KOREAN J ORGANIC AGRI
Volume 22, Number 4: 773-787, December 2014
http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2014.22.4.773

ISSN 1229-3571 (Print)
ISSN 2287-819X (Online)

콩 품종, 파종시기 및 작부체계가 콩 불마름병 발생에 미치는 영향

홍성준*** · 김용기** · 심창기** · 김민정** · 박종호** · 한은정** · 지형진**

Effect of Cultivars, Sowing Date and Cropping System on the Development of Soybean Bacterial Pustule in the Field

Hong, Sung-Jun · Kim, Yong-Ki · Shim, Chang-Ki · Kim, Min-Jeong · Park, Jong-Ho · Han, Eun-Jung · Jee, Hyeong-Jin

Bacterial pustule of soybean caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* is one of the most prevalent bacterial diseases in many areas where soybeans are grown. This study was carried out to evaluate the effect of cultivars, sowing date and cropping system on the suppression of soybean bacterial pustule in the field. One hundred soybean cultivars were screened for disease resistance against bacterial pustule in naturally infested field. Among them, fourteen cultivars including ‘Pureun’ were found to be high resistant. And thirty cultivars showed to be moderate resistant(less than 3% of diseased leaf area). When Soybean cultivar ‘Taekwang’ were sown in four different dates, May 25, June 5, June 15, and June 25, at 10 day-interval in Milyang, the diseased leaf area of bacterial pustule was 23.3%-25.7%, 14.7%-18.0%, 10.7%-12.8%, and 1.0%-2.7%, respectively. The lowest percentage of diseased leaf area was recorded in the plots sown on June 25, whereas the highest percentage of diseased leaf area was recorded in the plot sown on May 25. As sowing time was delayed, incidence of soybean bacterial pustule found to be comparatively reduced. From December in 2006 to June in 2007, we surveyed the pathogen population of soybean bacterial pustule in five cropping upland soils where soybean was cultivated. The survey result showed the bacterial pustule pathogens were detected from the all cropping soils. The pathogen populations of soybean bacterial pustule in soybean-barley and soybean-garlic cropping soil were significantly lower than that of the other cropping soils. In

* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ0084012014)의 지원에 의해 이루어진 것임.
** 국립농업과학원 유기농업과
*** Corresponding author, 국립농업과학원 유기농업과(hongsj7@korea.kr)

addition, the incidence of soybean bacterial pustule was decreased under the two cropping systems.

Key words : *soybean bacterial pustule, resistance cultivar, sowing date, cropping system*

Ⅰ. 서 론

콩은 우리나라에서 쌀과 더불어 중요한 식량작물이며 유기농업 측면에서는 비교적 척박한 토양환경에서 잘 자라며, 뿌리 근류균에 의한 질소고정 능력을 가지고 있다. 이 때문에 다른 작물과 전·후작 또는 윤작함으로써 지력 증진은 물론 토양 병해충의 피해를 경감케 하는 효과가 있어 작부체계상 우리나라에서 활용이 가능한 중요한 작물 중 하나이다(Kim and Cho, 2004).

또한 최근 콩에 포함되어 있는 다양한 생리활성 물질들로 인해 소비자들에게 well-being 식품으로 인식되고 있을 뿐만 아니라 수입 GMO 콩에 대한 유해성 논란으로 소비자들의 인식이 변화되면서 국산 콩을 포함한 먹거리에 대한 관심이 증대되어 유기농산물에 대한 수요가 증가하고 있다. 유기농업은 농업생태계의 건강증진, 생물종의 다양성 유지, 생물순환 및 생물활동 증진을 위한 총체적 농업체계로 정의할 수 있으며, 이러한 유기농업의 생산체계는 화학비료, 유기합성농약, 가축사료첨가제 등 일체의 합성 화학물질을 사용하지 않고 유기물과 자연광물, 미생물 등 을 활용하여 물리적, 생물적으로 제조된 자재만을 사용하여 안전한 농축산물 생산과 농업생태계를 유지 보전하는 것이다(RDA, 2011). 따라서 토양환경을 보존하고 고품질 유기농산물을 생산하기 위해서는 지력증진과 더불어 병해충 관리가 우선적으로 해결되어져야 할 것이다. 국내 콩 재배면적은 80년대 초까지는 20만ha 이상 재배되었지만 그 이후 계속 감소하다가 2009년에는 역대 최소인 7만 3백ha가 재배되었으며 최근 2012년에는 8만 8백ha로 조금씩 재배면적이 증가하였다. 하지만 아직도 식용콩 자급율은 32.5%, 사료용을 포함한 자급률은 8.4% 정도로 국내 자급도가 매우 낮은 실정이다(MAFRA, 2013).

콩의 생육기간 중에는 다양한 종류의 병이 발생하는데 현재까지 콩을 침입하는 병원균으로 국내에 발생이 보고된 종은 약 30종으로 세균 4종, 바이러스 4종, 곰팡이 22종이 확인되고 있다. 이들 중 약 10여종을 주요 병으로 구분할 수 있으며 바이러스병은 괴저모자이크병(SMV), 세균병에는 불마름병과 들불병, 곰팡이병에는 자주무늬병, 미이라병, 탄저병, 역병, 갈색무늬병, 점무늬병, 뿌리썩음병 등이 주요 병으로 알려져 있다. 이 중 콩 불마름병은 식물병원세균인 *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*에 의해 발생하는 병으로 우리나라에서 발생하는 세균성 병해 중 가장 문제시 되고 있다. 불마름병은 보통 7월에서 9월까지

