식물병연구
Research Article | Open Access
Res. Plant Dis. 21(4) : 261-267(2015)
http://dx.doi.org/10.5423/RPD.2015.21.4.261

2013–2014년도 경북 북부지역 사과 주요 병해 발생조사

Survey of Major Diseases Occurred on Apple in Northern Gyeongbuk from 2013 to 2014

천원수 · 전용호*

안동대학교 생명자원과학과

Wonsu Cheon and Yongho Jeon*

Department of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea

***Corresponding author**
Tel : +82-54-820-5507
Fax: +82-54-820-6320
E-mail: yongbac@anu.ac.kr

Received August 25, 2015
Revised November 12, 2015
Accepted November 12, 2015

During the period from 2013 to 2014, disease occurrences by various pathogens in apple cultivars have been investigated in northern Gyeongbuk province of Korea. Anthracnose, white rot, Alternaria leaf spot, Marssonina blotch, and bacterial shoot blight as major diseases have been observed. Pathogens isolated from the symptomatic plants were identified as *Colletotrichum gloeosporioides* for anthracnose, *Botryosphaeria dothidea* for white rot, *Alternaria alternata* for Alternaria leaf spot, *Marssonina mali* for Marssonina blotch, and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* for bacterial shoot blight. Of all diseases, the bacterial shoot blight has been severely increased in chronically infested fields in Gyeongbuk province.

Keywords : Anthracnose, Apple, Bacterial shoot blight, Disease incidence, Marssonina blotch

서 론

사과는 과실 재배면적 153,000 ha 가운데 약 30,000 ha로 전체 과실 재배면적의 20%를 차지하고 있으며, 특히 경북지역은 전국 사과 재배면적의 약 61%를 차지하는 국내 최대의 사과 재배지이다(통계청, 2014). 한국식물병목록(한국식물병리학회, 2009)에 의하면 국내 사과에 발생하는 병해는 41종의 병해가 보고되어 있으며, 이 가운데 탄저병과 겹무늬썩음병 등 27종의 병해가 최근 사과나무에서 발생하는 것으로 알려져 있다(Choi 등, 2012). 사과나무와 과실의 병해 방제를 위해서는 생육전기간 동안 약제방제를 실시하고 있으며, 그 중 경제적 피해를 입히는 병해는 점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 겹무늬썩음병 및 탄저병 4종 정도이며, 특히 겹무늬썩음병과 탄저병은 과실을 직접 부패시키며 저장 중에도 많은 피해를 입히는 병이다(Uhm, 2010). 사과는 무농약 재배시 병해충에 의한 감수율이 높고 상품성의 차이가 크기 때문에(Lee 등, 1994) 합리적인 약제방제의 중요성이 강조되고 있다. 사과 병해 방제에 대한 연구는 자주 보고가 되고 있으며(Kim 등, 2010a; Shin 등, 2009), 재배지의 병해충 발생 조사는 병해충별로 보고가 되고 있다(Kwon과 Jee, 2008; Lee 등, 2007). 또한 최근 바이로이드 및 바이러스의 발병에 관한 보고가 늘고 있다(Kim 등, 2010b; Yoon 등, 2014). 이 조사에서는 경북 북부지역의 사과 재배 중 발생하는 주요 병해의 발생상황 및 병원균을 조사하여 최근 병발생 동향을 확인하였다.

재료 및 방법

병해조사. 경북 북부지역의 사과 주산지를 대상으로 2013–2014년 2년에 걸쳐 사과 병해 발생조사를 실시하였다. 조사지역은 안동을 중심으로 경북 북부지역 사과 주산지 8개 시·군(안동, 청송, 영양, 예천, 의성, 영주, 봉화, 문경)을 선정하였으며

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology
pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. The field level evaluation of fungicidal spray on different apple cultivars at different locations in northern Gyeongbuk Province with respect to root stock and age of the tree

