식물병연구

Research Article | Open Access

Res. Plant Dis. 24(2): 153-161 (2018)
https://doi.org/10.5423/RPD.2018.24.2.153

저항성 품종과 유기농업자재를 활용한 오이 노균병 방제

Control of Cucumber Downy Mildew Using Resistant Cultivars and Organic Materials

***Corresponding author**
Tel: +82-63-238-2554
Fax: +82-63-238-3824
E-mail: yongki@korea.kr

김용기[1]* · 박소향[1] · 엄다옴[1] · 홍성준[2] · 조정래[1] · 안난희[1] · 심창기[1] · 김민정[1] · 박종호[1] · 한은정[1] · 고병구[1]

[1]국립농업과학원 유기농업과, [2]농촌진흥청 농촌지원국 재해대응과

Yong-Ki Kim[1]*, So-Hyang Park[1], Da-Om Um[1], Sung-Jun Hong[2], Jung-Lai Cho[1], Nan-Hee Ahn[1], Chang-Ki Shim[1], Min-Jeong Kim[1], Jong-Ho Park[1], Eun-Jeong Han[1], and Byeong-Gu Ko[1]

[1]National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea
[2]Extension Service Bureau, RDA, Jeonju 54875, Korea

We selected eight resistant cultivars including 'Heukryongsamcheok', 'Heukgeumsolsamcheok' and 'Gangryeoksamcheok' showing high suppressive effect against cucumber downy mildew (CDM) through plastic film house and field trials in spring and autumn season in 2015. Of them, these three varieties, 'Heukryongsamcheok', 'Heukgeumsolsamcheok' and 'Gangryeoksamcheok' were used to evaluated suppressive effect against CDM by comparing disease severity (area under disease development progress curve, AUDPC) with those of three susceptible varieties under plastic film house condition. AUDPC of three resistant cultivars was in the range of 10.9 to 23.6, meanwhile those of three susceptible cultivars was in the range of 286.7 to 290.3. Consequently, we confirmed that cultivation of the selected resistant cultivars can reduce CDM *in vivo*. When disease severity (diseased leaf area) was investigated on a resistant cultivar ('Heukryongsamcheok') sprayed without any organic materials and susceptible cultivars sprayed single-, two times- and three times with Bordeaux mixture, sulfur-loess mixture and Kocide^{R} (copper hydroxide), respectively, it was the lowest in the resistant cultivar plot compared to susceptible cultivar plots sprayed with any organic materials. In addition, we evaluated control effect of the selected resistant cultivar by comparing that of organic materials including lime sulfur mixture, Bordeaux mixture and garlic extract. As a result, Bordeaux mixture showed the highest control effect against CDM. AUDPC of Bordeaux mixture, resistant cultivar, lime sulfur, garlic extract and untreated control was 3.9, 10.6, 95.6, 24.9, and 258.7, respectively. Based on the above-mentioned results, we think that the resistant cultivars and Bordeaux mixture can be effectively used to control CDM as one of control measures under the farmhouse condition

Keywords: Cucumber, Downy mildew, Organic materials, Resistant cultivar

Received March 30, 2018
Revised April 14, 2018
Accepted May 2, 2018

Research in Plant Disease
pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191
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.