콩 재배포장 어디서나 볼 수 있는데 2005년과 2006년 영남지역 콩 불마름병 발생을 조사한 결과 78개 포장 중 89.7%인 70개 포장에서 불마름병 발생이 확인되기도 하였다(Hong et al., 2010). 콩에 발생하는 병에 의한 피해는 미국의 경우 2007년 약 8백 만톤 정도의 수량이 감소되었으며 그 중 세균성병해(불마름병, 들불병, 세균성점무늬병 등)에 의해서는 16.7만톤 정도 수량감소가 되었다(Wrather and Koenning, 2009). 세균성 병해에 의한 16.7만톤의 수량 감소는 우리나라 2009년 콩 총 생산량인 13.9만톤을 넘는 수준으로 세균성병해에 의한 피해가 콩 생산에 큰 걸림돌이 된다고 하겠다. 콩 불마름병이 심하게 걸리면 조기에 낙엽이 되어 등숙에 영향을 주어 수량을 감소시킨다(Laviolette et al., 1970). Weber 등(1966)은 불마름병 감수성 품종에서 4.3% 감소된다고 하였으며, Hartwig 등(1953)은 인공접종을 통하여 저항성 품종보다 감수성품종에서 11% 정도 수량이 감소되고 또한 종실의 주요 영양성분인 단백질 함량을 낮춘다고 하였다. 우리나라의 경우는 불마름병이 심하게 발병된 처리구의 경우 수량이 16.8%-19.8% 감소되는 것으로 조사되었다(Hong et al., 2011). 이렇게 콩 재배에 큰 문제를 야기하는 불마름병은 유기재배에서도 큰 문제가 되고 있다. 불마름병의 방제에 관한 연구는 Hong 등(2010)이 streptomycin sulfate+oxytetracycline WP와 oxytetracycline WP를 자연 감염된 포장에 처리한 결과 70% 정도의 방제효과가 있다고 보고하였으나 이것은 살균제를 이용한 화학적 방제 방법으로 단기적으로는 병 발생을 줄여 피해를 줄이 수 있으나 장기적 그리고 유기재배의 입장에서는 사용이 불가능하기 때문에 재배적, 생물적 방제 방법이 선행적으로 이루어져야 할 것이다. 병 발생을 억제하는 재배적 방법에서 Kim 등(2010)은 파종시기 조절에 따라 콩에 발생하는 세균성 병해 발생을 감소시킬 수 있다고 하였으며, Khatun 등(2011)은 겨자류에 발생하는 점무늬병이 파종시기에 따라 병 발생에 차이가 발생한다고 하였다. 또한 Nam 등(2007)은 작부체계에 따라 참깨에 발생하는 시들음병과 역병의 발생을 감소시킬 수 있다고 하였다. 이렇듯 선행적인 재배적·경종적 방제 방법으로 병 발생을 줄일 수 있으며 이런 연구는 유기재배를 위해서 필수적으로 이루어져야 하겠다.

따라서 본 연구에서는 콩 유기재배를 위한 불마름병 방제 방법 중 저항성 품종선발, 파종시기에 따른 불마름병 발생 억제, 작부체계에 의한 병원균 생존밀도 및 병 발생 정도 등 재배적, 경종적 방법을 시험하고 그 결과를 보고하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 콩 품종에 따른 온실 및 포장에서의 불마름병 저항성 평가

국내에 존재하는 불마름병 병원균의 대표적인 6균계에 대하여 콩 품종들의 병원성 정도

를 알아보기 위하여 분무기(automizer)를 이용하여 잎에 접종하여 병원성 정도를 확인하는 실험을 수행하였다. 접종실험에 사용된 불마름병 6균계는 국립농업과학원에서 분양 받은 후 -70℃ 동결보존하면서 실험에 사용하였다. 온실 실험에 사용한 품종은 국내에서 많이 재배되고 있는 태광콩 등 8품종과 Williams 82 등 외국품종 2품종을 1주 1립으로 pot파종하여 3본엽이 나올 때까지 생장시킨 후 접종에 사용하였다. 병원균 접종은 PSA (peptone-sucrose agar)배지에 병원균(*X. axonopodis* pv. *glycines*)을 접종하여 3일간 28℃ 배양기에서 생장시킨 후 사용하였으며, 접종농도 조절은 600 nm OD600 값으로 0.5(약 5×10^8 cfu/ml)를 맞춘 후 살균된 10 mM $MgCl_2$ 가지고 10^5-10^6 cfu/ml로 희석하여 접종농도를 조절하였다. 그 후 식물체 접종은 분무기(automizer)를 가지고 모든 잎에 충분히 묻도록 접종하였으며, 접종 후 습실기(dew chamber)에 24시간 처리하여 병 발생을 유도하였다. 실험은 3반복, 3회 실시되었으며 1회 시험은 파종 6월 17일, 접종 7월 8일, 조사 7월 19일, 26일, 2회 시험은 파종 7월 6일, 접종 7월 22일, 조사 8월 1일, 9일, 3회 시험은 파종 8월 1일, 접종 8월 24일, 조사 9월 10일, 20일 일정으로 진행하였다. 온실에서의 조사(Disease severity)는 잎에 나타나는 병반수에 따라 0에서 5까지로 등급(병반 수가 0개 이면 0, 병반수가 1에서 25개 까지는 1, 26에서 50개 까지는 2, 51개에서 75개 까지는 3, 76개에서 100개 까지는 4, 100개 이상이면 5)을 정해서 조사하였다.

포장에서의 콩 품종별 불마름병 자연 이병정도와 저항성정도를 조사하기 위해 국립식량과학원 기능성작물부의 격리된 병해검정 포장에 5월 하순경부터 6월 초에 60 × 15㎝ 간격으로 100품종을 파종하였다. 시험에 사용된 콩의 재배는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였으며 자연 발병유도를 위해 병 방제를 실시하지 않았다. 불마름병 조사는 9월과 10월 상순에 각 1회씩 2번 실시하였으며 조사방법은 품종별 10주씩의 병반면적률(상위엽 20엽)을 조사하였다.

2. 파종시기에 따른 콩 불마름병 발생정도

본 시험은 2007년 국립식량과학원 기능성작물부 시험연구포장(밀양)에서 중만생종 품종인 태광콩을 공시하여 수행하였다. 태광콩은 제주도를 제외한 전국에서 재배가 가능한 장려품종으로 모자이크병에는 강하고 괴저병은 중도 저항성이며, 곰팡이병인 갈반병, 자반병, 미이라병 등에는 저항성을 보이지만 불마름병에 감수성품종으로 알려져 있다. 파종은 5월 25일, 6월 5일, 6월 15일, 6월 25일 약 10일 간격으로 4회 시차파종을 하였으며 재식거리는 60 × 15 ㎝, 1주 2립으로 시험을 수행하였다. 다른 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였으며 자연 발병유도를 위해 병해 방제를 실시하지 않았으며, 불마름병 조사는 8월 21일, 9월 10일 2회 실시하였으며 조사방법은 파종시기별 처리구 20주씩 상위 20엽의 병반면적률을 조사하였다.