Location		Root stock	Cultivar	No. of fungicide spray/year	Age of tree	Cultivation career
Youngju	75-2 Changrak-ri, Punggi-eup	MM.106	Fuji	>11	17	23
	47 Geumgye-ri, Punggi-eup	M.26	Fuji & Yoko	>11	11	23
	505-3 Ohyeon-ri, Bonghyeon-myeon	M.26	Fuji & Yoko	10	9	9
Bonghwa	245 Aedang-ri, Chunyang-myeon	M.9	Fuji	>10	12	12
	411 Seokhyeon-ri, Chunyang-myeon	MM.106	Fuji	>10	26	20
	528-2 Seokhyeon-ri, Chunyang-myeon	M.26	Fuji	>10	18	20
Andong	181 Nognae-ri, Nokjeon-myeon	M.26	Fuji	>11	10	15
	815-5 Daehyeon-ri, Bukhu-myeon	M.26	Fuji	>11	12	19
	35-1 Gogok-ri, Imha-myeon	M.26	Fuji	12	10	15
Uiseong	735-1 Geumo-ri, Chunsans-myeon	M.26	Fuji	>10	13	13
	1024-1 Shinheong-ri, Chunsans-myeon	M.26	Fuji	>10	12	17
	273 Shinheong-ri, Chunsans-myeon	M.26	Fuji	>11	19	22
Cheongsong	618-1 Changyang-ri, Hyeondong-myeon	M.9	Fuji	>10	10	20
	5 Mogye-ri, Hyeonseo-myeon	M.9	Fuji & Hongro	9	7	7
	381-1 Sejang-ri, Jinbo-myeon	M.9	Fuji	10	10	12
Yeongyang	57 Shinpyeong-ri, Seokbo-myeon	M.26	Fuji	>11	11	16
	602-1 Gamcheon-ri, Yeongyang-eup	M.9	Fuji	>11	8	13
	602-3 Gamcheon-ri, Yeongyang-eup	M.26	Fuji	>11	8	13
Mungyeong	872-2 Jeomchon 4-dong	M.26	Fuji & Hongro	>10	20	20
	324-22 Yoseong-ri, Mungyeong-eup	MM.106	Fuji	12	22	25
	25-2 Daehari, Sanbuk-myeon	M.26	Fuji	>10	15	17
Yecheon	300 Woogok-ri, Hari-myeon	M.9	Fuji	>11	11	18
	336 Woogok-ri, Hari-myeon	M.9	Fuji	>11	12	15
	574-2 Woogok-ri, Hari-myeon	M.9	Fuji	>12	12	14

(Table 1), 선정된 각 시·군의 3개 포장으로부터 병해 발생조사를 실시하였다. 조사 방법은 농촌진흥청의 조사 방법에 준하여 한 포장당 3개의 지점을 선정하고 지점당 5–10주를 조사하였다. 5월 초순부터 10월 하순까지 20일 간격으로 조사하였다. 잎에 발병하는 점무늬낙엽병, 갈색무늬병에 대해서는 주당 4방향으로 200엽 이상씩 조사하여 발병엽율에 관한 지수를 부여하고 이를 발병도(%)로 환산하였다. 과실에 발병하는 탄저병, 겹무늬썩음병에 대해서는 주당 4방향으로 100과 이상씩 조사하여 발병과율에 관한 지수를 부여하고 이를 발병율로 환산하였다. 병해 진단 방법은 Choi 등(2012)의 방법에 따라 병징과 표징 관찰에 의하였으며, 필요한 경우 해부학적, 형태학적 진단 및 분자생물학적 진단을 병행하였다. 병명이나 병원균의 학명은 한국식물병명목록에 따랐다. 월별 기상자료는 기상청(2013–2014)의 자료(http://www.kma.go.kr)를 인용하여, 강수량과 각 병의 발병율과의 관계를 회귀분석하였다.

병원균 분리 및 균학적 특성. 조사 포장에서 이병된 과실 및 잎을 채집하여 병원균을 분리하였다. 과실과 잎의 이병부위를 5 mm × 5 mm 정도로 잘라 70% 에탄올과 1% 차아염소산나트륨으로 표면 소독한 뒤, 살균수로 세척하여 PDA(potato dextrose agar, Difco, USA) 또는 NA(nutrient agar, Difco, USA)에 치상하였다. 28℃ 암조건에서 배양하며 형성된 콜로니를 관찰하였다. 배양 중 치상한 조직에서 형성된 균체를 새로운 배지에 옮겨 균을 분리하였다. 분리된 병원균 또는 이병과실이나 이병엽의 병반부위에 형성된 병원균을 광학현미경(BX43, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 포자형성유무, 포자의 형태, 색깔 등을 관찰하였다.

병원균 동정. 사과로부터 분리한 곰팡이의 동정을 White 등(1990)이 사용한 프라이머 ITS1(5′-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3′)과 ITS4(5′-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3′) primer set를 이용하여 ITS region을 증폭하였다. 증폭된 PCR 산물은 NucleoSpin Gel and PCR Clean-up(MN, Germany)를 사용하여 정제하였다. 염기서열분석은 Solgent(Korea)에 의뢰하였으며, Seqman(DNASTAR, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 분석된 염기서열은 NCBI(National Center for Biotechnology Information)의 BLAST

를 이용하여 GenBank에 등록되어 있는 균주들과 비교하였다. 분리된 세균의 동정을 위해 탄소원 이용여부 측정을 위한 BiOLOG system(BiOLOG GN microplate, Release 4.20 system, Hayward, CA, USA)을 이용하였고, 지방산 분석을 이용한 GC-MIDI system(Sherlock version 3.1, Newark, DE, USA) 분석을 수행하였다. 또한 Weisburg 등(1991)이 사용한 27F(5′-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3′), 1492R(5′-TTCTCCGCTTATTGATATGC-3′) primer set을 이용하여 16S rRNA 유전자를 분석하였다. 필요한 경우 생리·생화학적 분석(Schaad 등, 2001)도 병행하였다.