서 론

노균병(*Pseudoperonospora cubensis*)은 박과류의 안정생산을 위협하는 병으로(Colucci 등, 2006), 현재 전 세계적으로 박과류 20속 50종의 오이 노균병의 기주로 알려져 있으며, 그 중 19기주종(host species)이 오이 속(Cucumis)이다(Lebeda, 1992, Palti와 Cohen, 1980; Savory 등, 2011). 오이 속의 오이 노균병 발생(epidemics)은 70개 이상의 나라에서 관찰되고 있다(Palti, 1974). 박과류 중 노균병에 의한 피해가 가장 심한 작물은 오이이다(Lebeda와 Cohen, 2011). 오이 노균병은 주로 잎에 발생하지만 광합성을 저해하고 생육을 위축하면서 수량감소에 결정적인 영향을 준다. 오이 노균병은 강우가 많을 때 발생이 심한데 오이 노균병 발병에 적합한 낮 기온은 20–23°C, 밤 기온은 16–17°C이며 상대습도는 94%이다(Buloviene과 Surviliene, 2006). 미국의 경우 대부분 저항성을 보유한 품종을 재배하였기 때문에 2004년 새로운 병원균이 발견되기 전까지는 피해가 비교적 적었으나(Cohen 등, 2003; MacGrath 등, 2012; Wehner와 Shetty, 1997), 2004년에 저항성 품종을 침해하는 새로운 병원균이 발견되면서(Call, 2010; Call 등, 2012b; MacGrath, 2014; MacGrath 등, 2012) 오이 노균병에 대한 저항성 품종 개발이 매우 중요한 문제로 대두되어 왔다. 최근 들어 다국적 기업을 중심으로 농가에 보급하기 위해 오이 저항성 품종 개발이 활발히 추진되고 있다(Louis, 2012).

유기농 오이재배의 경우 저항성 품종이 선발되지 않으면 유기농업자재에 의존한 방제가 필요하다. Bains (1991)에 의하면 오이 노균병은 병징의 유형에 따라 4가지 범주가 있다고 보고하였는데, 제1유형은 노란색 병반으로 크기가 작고 포자형성이 적으며 발병부위가 급격히 고사되는 형태이고, 제2유형은 병반이 작고 아랫부분이 수침상으로 되면서 코르크화 되는 형태이며, 제3유형은 병반이 노란색 또는 황갈색으로 되면서 합병되며 빠르게 진전되는 유형이고, 제4유형은 병반이 노란색으로 변하지 않고 괴저병반이 생기며 포자형성이 거의 되지 않는 유형으로 제1유형, 제2유형 및 제4유형은 저항성 품종에서 나타나는 유형이다. Barnes와 Epps (1954)는 저항성 품종의 병반유형은 소형의 원형으로 병반조직이 황변 되지 않고 급격히 고사된다고 보고하였다. Palti와 Cohen (1980)은 감수성 품종과 달리 저항성 품종은 감수성 품종에서처럼 엽맥을 따라 각이 지지 않고 병반이 작으며 포자형성도 작다고 보고하였다. Petrov 등(2000)도 저항성 품종은 병반이 작고 퇴록색으로 되고 수침상의 병반을 형성하며 포자형성이 매우 적다고 보고하였다. Ma와 Cui (1995)는 오이 노균병균은 저항성 품종 상에서 흡기형성 및 균사생장에 있어서 차이를 보인다고 보고하였다. 오이 노균병은 병원형 레이스가 있는 것으로 알려져 있고(Bains와 Jhooty, 1976), 특정 기주속에 대한 병원성을 기준으로 6개 병원형으로 구분하기도 한다(Cohen 등, 2003; Thomas 등, 1987). Shetty 등(2002)에 따르면 오이 노균병은 최소한 2개의 레이스가 존재하고 중국과 인도에 있는 레이스는 미국과 폴란드에 존재하는 레이스와는 차이를 보인다고 보고하였다. 하지만 국내에서는 오이 노균병에 대한 병원형 및 레이스에 대한 보고가 아직 없다.

Lee 등(2013)은 주요 오이 품종을 대상으로 잎 절편을 활용한 오이 노균병에 대한 저항성을 검정하면서 20°C 조건하에서 저항성을 검정하는 것이 가장 적당하고 실험한 방법이 환경을 잘 제어할 수 있어 보다 정확한 검정방법임을 보고하였다. 오이 노균병에 대한 오이 품종별 저항성을 평가하기 위한 역학지표로 발병률(병반면적률) 및 발병도(발병지수)가 주로 활용되는데(Call 등, 2012a; Petrov 등, 2000; Shetty 등, 2002; Wehner와 Shetty, 1997), 이들은 병 발생정도는 평가할 수 있으나 병 진전 양상을 나타낼 수 없어 병 발생정도는 물론 병 진전 양상을 나타낼 수 있는 역학지표인 병반하면적(Area under disease progress curve, AUDPC)이 병 저항성 평가시 널리 활용되고 있다(Cooper, 2012; Holdsworth 등, 2014).