3. 작부체계에 따른 콩 불마름병 토양 내 생존밀도와 병 발생정도

콩 불마름병 병원균은 종자전염을 통해 월동을 하기도 하지만 대부분은 콩이 재배된 토양이나 수확 후 남은 잔재물(병든 잎이나 가지)에서 월동을 하여 다음해 1차 전염원으로 활동을 하게 된다(Hong et al., 2007). 시험은 5개의 작부체계(콩-자운영, 콩-양파, 콩-보리, 콩-마늘, 콩 단작)에 따라 병원균의 월동 및 생존하는 밀도와 다음해에 병 발생 정도를 조사하여 병 발생을 줄일 수 있는 작부체계를 알아보고자 시험을 수행하였다. 본 실험은 국립식량과학원 기능성작물부(밀양) 콩 재배 포장에서 2006년도와 2007년도에 수행되었다. 마늘과 양파 경우 2006년 10월 13일에 정식하여 2007년도 6월 5일에 수확하였으며, 보리의 경우 겉보리를 10월 14일에 파종하여 2007년 6월 5일에 수확하였다. 자운영의 경우 9월 하순에 파종하였으며, 콩은 동작물을 수확 후 보리, 마늘, 양파 및 자운영을 재배한 곳은 무비로 콩 단작(관행) 처리구는 질소-인산-칼리를 각각 3-3-3.4 kg/10a로 시비한 후 경운을 실시하였다. 경운 후 60 × 15 ㎝의 재식밀도를 태광콩을 6월 상순에 1주 2립으로 파종하였다. 불마름병 발병조사는 8월 21일, 9월 6일, 9월 21일 등 3회 작부체계 처리구별 20주의 병반면적률을 조사하였다. 또한 2006년 12월부터 다음해 콩 파종기인 2007년 6월까지 5개의 작부체계 포장의 토양(잔재물 포함)을 매월 2회씩 채집하여 Schaad(2001) 등이 반석택배지라고 보고한 XTS배지[Nutrient agar(23.0 g) + Glucose(5.0 g) + 증류수(1 L); 살균 후 첨가: cycloheximide (2.0 ㎖, 1.0 g to 10 ㎖ of 75% ethanol) + Gentamycin(5.0 ㎖, 50 mg to 5 ㎖ ethanol) + Cephalexin (1.0 ㎖, 50 mg to 5 ㎖ of 75% ethanol)]에 희석평판법으로 도말하여 병원균의 생존 밀도를 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 콩 품종에 따른 온실 및 포장에서의 불마름병 저항성 평가

국내에 존재하는 불마름병 병원균의 대표적인 6균계에 대하여 콩 품종들의 병원성 정도를 알아보기 위하여 잎에 스프레이 접종하여 병원성 정도를 확인하는 실험을 수행하였다. 실험결과 파종 및 접종시기에 따라서도 병원성에 차이가 나타났으며 이것은 품종 자체의 저항성도 중요하지만 발병환경도 불마름병 병원성 정도에 중요한 요인으로 작용할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다(Table 1). 국내 콩 대표 8품종 중 대부분이 불마름병 병원균에 대해 감수성을 나타냈으며 특히 만리콩, 다원콩, 태광콩 등이 높은 감수성을 나타내었다. 반면에 신팔달2호는 국내 불마름병 균계에 대해 저항성을 나타내었다. 외국 2품종 중 Williams82는 국내 균계에 대해 저항성을 나타냈지만 불마름병 저항성 유전자라고 알려진

rxp 유전자를 가진 CNS품종은 국내 병원균에 대해 친화성(감수성)을 나타내었다. 콩 불마름병에 대한 저항성 유전자는 *rxp* 유전자로 단인자 열성으로 유전된다고 보고되어져(Hartwig and Lehman, 1951, Palmer et al., 1992) 있으나 위의 결과처럼 외국의 *rxp* 유전자를 가진 품종이 국내 불마름병 병원균 균계와 친화성을 나타내기 때문에 국내 병원균 균계가 외국의 병원균과 다른 병원성을 가지고 있을 것으로 생각되어 진다. 또한 국내 대표 균계 중 1045와 2098 균계가 다른 국내 균계에 비해 병원성이 약한 것과 병원균 균계들이 각각의 품종에 대해 상이한 이병정도를 나타내는 것으로 보아 국내에 존재하는 콩 불마름병 병원균 균계들의 분화가 상당이 다양하게 진전되었음을 확인 할 수 있었다(Table 1). 또한 Yang 등(2011)은 국내에서 재배되는 콩은 유전적 다양성이 많고 불마름병 병원균의 분화 또한 복잡하여 *rxp* 유전자 도입 하나만으로는 불마름병을 방제하는게 어려울 것이라고 전망하기도 하였다.