결과 및 고찰

병해 발생상황. 경북 북부지역의 사과 재배지에서 발생하는 주요병해는 사과 탄저병(anthracnose, Fig. 1A), 겹무늬썩음병(white rot, Fig. 1B), 점무늬낙엽병(Alternaria leaf spot, Fig. 1C), 갈색무늬병(Marssonina blotch, Fig. 1D), 가지마름병(bacterial shoot blight, Fig. 1E) 등이 관찰되었다. 각 지역별로 후지품종을 중심으로 조사하였으며, 조사한 나무의 수령은 7–26년생의 다양한 수령의 나무를 조사하였다. 농민의 재배경력 또한 7–25년 정도로 다양하였다. 각 농가별로 농약 살포는 10–12회 실시하였으며, 필요에 따라 추가 방제를 실시하고 있는 실정이다(Table 1). 이러한 농약 살포 횟수는 사과원의 저농약 살포체계의 기술 개발 및 실용화와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다(Lee 등, 2007).

탄저병. 사과 탄저병은 7월 초순부터 발병하기 시작하여 수확기까지 발병하였다. 병징은 과실 표면의 병반부위가 함몰되며 병반표면에는 둥근 무늬로 분생자층이 형성되며, 과실이 부패되는 것이 특징이다(Fig. 2A). 또한 과실의 단면을 자르면 과심을 중심으로 V자 형태로 과실이 부패되어 있었다. 병든 과실에서 분리된 사과탄저병균은 PDA 배양기 상에서 균사의 생육은 회백색의 균사로 자라며 많은 분생포자를 형성하였다. 분생포자는 무색이었으며, 원통형 또는 타원형으로 양끝이 둥근 모양을 나타내었으며, 크기는 13.4–20.1 × 4.2–6.2 μm였다(Fig. 2A). 분리된 사과 탄저병균은 균학적 특성 및 ITS 염기서열 분석에 따라 동정한 결과, *Colletotrichum gloeosporioides*로 동정되었다. 사과 탄저병 발병률은 10월 하순, 2013년 2.9%이며 2014년에는 3.6%의 발병률을 나타내었다(Fig. 3A).

겹무늬썩음병. 겹무늬썩음병은 7월 하순부터 발병하기 시작하여 수확기까지 발병하였다. 병징은 과점을 중심으로 처음 갈색의 반점이 나타나고 점차 병반으로 확대되었다. 병반이 진