오이 노균병 방제를 위해서는 조기예찰, 저항성 품종 재배, 경종적 방제, 유기농업자재 처리 등 다양한 방제방법이 활용되고 있다. 그 중 오이 노균병 경감을 위한 가장 이상적인 방제방법은 저항성 품종을 재배하는 것이나 국내에서 포장조건하에서 오이 노균병 저항성 품종을 선발한 결과 보고는 아직 전무한 실정이다. 오이 노균병 방제를 효과적으로 수행하기 위해서는 저항성 품종 재배를 비롯한 경종적 방법 이용, 유기농업자재 활용 등 종합적 접근이 필요하다(Kuepper, 2003; MacGrath, 2006; Piesen과 Miria, 2014).

따라서 본 연구는 국내에서 시판 중인 주요 품종들을 대상으로 재배시기(봄 재배, 가을재배) 및 재배방법(노지재배, 시설재배)별로 노균병의 발병정도를 조사하여 병 저항성 정도를 포장조건에서 평가하여 오이 재배농가를 대상으로 추천할 만한 저항성 품종을 선발하는 한편, 선발한 저항성 품종 재배효과를 시판 중이거나 친환경 농가에서 자가 제조하여 사용중인 유기농업자재를 대조로 하여 비교 검토함으로써 저항성 품종이 유기농업자재를 대체할 만큼 병 경감 효과가 있는지를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

오이 노균병 저항성 품종 선발. 오이 노균병에 대한 저항성 품종을 선발하기 위하여 2015년에 시판 품종 88종을 공시하

여 전북 전주에 소재한 국립농업과학원 유기농업과 격리포장의 노지 및 비닐하우스의 자연발병 조건하에서 발생되는 발병정도(병반면적률)를 조사하였다. 조사시기는 오이 노균병 주 발생시기인 봄 재배기간에는 4월 말부터 6월 말까지 그리고 가을재배 기간에는 9월 초부터 10월 중순까지 7일 간격으로 조사하였고, 품종별 병 저항성 평가는 발병 최성기(6월 중하순, 9월말–10월 초순)에 조사치를 기준으로 수행하였다. 저항성 품종선발에 있어서는 Jenkins-Wehner 방법에 따라 모든 시험에서 병반면적률 12% 이하(중도저항성)를 나타낸 품종을 저항성 품종으로 선발하였다(Jenkins와 Wehner, 1983). 시험구 배치는 노지시험은 난괴법 3반복으로 하였고 비닐하우스 시험은 단구제로 하였다. 재배규모는 노지시험에서는 구당 10주, 비닐하우스 시험에서는 구당 6주씩 재배하였고, 발병조사는 노지시험에서는 구당 6주를 대상으로 아래 잎부터 5엽, 비닐하우스 시험에서는 구당 4주를 대상으로 아래 잎부터 5엽의 병반면적률을 조사하였다.

노균병에 대한 저항성 및 감수성 오이품종의 병 진전 양상 조사. 비닐하우스 조건에서 전년도(2015년) 저항성 검정을 통하여 저항성 품종으로 선정된 품종 중 3품종('흑룡삼척', '흑금솔삼척', '강력삼척')을 공시하여 감수성 품종 3종을 대조로 하여 자연발병 조건하에서 발생되는 병의 진전양상을 비교 조사하였다. 저항성 품종과 감수성 품종의 병 진전양상을 비교조사하기 위하여 품종별 발병정도(병반면적률)를 발병 초부터 7일 간격으로 조사한 후 조사시기별 발병률과 조사간격을 적용하여 각각의 병반하면적을 산출한 다음 저항성 품종과 감수성 품종 간의 병 진전 양상을 비교하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였고, 구당 10주씩 재배하면서 4주를 대상으로 아래 잎부터 5엽에 발생되는 병반면적률을 조사하여 아래와 같은 공식에 의거하여 병반하면적을 산출하였다(Koh, 1983).