Table 1. Disease severity of bacterial pustule on soybean cultivars inoculated with 6 isolates of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* in greenhouse

Cultivars	*X. axonopodis* pv. *glycines* isolates																	
	OCSF			1018			1157			1045			1017			2098		
Manri	4.3[a]	2.5[b]	1.8[c]	3[a]	2.8[b]	2.5[c]	2.8[a]	2[b]	2[c]	0[a]	0[b]	1.3[c]	4[a]	1.8[b]	4[c]	0.3[a]	0.5[b]	1[c]
Dawon	3.8	2.3	3.5	3.5	0.8	3.8	3	1	3	0	0.3	1.3	3.8	1.3	1	0.8	0	0.8
Jangyeob	3.3	1.5	2.5	3	3	2.5	2.5	2	2.5	0.8	0.5	1.8	3.8	1.8	3.3	0.3	0.5	1
Danbaeg	1.8	1.5	1.8	0.8	0.5	0.5	1.8	0.5	1.3	0	0	0.5	2.8	0.5	1.3	0.3	0	1
Ilpumgeomjeong	2.3	2.3	2.5	2.5	0.8	3	3	0.5	2.5	0.5	0	0.8	3.5	0.8	3.3	1	0.8	0.8
Shinpaldal2	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
Taekwang	4	2	3.3	4	2.3	2.8	2.5	1.8	3.3	0.5	0.3	0.8	3.3	3	3.5	0.8	0.5	1.3
Pungsannamul	1.3	0.5	1.5	2	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0	0.3	0.5	2	0.8	0.8	0.8	0	0
Williams82	0.5	0	0	1.5	0	0	0.5	0	0	0.3	0	0	1	0	0.3	1.3	0	0
CNS	3	2.5	2.3	2.3	1.3	3.8	3.5	1.8	2.5	0	0	1	1.8	2.3	2.3	0.3	0	0.8

* In the column a, seed sowing, pathogen inoculation and survey date was June 17, July 8 and July 19 and July 26, respectively.
In the column b, seed sowing, pathogen inoculation and survey date was July 6, July 22 and August 19 and July 26, respectively.
In the column c, seed sowing, pathogen inoculation and survey date was August 1, August 24 and September 10 and september 20, respectively.
Disease severity was scored based on the number of small, yellow-to-brown lesions with a raised pustule per leaflet with a scale of 0 to 5(0 : no lesion, 1 : 1 to 25 lesions, 2 : 26 to 50 lesions, 3 : 51 to 75 lesions, 4 : 76 to 100 lesions, 5 : more than 100 lesions).

실내에서의 인공접종을 통한 불마름병의 저항성 품종 선발은 병원균의 균계가 다양하고 또한 병원성도 다르기 때문에 검정에 한계가 있을 것으로 생각된다. 그래서 포장에서 품종별로 파종을 하여 자연발병된 상태로 병원성을 조사하여 저항성 품종을 선발하는 것이 가장 효과적일 것으로 생각되어 포장에서 시험을 실시하였다. 시험결과 불마름병이 발병되지 않은 품종은 시험에 공시한 100품종 중 신팔달2호, 장수콩, 푸른콩, 호장콩, 대풍콩, 소호콩, 소록콩, 소명콩, 흑청콩, 청두1호, 대망콩, 장백콩, 청자3호, 광두콩등 14품종으로 10월 초까지 발병이 되지 않았다. 또한 불마름병 병징이 나타나기는 했지만 병반면적률 기준으로 3% 이하로 적게 발병된 품종은 단원콩, 단경콩, 새알콩, 알찬콩, 다장콩, 풍산나물콩, 소백나물콩, 금강콩, 익산나물콩, 명주나물콩, 두유콩, 광안콩, 단백콩, 다기콩, 안평콩, 소양콩, 화엄풋콩, 장원콩, 검정콩4호, 소원콩, 새별콩, 송학콩, 소담콩, 팔도콩, 청자2호, 보석콩, 소강콩, 밀양119호, 수원224호, 녹채콩 30개 품종이였다(Table 2). Lee 등(2013)에 의하면 온실에서 인공접종을 통하여 128개 품종에 대해 저항성 평가를 실시한 결과 병반면적율이 0%인 고도저항성 품종이 24품종(18.8%), 병반면적율 10% 이하의 저항성 품종이 68%를 차지한다고 하였다. 본 실험에서는 병반면적율이 0%인 품종이 14품종 이였으며 이중 장백콩, 장수콩, 신팔달2호, 소명콩, 소호콩 등 5품종은 Lee 등(2013)이 보고한 고도저항성 품종과 일치하지만 푸른콩, 호장콩, 대풍콩, 소록콩, 청두1호, 대망콩, 청자3호 등 7품종은 병반면적율이 10% 이하로 병징이 발생하는 것으로 Lee 등(2013)은 보고하여 본 실험과 다른 결과를 확인할 수가 있었다. 하지만 Kim 등(2010)은 전라도 나주 포장에서 다원콩, 풍산콩, 새올콩, 태광콩 등 4품종은 불마름병이 비슷한 발병율로 발생하였으며 청자3호에서는 병 발생이 나타나지 않았다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보고하기도 하였다. 이렇게 온실에서 인공접종 결과와 포장에서의 결과가 다르게 나온 것은 불마름병의 균계가 다를 수도 있을 것이고 또한 포장에서는 병 발생환경을 시기적으로 회피하는 경향도 있을 것으로 생각되며 원인규명을 위한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 Lee 등(2013)의 보고에 의하면 포장 발병시 불마름병과 들불병이 동시 발병하는 경우가 대부분이며 2012년과 2013년 채집된 시료들 중에서 들불병이 검출된 시료에서는 전부 불마름병과 복합감염되어 있었다고 한다. 병에 대한 단일 저항성 평가도 중요하지만 포장에서의 불마름병과 들불병에 복합 저항성 평가도 유기농가에서는 필요할 것으로 생각된다. 국내 남쪽 지방에서 콩 유기재배시 불마름병 발병을 줄이기 위해서는 병이 발병되지 않은 14품종이나 적게 발병된 30개 품종을 활용하여 재배를 하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

Table 2. Disease severity of bacterial pustules naturally occurred on one hundred soybean cultivars cultivated in field