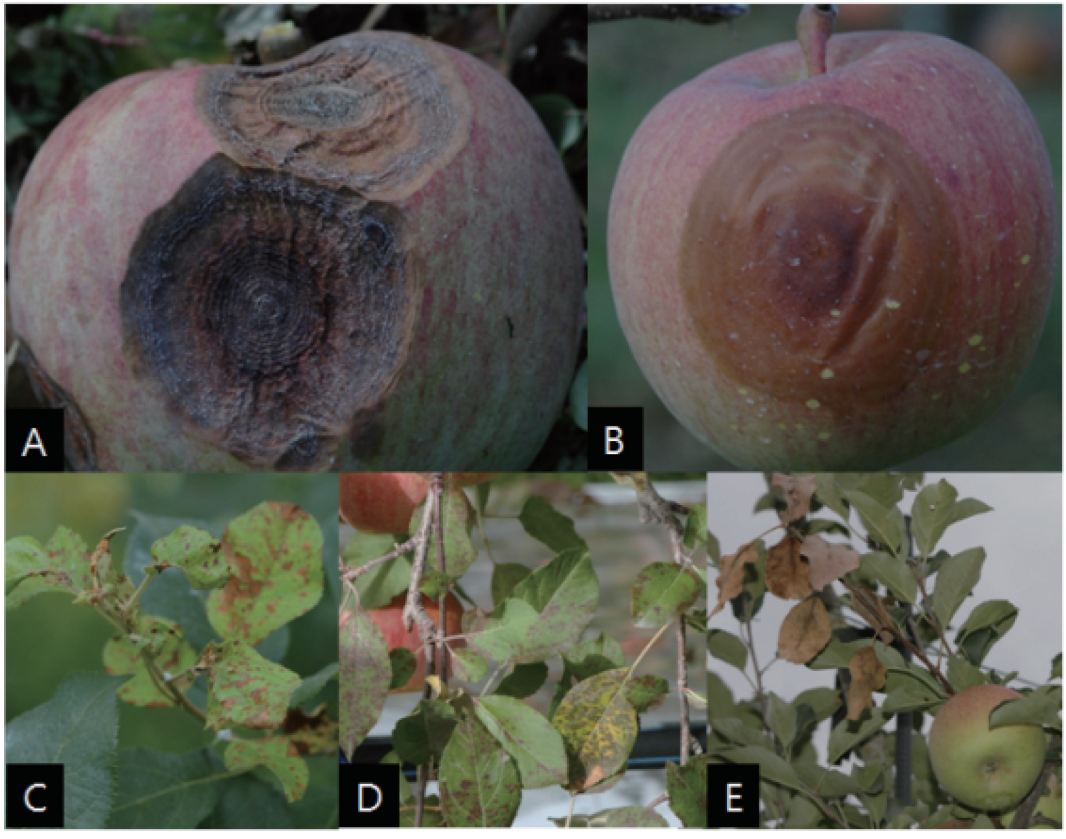

Fig. 1. Anthracnose (**A**), white rot (**B**), Alternaria leaf spot (**C**), Marssonina blotch (**D**) and bacterial shoot blight (**E**) occurred in apple orchards in northern Gyeongbuk province.

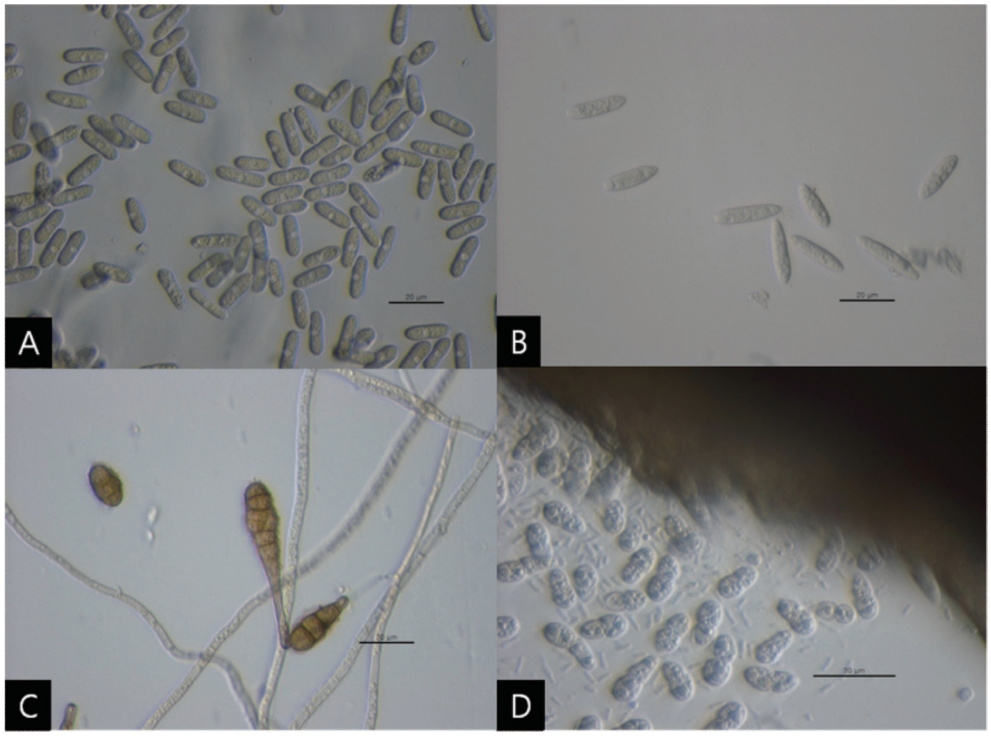

Fig. 2. Morphological characteristics of (**A**) *Colletotrichum gloeosporioides* (**B**), *Botryosphaeria dothidea*, (**C**) *Alternaria aternata* and (**D**) *Marssonina mali* isolated from the apple fruits and leaves.

전됨에 따라 병반 표면에는 엷은 테두리를 형성하였으며, 과실이 내부 깊숙이까지 병이 발병하였다(Fig. 1B). 내부의 병징은 과심을 중심으로 U자형태의 병징을 나타내는 것이 특징이다. 병든 과실에서 분리된 겹무늬썩음병균은 PDA 배지상에서 흰색의 균총을 띄며 자라다가 배양시간이 길어질수록 흑갈색 또는 검은색을 띄었다. 분생포자는 무색이며, 타원형 또는 한쪽이 더 넓은 타원형이며, 포자의 크기는 18.8–24.3 × 4.2–7.7 μm였다(Fig. 2B). 분리된 사과 겹무늬썩음병균의 염기서열분석 결과 *Botryosphaeria dothidea*로 동정되었다. 사과 겹무늬썩음병의 발병률은 10월 하순, 2013년 2.4%이며, 2014년에는 2.8%의 발병률을 나타내었다(Fig. 3B).

