Plant Pathol.* 33: 279-300.
- Biffen, R. K. 1907. Studies on the inheritance of disease resistance. *J. Agric. Sci.* 2: 109-128.
- Brown, J. K. M. and Jørgensen, J. H. 1991. A catalogue of mildew resistance genes in European barley varieties. In proceedings of the second european workshop on integrated control of cereal mildew. 23-25 Jan. 1990, Roskilde. Risø National Laboratory, Roskilde. pp. 263-286.
- 채영암. 1979. 밀의 흰가루병 저항성의 유전에 관한 연구. *한국작물학회지* 24: 35-37.
- Czembor, J. H. 2000. Resistance to powdery mildew in barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces from Egypt. *Plant Genet. Resour. Newsl* 123: 52-60.
- Czembor. 2001. Sources of resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in Moroccan barley land races. *Can. J. Plant Pathol* 23: 260-269.
- Curtis, B. C., Rajaram, S., and Gómez Macpherson, H. 2002. Bread wheat improvement and production, *FAO Plant Production and Protection Series* No. 30. 567 pp.
- 하용웅. 2000. 보리. 제 6장 병해충 및 기상재해. 하용웅 박사 정년기념집 발간 위원회 505 pp.
- 황병국. 1982. 흰가루병에 대한 봄보리의 성체식물 저항성과 열내 전분 함량의 관계. *한식보지* 21: 128-132.
- 황병국. 1985. 흰가루병에 성체식물 저항성을 지닌 봄보리의 감엽 앞에서 아미노산 함량의 변화. *한식병지* 1: 165-168.
- Hwang B. K., Ibenthal W., and Heitefuss R. 1986. ¹⁴CO₂-Assilation, Translocation of ¹⁴C, and ¹⁴C-Carbonate Uptake in Different Organs of Spring Barley Plants in Relation to Adult-Plant Resistance to Powdery Mildew. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 52: 201-208.
- 이태수. 1987. 보리 흰가루병균의 지역별 레이스 및 저항성 유전에 관한 연구. *농진청. 농시논문집* 195-203.
- 이태수, 김성호. 1990. 한국산 보리 흰가루병균(*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*)의 병원력 및 레이스 분포. *한식병지* 6: 28-34.
- Lyngkjyer, M. F., Jensen, H. P., and Ostergard, H. 1995. A Japanese powdery mildew isolate with exceptionally large infection efficiency on Mlo-resistant barley. *Plant Pathol.* 44: 786-790.
- Mains, E. B. and Dietz, S. M. 1930. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Marchal. *Phyto-*

- pathology* 20: 229-239.
- Merchan, V. M. and Kranz, J. 1986. Die Wirkung des regens auf die entwicklung des weizenmehltaus (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal). *J. Plant Dis. Prot.* 93: 262-270.
- Mizuta, K. and Yoshida, T. 1994. Construction and use of a database from malting barley (*Hordeum vulgare*) crossing records. *Plant Genetics and Breeding* 3: 65-78.
- 오세관, Yabuki, H. 1998. 듀럼밀 삼염색체식물의 흰가루병에 대한 저항성 반응. *한국자원식물학회지* 11: 245-251.
- Roelfs, A. P. 1977. Foliar fungal diseases of wheat in the people's republic of China. *Plant Dis. Rep.* 61: 836-841.
- 농촌진흥청. 2000. 1999 농작물 직무육성 신품종 선정위원회 결과집. 155-163.
- Saari, E. E. and Wilcoxson, R. D. 1974. Plant disease situation of high-yielding dwarf wheats in Asia and Africa. *Ann. Rev. Phytopath.* 12: 49-68.
- Toshonori, O., Saburo, M., Tsuneo, K., Akihiro, S., Mitsuhiro, K., Hidefumi, S., Toshio, F., Shozo, T., and Masaharu, K. 1996. A malting barley line 'Kanto Nijo 29' with BaYMV resistance gene ym3, excellent malting quality and high-yielding ability. *Bulletin of the Tochigi Prefectural Agricultural Experiment Station* 44: 91-108.
- Ward, S. V. and Manners, J. G. 1974. Environmental effects on the quantity and viability of conidia produced by *Erysiphe graminis*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 62: 119-128.
- Wright, A. J. and Heale, J. B. 1984. Adult plant resistance to powdery mildew (*Erysiphe graminis*) in three barley cultivars. *Plant Pathol.* 33: 493-502.
- 윤성호, 임정남, 이정택, 심교문, 황규홍. 2001. 기후변화와 농업 생산의 전망과 대책. *한국농림기상학회지* 3: 220-237.
- Yoshinori, T., Shunsuke, O., Kazuhiko, S., Naoyuki, K., Naoyuki, I., Saburo, M., Michiko, T. and Hiroshi, I. 2001. New two-rowed malting barley cultivar "Sukai Golden", *Bulletin of the Tochigi Prefectural Agricultural Experiment Station* 50: 1-18.