Cultivar	Diseased leaf area(%)		Cultivar	Diseased leaf area(%)	
	9/6[a]	10/1[b]		9/6	10/1
Shinpaldal2	0	0	Jangwon	2	3
Taekwang	5	17.5	Geomjeong4	2.5	3
Samnam	7.5	5	Geomjeong3	10	17.5
Malli	12.5	15	Sorog	0	0
Jangsu	0	0	Jinmi	1	12.5
Danwon	0	1	Danmi	5	10
Muhan	0	5	Jinyul	12.5	7.5
Jangyeob	15	17.5	Daehwang	17.5	7.5
Hwanggeum	10	12.5	Doremi	3	10
Namhae	0	10	Sowon	0	0.5
Bokwang	7.5	10	Cheongja	3.5	5
Dankyong	0	1	Saebyeol	0	1
Eunha	0	5	Ilmi	2	5
Baegun	5	5	songha	0	2
Saeal	0	2.5	seonheuk	3.5	10
Daewon	15	17.5	Sodam	2	3
Jangmi	3.5	4	Paldo	0	1
Dawon	2	5	Somyeong	0	0
Ilpum geomjeong	7.5	5	Galmi	1	12
Alchan	0	0.5	Heugcheong	0	0
Dajang	1	1	Cheongja2	2	3
Pungsannamul	2	3.5	Cheongja1	0	0
Jinpum2	5	7.5	Bosug	0	0.5
Jinpum	5	15	Sojin	0	5
Sobaegnamul	2	3	Daemang	0	0
geumgang	1	2	shingi	1	2
Iksannamul	0	0.5	dongbug	3.5	11.5
Myeongjunamal	1	1	Jangbaeg	0	0
Geomjeongol	5	7.5	Ahga	10	15

Cultivar	Diseased leaf area(%)		Cultivar	Diseased leaf area(%)	
	9/6[a]	10/1[b]		9/6	10/1
Geomjeong2	8	10	Cheongja3	0	0
Duyou	1	3.5	Sokang	0	1
Pureun	0	0	seonyu	1	7.5
Kwangan	0	1	Jangdanbaekmok	0	7.5
Danbaeg	0	2.5	Jangkyong	0	5
Geomjeong1	15	17.5	Kwangdu	0	0
Hannam	1	11	Geumdu	12.5	20
Dachae	4	7.5	Busug	10	12.5
Dagi	0	1	Bongui	5	10
sunam	4	7.5	Baekcheon	5	2
Anpyeong	0	2	Milyang119	2	3
Hojang	0	0	Suwon224	0	1
Daepung	0	0	Orialtae	0	4
Bukwang	0	5	Ajukkari	0	12.5
Soyang	5	0.5	Miltae	0	17.5
Soho	0	0	Geomjeongsaeol	12.5	15
Keunol	5	10	Nogchae	0	3
soekryangput	2	7.5	Dajin	12.5	17.5
Hwaseongput	5	7.5	Saeol	17.5	20
Hwaeomput	0	3.5	Seonnog	3.5	10
Daol	10	15	Shillog	7.5	12.5

* Disease severity of Column a and column b was surveyed on September 6 and October 1, respectively.

2. 파종시기에 따른 콩 불마름병 발생정도

본 시험에 사용한 태광콩은 중만생종으로 제주도를 제외한 전국에서 재배가 가능한 가을형콩 주요 보급품종으로 불마름병에 감수성품종으로 알려져 있다. 가을형콩은 감광성이 높고 한계일장이 짧으며 감온성이 낮은 품종들로 늦게 개화 성숙하며(Cho, 1993), 또한 파종기에 따른 개화일수 단축율이 큰 품종일수록 가을형콩에 속한다고 하였다(Chu et al., 1996). 시험 결과 5월 25일 파종의 경우 8월 21일 조사에서는 23.3%, 9월 10일 조사에서는 25.7%의 병반면적률을 나타내었으며, 6월 5일 파종의 경우는 14.7%와 18.0%, 6월 15일 파

종은 10.7%와 12.8% 로 조사되어 파종시기가 늦어질수록 불마름병 발생도 줄어드는 경향이 있는 것을 알 수 있었다(Fig. 1). 더욱이 6월 25일의 경우 병 발생이 8월 21일 조사에서는 1.0%, 9월 10일 조사에서는 2.7%로 병 발생이 확연이 감소하는 것을 확인할 수 가 있었다. Kim 등(2010)은 파종시기가 뒤로 늦추어질수록 세균성 병해인 들불병과 불마름병 발생이 감소하여 6월 30일 파종한 새올콩과 태광콩 두 품종의 시험구에서는 불마름병 발생이 나타나지 않았다고 하였는데 본 실험과 유사한 경향을 확인할 수가 있었다. 본 실험의 결과 불마름병의 감수성 품종인 태광콩은 병 발생에 파종시기의 영향을 받은 것을 알 수 있었으며, 이런 불마름병에 대한 생육기별 병 발생 양상의 차이는 기주 작물의 생육에 따른 병 감수성 증가와 관련이 있을 수 있다(Kim et al., 2010). 즉 콩은 개화가 진행되기 시작하면서 영양생장에서 생식생장으로 전환이 되는데 불마름병에 대한 감수성이 생식생장으로 전환이 되면 증가하는 것으로 생각된다. 또한 파종시기에 따른 개화일수를 보면 5월 25일 파종의 경우 개화일수가 53일로 7월 17일 경에, 6월 5일 파종은 개화일수 48일로 7월 23일 경, 6월 15일 파종은 개화일수 44일로 7월 29일 경, 6월 25일 파종은 개화일수 41일로 8월 5일 경에 개화가 되는 것으로 조사되었다(자료 미제시). 태광콩은 가을형콩으로 개화일수 단축율이 큰 편에 속하며 5월 25일 파종과 6월 25일 파종의 파종일수 차이는 30일 이지만 개화일수 차이는 12일 정도였다.

우리나라 기후 특성상 6월 말부터 장마가 시작되며 7월 중순부터 최고온도가 30℃ 이상의 더운 기후를 나타내는데 콩 불마름병의 병원균은 고온성(생육적온 30~33℃)으로 날씨가 더워져도 병원균의 생장이 멈추지 않으며 습하고 비가 자주 오는 경우에 더욱 심하게 발생한다. 5월 25일 파종의 경우 7월 17일 경부터 개화가 되기 시작하면서 생식생장으로 전환되어 불마름병 감수성이 증가되기 시작하였고 온도 또한 병원균이 생육하고 침입하기 가장 유리한 30℃ 이상의 온도와 잦은 강우로 습도를 유지하였기 때문에 병 발생이 많아지는 것으로 판단된다. 반대로 파종시기가 늦어질수록 불마름병 발생이 줄어드는 것은 파종시기가 늦어지면 개화기도 같이 늦어지며 이로 인해 병원균 생육에 필요한 최적의 온도와 습도를 회피하여 병 발생이 줄어들었다고 할 수 있겠다. Khatun 등(2011)은 아열대몬순성기후인 방글라데시에서 겨자류에 발생하는 *Alternaria brassicae*에 의한 점무늬병은 10월 중순경 파종보다 11월경에 파종하면 병 발생이 더 심해진다고 보고하면서 그 주요 요인으로 기후가 관계된다고 하였는데 *A. brassicae* 병원균은 침입하는데 20℃ 이하의 낮은 온도가 필요하며 그 시기가 11월 중순부터 12월 중순에 해당된다고 하였다.