점무늬낙엽병. 점무늬낙엽병은 5월 초순부터 발병하여 수확기까지 발병하며, 병징은 주로 잎에 많이 발병하였다. 갈색의 소형반점을 형성하며 암갈색 혹은 회갈색의 병반으로 확대되었다(Fig. 1C). 주로 여름철 신초에서 많이 발병하였다. PDA에서 연한 회갈색의 균총을 띄며 자라다가 배양시간이 길어짐에 따라 짙은 회갈색의 균총을 띄었다. 분생포자의 색깔은 연한 갈색을 띄며, 모양은 난형 또는 곤봉형의 형태를 나타내며, 횡격막이 3–5개 있으며, 종격막이 1–2개 관찰되었다. 크기는 11.7–43.2 × 5.4–12.7 μm였다(Fig. 2C). 분리된 사과 점무늬낙엽병균은 *Alternaria alternata*로 동정되었다. 사과 점무늬낙엽병의 발병률은 10월 하순, 2013년에 10.6%, 2014년에는 8.7%였다(Fig. 3C).

갈색무늬병. 갈색무늬병은 5월 초순부터 발병하여 수확기까지 발병하였으며, 주로 잎에 많이 발병하였다. 국내의 갈색무늬병균의 포자비산이 1990년대까지는 5월부터 확인되었으나(Kim 등, 1998), Uhm(2010)의 보고에 따르면 2000년대부터는 초기비산이 빨라졌으며, 2006년의 경우 4월부터 초기 비산이 관찰되었고, 이로 인해 갈색무늬병의 초기발병이 빨라졌다. 병징은 원형의 흑갈색 반점이 형성되어 점차 확대되었으며, 병반 위에는 흑갈색의 소립이 형성되었다. 병반 이외의 건전부위는 황색으로 변하고 병반주위가 녹색의 경계가 뚜렷해졌다(Fig. 1D). PDA에서 생장은 매우 느리며, 흑색의 균체를 형성하였다. 분생포자는 무색으로 2개의 세포로 구성되어 있었으며, 한 세포는 원형으로, 다른 한 세포는 장타원형의 형태를 나타내었다. 포자의 크기는 11.8–17~3 × 3.7–5.4 μm였다(Fig. 2D). 분리된 갈색무늬병균은 Marssonina coronariae로 동정되었다. 사과 갈색무늬병의 발병률은 2013년 44.2%, 2014년에는 51.8%의 발병률을 나타내었다(Fig. 3D).

가지마름병. 경북 북부지역의 사과 재배지에서 5월 초순경부터 과총엽의 색이 노랗게 변하며 낙화되었고, 발병이 심한 포장에서는 잎이 암갈색으로 갈변하고 가지의 끝부터 마르기 시작하는 가지마름병이 관찰되었다(Fig. 1E). 이에 병원균을 분리하여 동정한 결과, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*로 동정되어 보고하였다(Lee 등, 2015). Seo 등(1999)은 *P. syringae*에 의한 사과 가지마름병을 처음 보고하였으나, 병원성에 따른 분류는