$$AUDPC = \Sigma(Y_i + Y_{i-1})(t_i - t_{i-1})/2$$

저항성 품종 재배 및 유기농업자재 처리횟수에 따른 오이 노균병 억제효과 조사. 오이 노균병 저항성 품종의 재배효과를 평가하기 위하여 저항성 품종으로는 흑룡삼척을 공시하고, 감수성 품종으로 조은백다다기를 공시하였으며, 비닐하우스 조건에서 자연발병 조건하에서 발생되는 병 진전양상을 비교조사하였다. 유기농업자재로 석회보르도액(대유그린볼도액: 황산동 20%+소석회 40%, 100배 희석액, ㈜대유, 서울, 한국), 황토유황합제(자가제조 제품: 유황분말 25 kg+수산화나트륨 15 kg+황토 0.5 kg+천일염 1.5 kg+천매암 0.5 kg+칼슘분말 0.5 kg+물 100 L, 500배 희석, 오이에 살포시 황토유황합제 희석액 20 L 기준 현미식초를 20 ml 첨가하여 골고루 섞은 후 사용) 그리고 코사이드(copper hydroxide: 수산화동 77%, 1000배액, ㈜동부팜한농, 서울, 한국)를 발병 초부터 1주일 간격으로 각각 1회, 2회 그리고 3회 처리한 다음 최종처리 3일 후에 병 발생을 조사하였다. 저항성 품종인 흑룡삼척에는 유기농업자재는 처리하지 않고 감수성 품종인 미소백다다기에 유기농업자재를 최종 처리한 3일 후인 노균병의 발생조사와 동일한 시기에 병 발생을 조사하였다.

저항성 품종 재배 및 유기농업자재처리에 따른 오이 노균병 진전양상 비교평가. 저항성 품종 재배와 유기농업자재 처리가 오이 노균병 진전에 미치는 영향을 비교 평가하기 위하여 저항성 품종으로는 흑룡삼척을 공시하고, 감수성 품종으로는 미소백다다기를 공시하였다. 석회보르도액, 석회황합제 및 마늘추출물을 7일 간격으로 6회 처리한 후 저항성 품종재배와 유기농업자재처리에 따른 병 진전양상을 비교조사하기 위하여 병발생정도(병반면적률)를 7일 간격으로 6회 조사하여 조사시기별 발병률과 조사간격을 적용하여 각각의 병반하면적을 산출한 다음 저항성 품종재배구와 유기농업자재 처리구의 병 진전양상을 비교하였다. 비닐하우스 조건에서 자연발병에 의존하여 시험을 수행하였다.

통계분석. SAS (Statistical Analysis system, 7.13HF4, 2016) 프로그램(SAS Institute Inc., Cary, NC)을 이용하여 품종(저항성 품종 및 감수성 품종)별 병 진전에 따른 오이 노균병의 병반하면적, 유기농업자재 처리에 따른 병반하면적에 대해서는 일원분산분석으로 F 값을 구하고 T-test와 Duncan's multiple range test (p=0.05)를 이용하여 처리간 유의성을 검정하였고, 저항성 품종 재배 및 유기농업자재의 처리횟수에 따른 오이 노균병 억제효과에 대하여는 ANOVA (analysis of variance) 분석을 통해 평균(mean)±표준오차(SE)를 구하고 처리간 통계적 유의성을 Duncan's multiple range test (p=0.05)를 이용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

오이 노균병 저항성 품종 선발. 저항성 품종 재배는 간단하고 효과적이며 경제적인 병 방제방법이다(Olczak-Woltman 등, 2011; Sitterly, 1972). 오이 재배시 가장 큰 피해를 초래하는 노균병 방제를 위하여 2015년도에 시판 품종 88종을 공시하여 봄철과 가을철에 비닐하우스 및 노지조건에서 품종별 병 발생정

Table 1. Downy mildew resistance of cucumber cultivars tested in plastic film house and open field at Jeonju in 2015