국내에서 콩 파종시기는 중부지방은 5월 중-하순, 남부지방은 5월 하순-6월 상순에 파종이 이루어지고 있으나 본 연구에서 보듯이 불마름병 발생을 감소시키기 위해서는 파종 시기를 늦추는 것이 콩 유기재배를 위한 재배적 방제 방법일 것이다. 하지만 불마름병 발생을 억제하기 위해 파종시기를 무조건 늦게 파종하는 것은 수량감소가 될 가능성도 있을 것으로 생각된다. 일반적으로 콩은 타작물에 비해 비교적 장기간에 걸쳐 파종이 가능하지만

파종시기에 따른 생육온도의 영향으로 수량구성요소 및 수량성에 많은 차이를 보이는 것으로 알려져 있다. Jung 등(2012)은 수원에서 중만생종인 대원콩을 5월 25일과 6월 25일로 나누어서 파종한 후 수량구성요소를 조사한 결과 5월 파종구가 6월 파종구에 비해 초장, 경태 및 주경절수가 증대되었으며 100립중과 개체당 수량도 높았다고 하였으며, Roger and Flowerday(1984)는 우리나라보다 위도가 다소 높은 미국의 네브라스카 지역에서 콩을 5월 상순~7월 상순까지 5차례에 걸쳐 파종을 해본 결과 5월 상순에 비해 6월 상순에 파종할 경우 수량이 약 14% 감소되었고, 7월 상순 파종구는 수량이 57% 감소되어 파종기가 늦을수록 등숙이 단축되고 수량은 현저히 감소된다고 하였다. 하지만 Kim 등(2013)은 남부지방에서 주요 콩 품종의 파종기에 따른 생태적 특성 및 수량변이를 조사한 결과 태광콩의 경우 5월 30일 파종 처리구의 수량이 가장 많았으며 그 다음으로 6월 15일 파종, 5월 15일 파종, 6월 30일 파종, 7월 15일 파종 순으로 수량이 감소하였다. 하지만 통계적으로 5월 30일 파종과 6월 15일, 5월 15일 파종 간에 유의성은 없는 것으로 확인되었다(Kim et al., 2013).

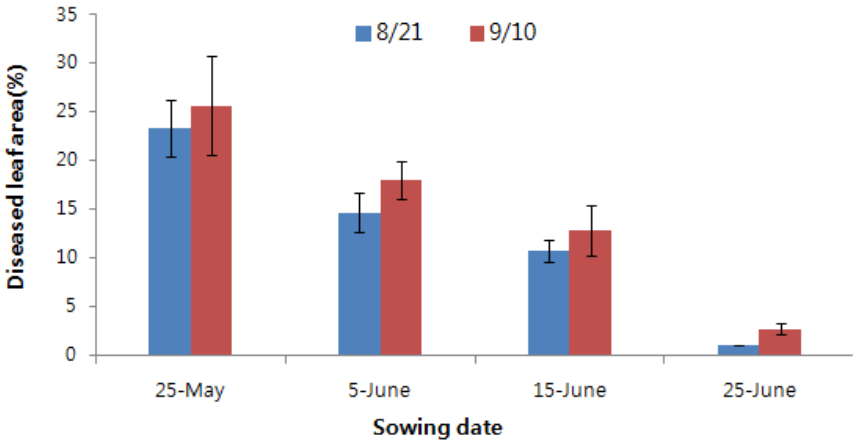

Fig. 1. Diseased leaf area of bacterial pustule caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* occurred on soybean sown in four different sowing dates(25-May, 5-June, 15-June and 25-June) in Milyang. Diseased leaf area was surveyed on August 21 and September 10

3. 작부체계에 따른 콩 불마름병 토양 내 생존밀도와 병 발생정도

시험은 5개의 작부체계에 의한 병원균 생존밀도와 병 발생 정도 차이를 조사하여 병 발생을 줄일 수 있는 작부체계를 알아보고자 시험을 수행하였다. 시험한 작부체계 모든 포장의 토양에서 불마름병 병원균이 검출되어 토양이나 잔재물에서 월동하는 것을 확인할 수가 있었다. 병원균은 토양 내에서 12월부터 점점 생존밀도가 감소하기 시작해서 2~3월에

가장 낮은 밀도로 생존해 있다가 4월부터 증가하기 시작하여 콩 파종기인 6월경에는 월동 전의 밀도와 비슷한 수준이 되는 것을 알 수 있었다. 월동 후의 병원균의 생존밀도를 비교해보면 콩 단작과 콩-자운영 작부체계보다 콩-보리, 콩-마늘 작부체계의 밀도가 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 2).