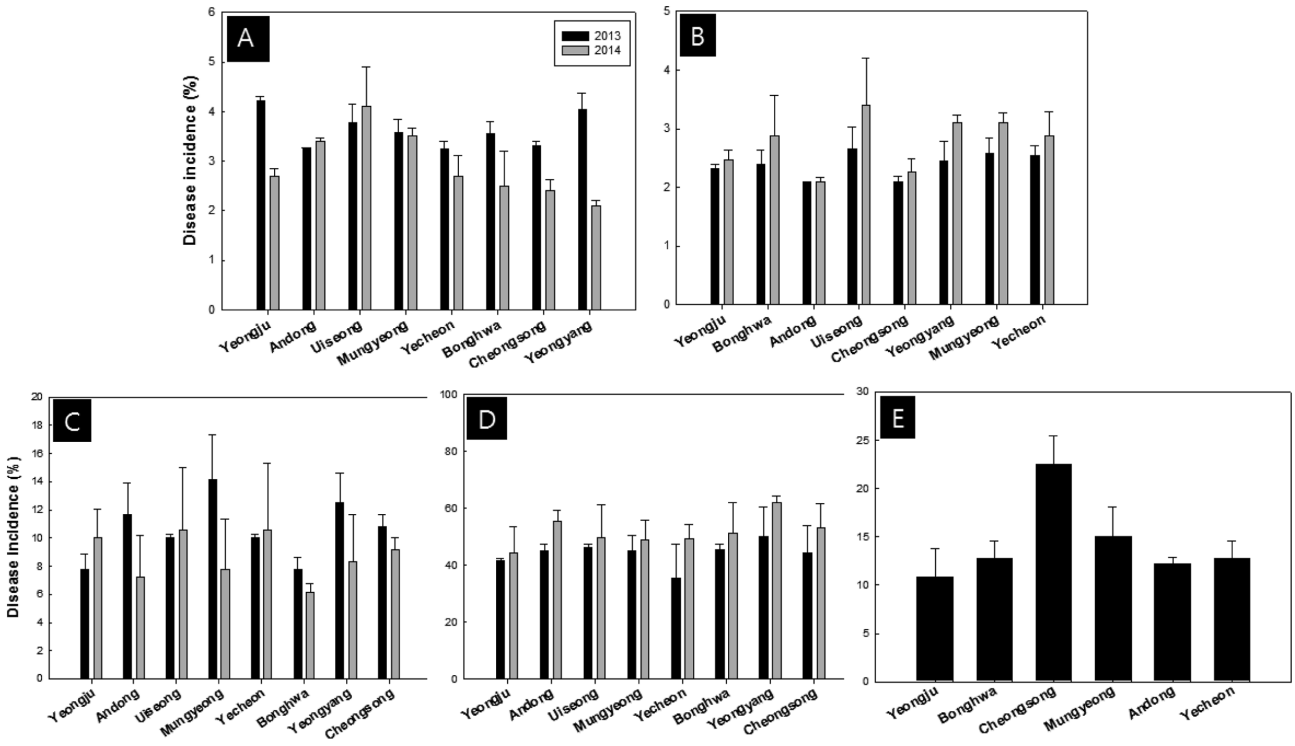

Fig. 3. The disease incidences in apple orchards in northern Gyeongbuk province during 2013 to 2014. (**A**) anthracnose, (**B**) white rot, (**C**) Alternaria leaf spot, (**D**) Marssonina blotch and (**E**) bacterial shoot blight. The severities of Alternaria leaf spot, Marssonina blotch and bacterial shoot blight were evaluated by disease index; 0=no visible symptom, 1=less than one third leaves spotted, 2=less than two third leaves spotted, 3=more than two thirds leaves spotted. The occurrence of anthracnose or white rot on fruits was evaluated by disease index; 0=no visible symptom, 1=less than one-fifth fruits rotting symptoms, 2=less than two-fifth fruits rotting symptoms, 3=less than three-fifth fruits rotting symptoms, 4=less than four-fifth fruits rotting symptoms, 5=more than four-fifth fruits rotting symptoms. Disease severity (%)=Σ(disease index × the number of diseased plants)/(the highest disease index × the number of plants rated)×100.

이루어지지 않았다. 10월 하순 발병률은 청송 22%, 문경 15% 등 조사 전 지역에서 10–20%의 발병률을 나타내었다(Fig. 3E). 이는 세균병 또한 과수 재배에 있어 문제시 되고 있으며, 사과 재배지의 세균병 방제를 위한 대책 마련이 필요하다고 생각된다. 동일 재배포장 내에서도 모든 나무가 병 발생하고 있지 않은 점을 고려할 때, 최근 4–5월의 기온이 상승으로 인해 이 세균의 밀도 증가로 인해 병 발생이 증가한다고 사료된다. 이 병원체는 빙핵활성세균으로 동해와 관련 있는지에 대해 연구 중에 있다.

주요병해와 강수량의 관계. 갈색무늬병의 발병률이 2013년에 비해 2014년에 증가한 것으로 확인되었다. 이는 2013년의 경북 북부지역의 강수량은 2014년에 비해 현저히 적었으며(Table 2), 지역별 수확기 갈색무늬병 발생과 각 지역의 월별 강수량을 비교한 결과, 강수량이 증가할 때 갈색무늬병의 발생도 증가하는 경향을 보였다(Fig. 4). Kim(1998) 등의 보고에 따르면 1993년 이상기후와 강우로 인해 9월 이후 약 50%의 이병엽율을 보였으며, Uhm(2010) 또한 1998년과 2003년의 경우, 5월부터 8월까지 잦은 강우와 저온현상으로 인해 경북지역의 80% 이상의 과수원에서 갈색무늬병이 발병한 것으로 보고한 바 있다. 2014년의 갈색무늬병 증가는 과실 수확기에 접어드는 10월의 강수량 증가와 수확기에 접어든 과실에 대한 약제방

Table 2. Monthly precipitation during the growing season of apple in northern Gyeongbuk province[a]

Month	Yeongju		Bonghwa		Andong		Uiseong		Cheongsong		Mungyeong	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
July	200.6[b]	85.5	257.2	81	130.2	69.4	142.1	39.9	151.4	69.4	232	63.5
Aug.	80.7	390.4	78.1	324.7	124.6	348.8	90.7	372.6	101.8	316.1	138.7	297
Sep.	183	164.5	176.1	136.4	151.2	121.5	114.1	103.1	105.7	110.8	143	107.4
Oct.	39.2	183	33.2	127.5	45.2	140.5	49.3	84.2	68.8	120.7	47.9	186.1

[a]The data from Korea Meteorological Administration (http://www.kma.go.kr).
[b]Precipitation (mm).

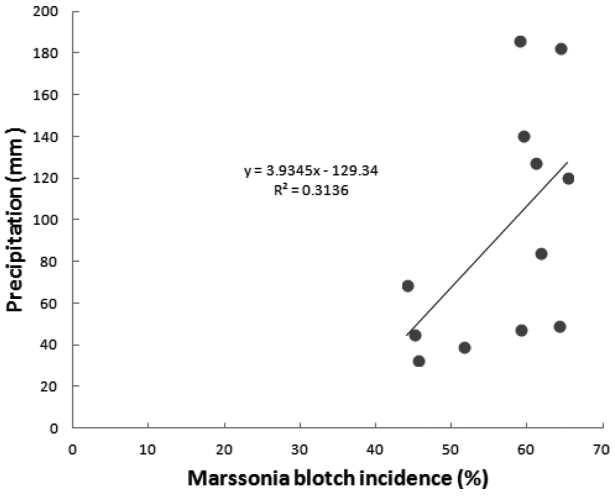

Fig. 4. Correlations between disease occurrence in the apple at the harvesting stage and precipitation surveyed at northern Gyeongbuk province. The coefficient between the precipitation of October and the disease occurrence of Marssonina blotch was calculated as 0.31.

제의 중단으로 인한 일시적인 증가로 판단되었다. 그 밖의 병 발생에서는 병 발생율이 낮아서 강수량과의 관계를 찾을 수 없었다.

사과원에서의 주요 병의 발생변동 요인은 자연적인 환경요인뿐 아니라, 인위적인 품종 및 대목, 재식거리 및 재배관리, 농약 살포방법 등의 다양한 영향에 기인한 것으로 보고되어 있다(Lee 등, 1994). 본 연구에서도 각 병의 상습 발생 재배지, 경작자의 약제 살포 방법 및 약제의 품목선택에 따라 재배지의 병 발생 정도의 차이가 나타나는 것으로 생각된다. 최근의 사과병에 관한 연구는 주요병원균의 살균제에 대한 저항성 연구(Kim 등, 2006), 기후변화에 따른 사과나무의 생육변화(Sagong 등, 2013) 및 농약사용을 줄이기 위한 방제체계 확립(Do, 2005; Uhm, 2010) 등이 주로 이루어져 왔다. 이러한 결과를 종합해 볼 때, 사과나무의 잎에 피해를 주는 갈색무늬병을 우선 방제대상으로 선정하여야 할 것으로 생각되며, 과실생산에 피해를 주는 탄저병 및 겹무늬썩음병 발생 또한 주목해야 할 것으로 생각된다. 또한 지금까지 문제되지 않았던 *P. syringae* pv. *syringae*에 의한 세균병 발생에 대한 생태적인 연구 및 방제 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 현재까지, 경북 북부지역에서의 화상병은 발생하고 있지 않으나, 정기적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 경상북도 북부지역의 주요 사과 산지를 대상으로 재배 중에 발생하는 병해의 발병상황을 조사하고 병원균을 조사하였다. 경북 북부지역의 주요 사과 재배지에서 발병하는 주요 병은 탄저병, 겹무늬썩음병, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 가지마름병이었다. 특히 2013년에 비해 2014년에는 갈색무늬병이 증가하였으며, 이는 10월의 강수량과 정의 상관관계가 인정된다. 점무늬낙엽병과 탄저병, 겹무늬썩음병도 모든 포장에서 발병되었다. 또한 *P. syringae* pv. *syringae*에 의한 가지마름병의 발병이 지역에 따라 10–20% 정도 발병하였다. 이러한 결과는 사과 재배에 있어 주요병해에 대한 중점 방제 대상 병해를 선정하여 관리하여야 하며, 또한 근래 문제되지 않았던 *P. syringae* pv. *syringae*에 의한 가지마름병에 대한 생태학적 연구 및 방제 연구가 수행하여야 할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

This study was supported by 2015 AGENDA grant (Title: Mechanisms of disease according to the type of apple anthracnose symptoms & establishment of smart control strategy) of Rural Development Administration.