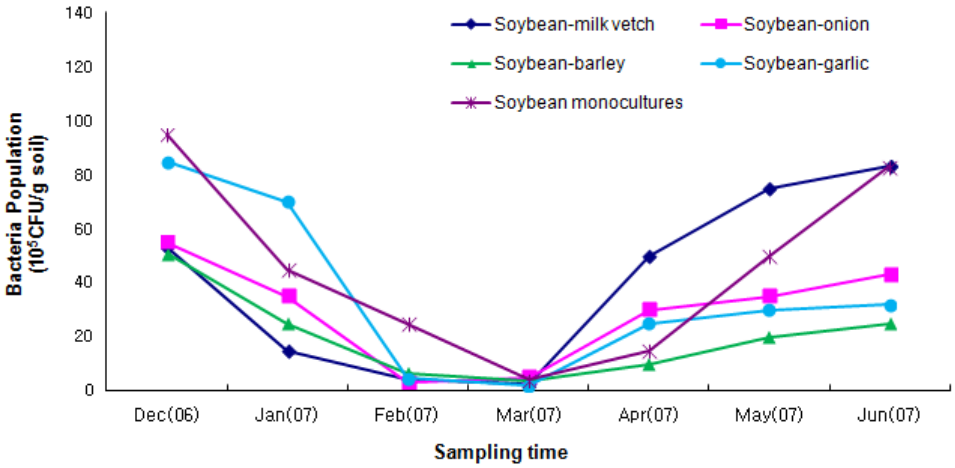

Fig. 2. Population dynamics of bacterial pustule pathogen, *X. axonopodis* pv. *glycines* in 5 type of cropping system soil

작부체계 별 불마름병 발병은 8월 21일, 9월 6일, 9월 21일 3회 조사하였으며 콩-자운영 작부체계는 13.5-18.3%의 병반면적률을 콩-양파 작부체계는 12.5-14.7%, 콩-보리 작부체계는 1.5-6.5%, 콩-마늘 작부체계는 5.7-8.8%, 콩 단작 작부체계는 10.3-17.0%의 병 발생이 확인되었다. 불마름병 발병정도는 콩-보리와 콩-마늘 작부체계가 가장 낮았으며 콩-양파와 콩-자운영 작부체계는 콩 단작과 유사하거나 다소 높은 발병률을 나타내었다(Fig. 3). 10a 당 콩 수량은 콩-자운영 작부체계는 192 kg, 콩-양파 작부체계는 229 kg, 콩-보리 작부체계는 251 kg, 콩-마늘 작부체계는 210 kg, 콩 단작 작부체계는 204 kg로 조사되었다(Fig 3). Kim 등(1993)은 답전윤환지 작부체계에서 콩 연작체계가 콩-벼 작부체계에 비해 자주무늬병, 불마름병, 세균성점무늬병의 발생이 2배 이상 높았으며 콩의 생육이나 수량도 연작구보다 윤작구가 증가하는 경향이 있다고 하면서 이와 같이 상이한 작부체계에서 병발생양상의 차이는 대부분 작부체계와 연관하여 토양 내에 존재하는 가용질소양의 차이에서 비롯된 것으로 추측하였다. 또한 Nam 등(2007)은 참깨 토양전염성병해인 시들음병 및 역병의 발생이 작부방법에 따라 차이가 있다고 보고하였는데 연작 40.0-49.7%에 비하여 윤작은 28.3%로 적게 발생하였고, 또한 토양 1 g당 검출된 시들음병 병원균 밀도도 연작은 12.388 cfu에 비하여 참깨-호밀, 참깨-헤어리벳치 작부체계의 병원균 밀도는 3.343-3,588 cfu로 감소하는 경

향이 있다고 하였다. 본 실험에서도 동계작물로 보리와 마늘을 재배한 처리구의 병원균 밀도가 콩 연작 처리구보다 낮은 것을 확인할 수가 있었는데, 이와 같은 결과는 같은 작물을 재배하면 토양 내 병원균이 증가되어 결국 기주작물에 영향을 준다고 볼 수 있겠다.

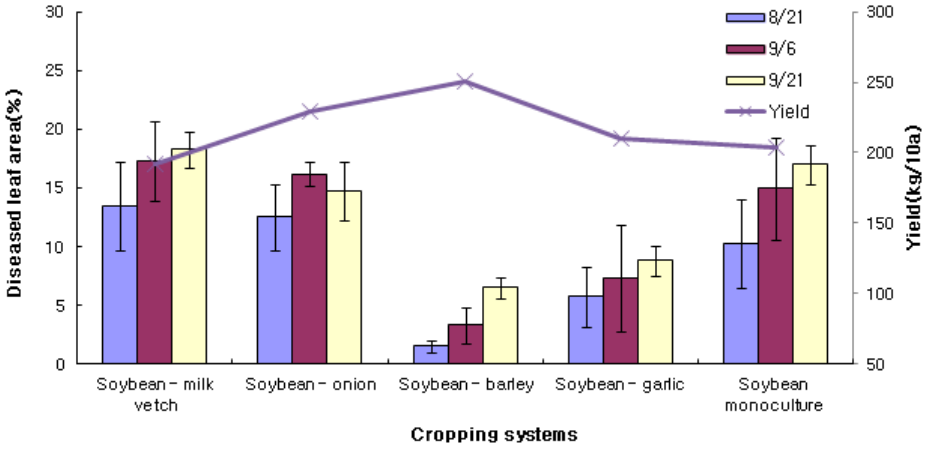

Fig. 3. Diseased leaf area of bacterial pustule and soybean yield when soybean was rotated-cultivated with milk vetch, onion, barley and garlic, and mono-cultured in the field

Ⅳ. 적 요

Xanthomonas axonopodis pv. *glycines*에 의해 발생하는 콩 불마름병은 콩을 재배하는 많은 지역에서 가장 많이 발생하는 세균성 병해 중 하나이다. 본 연구는 콩 불마름병 발생 억제를 위한 저항성품종, 파종시기, 작부체계에 대한 효과를 포장에서 평가하기 위하여 수행되었다. 100여 품종을 자연 감염된 포장에서 저항성을 평가한 결과 푸른콩 등 14품종이 저항성을 나타내었고 30여 품종이 병반면적률 3% 이하의 중간 저항성을 나타내었다. 또한 불마름병 감수성 품종인 태광콩을 5월 25일, 6월 5일, 6월 15일, 6월 25일 등 10일 간격으로 파종시기를 조절하여 병반면적률을 조사한 결과 23.3%-25.7%, 14.7%-18.0%, 10.7%-12.8%, 1.0%-2.7%의 발생을 각각 확인하였다. 불마름병 발생이 가장 낮은 처리구는 6월 25일 파종구였으며, 발생이 가장 심한 처리구는 5월 25일 처리구였다. 파종시기가 늦어질수록 불마름병 발생은 감소되는 것을 알 수 있었다. 2006년 12월부터 2007년 6월까지 5개의 콩-동계작물 작부체계의 토양을 채집하여 불마름병 병원균의 생존밀도를 조사하였다. 조사결과 모든 작부체계에서 병원균이 검출되었으며 콩-보리 작부체계와 콩-마늘 작부체계의 병원균

밀도가 다른 작부체계보다 생존밀도가 낮았다. 더욱이 두 개의 작부체계는 콩 불마름병 발생도 감소하는 것으로 확인되었다.