References

Choi, K. H., Kwon, H. J., Shin, Y. U., Lee, D. H., Song, Y. I., Kwon, S. I., Do, Y. S., Park, M. Y., Kim, J. H., Lee, S. Y., Kim, M. J., Lee, J. W., Jyung, B. N., Lee, S. W. and Kim, S. K. 2012. An illustrated guide to apple pest in Korea. RDA, Suwon, Korea.

Do, Y. S. 2005. Development of fungicide spray program for control of apple disease with reduced spray frequencies on varieties which are susceptible to bitter rot. M.S. thesis. Gyeongbuk National University, Korea.

Kim, D. A., Lee, S. W. and Lee, J. T. 1998. Ecology of Marssonia blotch caused by *Diplocarpon mali* on apple tree in Kyungpook, Korea. *Agric. Res. Bull*. Gyeongbuk National University. 16: 84–95. (In Korean)

Kim, D. H., Kim, H. R., Heo, S., Kim, S. H., Kim, M. A., Shin, I. S., Kim, J. H., Cho, K. H. and Hwang, J. H. 2010a. Occurrence of *Apple scar Skin viroid* and relative quantity analysis using real-time RT-PCR. *Res. Plant Dis.* 16: 247–253. (In Korean)

Kim, E. J., Cho, C. H. and Oh, N. K. 2010b. Influence of bordeaux mixture spray on disease occurrence and fruit characteristics in 'Fuji' apple. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 28: 94. (In Korean)

Kim, J. T., Min, J. Y. and Kim, H. T. 2006. Response to fungicides of *Colletotrichum* species isolated from infected tissues of several crops. *Res. Plant Dis*. 12: 32–39. (In Korean)

Kwon, J. H. and Jee, H. J. 2008. Occurrence of rhizopus soft rot on apple fruit caused by *Rhizopus stolonifer* in Korea. *Res. Plant Dis.* 14: 57–60. (In Korean)

Lee, S., Cheon, W. and Jeon, Y. 2015. First report of bacterial shoot blight caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* of apple (*Malus pumila*) in Korea. *Plant Dis*. 99:1641.

Lee, S. W., Lee, D. H., Choi, K. H. and Kim, D. A. 2007. A report on current management of major apple pests based on census data from farmers. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 25: 196–203. (In Korean)

Lee, S. W., Lee, M. H., Choi, K. M., Hyun, J. S. and Yiem, M. S. 1994. The effects of pesticide applications on the major apple pests and their natural enemies. *J. Agri. Sci.* 36: 383–394. (In Korean)

Sagong, D. H., Kwon, H. J., Park, M. Y., Song, Y. Y., Ryu, S. H., Kim, M. J., Choi, K. H. and Yoon, T. M. 2013. Impacts of urban high temperature events on physiology of apple tree: A case study of 'Fuji'/M.9 apple tree in Daegu, Korea. *Korean J. Agric. Meteorol*. 15: 130–144. (In Korean)

Schaad, N. W., Jones, J. B. and Chun, W. 2001. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. 3rd ed. APS Press, St. Paul, MN, USA.

Seo, S. T., Won, S. Y., Park, D. H., Kim, Y. S., Hur, J. H. and Lim, C. K. 1999. Bacterial shoot blight of apple caused by *Pseudomonas syringae*. *Plant Dis. Agric.* 5: 46–49. (In Korean)

Shin, J. H., Kim, E. J., Park, S. J., Rhee, I. K. and Shin, J.H. 2009. Isolation and production of antibiotic substance from *Streptomyces* sp. S-1110 antagonistic to multiple apple mold disease. *Korean. J. Environ. Agric.* 3: 289–294. (In Korean)

Uhm, J. Y. 2010. Reduced fungicide spray program for major apple diseases Korea. Culture and Horticulture press.

Weisburg, W. G., Barns, S. M., Pelletier, D. A. and Lane, D. J. 1991. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J Bacteriol*. 173: 697–703.

White, T. J., Bruns, T. D., Lee, S. and Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR Protocols: A guide to methods and applications, ed. by Innis, pp. 315–322. Academic Press, New York.

Yoon, J. Y., Joa, J. H., Choi, K. S., Do, K. S., Lim, H. C. and Chung, B. N. 2014. Genetic diversity of a natural population of *Apple stem pitting virus* isolated from apple in Korea. *Plant Pathol. J.* 30: 195–199.