[논문접수일 : 2014. 10. 8. 논문수정일 : 2014. 11. 23. 최종논문접수일 : 2014. 11. 24.]

Reference

1. Cho, Y. J. 1993. Upland Crop. Hyangmunsa. pp. 270-329.
2. Chu, Y. H., K. W. Chung, and M. K. Joo. 1996. Effect of different planting dates on growth and yield component in two ecotypes of soybean. Korean J. Crop Sci. 41(1): 86-94.
3. Hartwig, E. E. and S. G. Lehman. 1951. Inheritance of resistance to the bacterial pustule disease in soybean. Agron. J. 43: 226-229.
4. Hartwig, E. E. and H. W. Johnson. 1953. Effect of the bacterial pustule disease on yield and chemical composition of soybeans. Agron. J. 45: 22-23.
5. Hong, S. J., Y. K. Hong, B. C. Lee, M. J. Lim, Y. N. Yoon, J. B. Hwang, S. B. Song, and S. T. Park. 2007. Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* and survey on seed contamination in soybean seeds using PCR assay. Res. Plant Dis. 13(3): 145-151.
6. Hong, S. J., Y. K. Kim, H. J. Jee, B. C. Lee, Y. N. Yoon, and S. T. Park. 2010. Selection of bactericides for controlling soybean bacterial pustule. Res. Plant Dis. 16(3): 266-273.
7. Hong, S. J., Y. K. Kim, H. J. Jee, C. K. Shim, J. S. Kim, J. H. Park, E. J. Han, and B. C. Lee. 2011. Influence of Disease Severity of Bacterial Pustule caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* on Soybean Yield. Res. Plant Dis. 17(3): 317-325.
8. Jung, G. H., J. E. Lee, Y. H. Kim, D. W. Kim, T. Y. Hwang, K. S. Lee, B. M. Lee, H. S. Kim, Y. U. Kwon, and S. L. Kim. 2012. Effect of planting date, temperature on plant growth, isoflavone content and fatty acid composition of soybean. Kor. J. Breed. Sci. 57(4): 373-383.
9. Khatun, F., M. S. Alam, M. A. Hossain, P. K. Malaker, and M. H. Rashid. 2011. Effect of sowing dates and varieties on the severity of *Alternaria* blight of mustard. Bangladesh J. Agril. Res. 36(4): 583-594.
10. Kim, C. H., H. S. Lee, and S. B. Ahn. 1993. Disease incidence pattern on rice and upland crops in paddy-upland rotation system. Korean J. Plant Pathol. 9(4): 280-285.
11. Kim, D. K., J. G. Choi, H. G. Park, H. R. Shin, S. T. Yoon, K. D. Lee, and Y. S. Rim.

2013. Ecological characteristics and yield of major soybean cultivars at different sowing times in southern korea. Korean J. Crop Sci. 58(1): 57-66.

12. Kim, H. J., J. Y. Oh, D. K. Kim, H. T. Yun, W. S. Jung, J. K. Hong, and K. D. Kim. 2010. Evalution of disease occurrence by cultivar, sowing date and locational difference in korean soybean fields. Res. Plant Dis. 16(2): 176-182.
13. Kim, Y. W. and J, H. Cho. 2004. Study on growth responses of soybean in paddy field for establishing environment-friendly cropping system. Korean J. Organic Agric. 12(4): 437-450.
14. Laviolette, F. A., K. L. Athow, A. H. Probst, and J. R. Wilcox. 1970. Effect of bacterial pustule on yield of soybeans. Crop Sci. 10: 150-151.
15. Lee, H. Y., M. G. Jeon, M. S. Choi, B. K. Kang, H. Y. K resistance screen of bacterial pustule and wildfire in soybean. Korea Soybean Digest. 30(1): 1-9.
16. Ministry of agriculture, food and rural affairs republic of Korea. 2013. Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook. pp. 291-301.
17. Nam, S. Y., I. J. Kim, M. J. Kim, H. J. Kang, T. Yun, C. W. Rho, K. B. Min, and C. H. Lee. 2007. Effects of green manure crops and rotational system on growth and yield of sesame. Korean J. Plant Res. 20(5): 404-408
18. Palmer, R. G., S. M. Lim, and B. R. Hedges. 1992. Testing for linkage between the *Rxp* locus and nine isozyme loci in soybean. Crop Sci. 32: 681-683.
19. RDA. 2011. The concept of environment-friendly agriculture and its farming technologies.
20. Roger W. E. and A. D. Flowerday. 1984. Soybean planting date: when and why. University of Nebraska-lincoln, File G687 under: Field Crops 0A-6, Soybeans.
21. Schaad, N. W., J. B. Jones, and W. Chun. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. APS Press.
22. Schisler, D. A., P. J. Slininger, R. W. Behle, and M. A. Jackson. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant diseases. Phytopathology 94: 1267-1271.
23. Weber, C. R., J. M. Dunleavy, and W. R. Fehr. 1966. Effect of bacterial pustule on closely related soybean lines. Agron. J. 58: 544-545.
24. Wrather, J. A. and S. R. Koenning. 2009. Effects of diseases on soybean yields in the United States 1996 to 2007. Onling. Plant. Plant Health Progress doi: 10.1094.
25. Yang, K. W., Y. H. Lee, J. M. Ko, M. G. Jeon, B. W. Lee, H. T. Kim, C. S. Jung, and I. Y. Baek. 2011. Development of molecular markers conferring bacterial leaf pustule resistance gene, *rxp*, using resistant and susceptible cultivars in soybean. Kor. J. Breed. Sci. 43(4): 203-208.