Cultivar	Diseased leaf area (%)* at the investigation date (year/month/date)				Cultivar	Diseased leaf area (%)* at the investigation date (year/month/date)			
	Plastic film house		Open field			Plastic film house		Open field	
	Spring season 2015/6/19	Autumn season 2015/9/30	Spring season 2015/6/16	Autumn season 2015/10/7		Spring season 2015/6/19	Autumn season 2015/9/30	Spring season 2015/6/16	Autumn season 2015/10/7
HRSC	0.01	6.50	0.10	7.0	ACBD	1.88	35.63	2.05	26.5
HDCJ	2.94	50.00	7.40	17.8	BBBD	10.25	36.25	1.08	32.2
CGHJ	5.25	18.13	1.27	15.8	BSDD	12.06	45.00	1.15	28.1
CECR	1.75	12.50	2.36	28.0	ODBD	6.44	32.50	6.22	27.9
JRJR	5.06	7.50	2.83	27.9	DGSC	3.75	7.13	0.51	7.8
JLJBC	14.56	66.25	4.12	24.9	MJJG	4.75	28.13	2.57	38.9
WHSC	6.94	11.25	0.17	14.0	EUMM	1.83	67.50	8.74	29.8
OBKJ	7.50	20.63	2.17	19.0	DADN	3.69	85.00	13.93	34.7
ASCJ	6.75	51.88	3.74	28.5	EUMS	6.63	67.50	6.12	28.0
ASST	15.88	22.50	1.15	22.0	MNST	1.81	3.50	2.81	32.6
SAEC	2.25	63.75	3.21	24.6	MYAA	4.25	4.38	8.34	36.4
SANG	17.00	18.13	3.79	16.9	DBCJ	0.64	61.25	2.79	27.5
BCMJ	10.88	40.00	3.82	25.8	OSNH	3.81	31.25	1.45	31.1
MNIQ	2.26	31.88	2.45	25.2	ODCNH	2.56	25.63	1.98	33.4
MNSY	7.31	25.63	1.88	30.0	DMCJ	3.38	31.88	1.75	31.9
WBMJ	13.06	51.25	1.40	25.0	DSHCJ	3.31	13.13	1.54	18.4
MSMJ	11.88	52.50	7.31	29.4	CGSC	5.13	6.25	0.48	13.3
RSBY	4.00	33.75	0.91	33.7	NWCJ	29.38	37.50	3.45	25.3
NYCC	10.00	7.50	0.70	14.9	YMBD	6.56	58.75	5.48	12.7
GLSC	7.75	7.25	0.22	7.4	DMBD	1.88	62.50	27.64	19.0
NKHP	7.94	55.00	2.93	24.7	MSBD	11.25	61.25	23.39	30.3
CBBD	3.31	72.50	3.53	21.9	GUDMBD	4.69	67.50	26.37	27.5
GHBD	3.33	65.00	2.53	21.9	JBBD	2.63	65.00	19.40	26.9
HGSC	2.44	8.88	0.49	5.1	OMPL	4.88	61.25	12.60	29.5
EHBD	4.01	50.00	11.15	21.8	BNBD	1.94	57.50	18.10	33.9
JNHJ	2.75	28.13	1.76	11.2	JDMG	4.75	70.00	26.09	29.6
GRSC	1.44	7.63	1.13	6.3	DMBD	2.94	48.13	21.95	31.6
JJCJ	1.69	51.25	6.06	13.1	MNCD	3.75	55.00	11.61	26.5
SBNH	2.06	47.50	1.71	25.6	OMYM	6.00	52.50	25.42	31.3
ICNH	3.06	57.50	1.42	20.0	PLBD	3.75	55.00	9.62	28.3
JHNH	1.44	67.50	7.06	14.0	HKJN	3.19	26.25	18.39	30.6
SBBCD	4.13	53.75	3.67	20.7	DJBD	2.45	50.00	6.93	26.5
CERBD	4.94	49.38	8.11	19.3	SSBD	2.19	46.25	8.52	22.4
ECDBD	3.20	46.25	4.69	22.8	WHTL	1.15	55.63	6.33	32.7
SGRBD	4.50	68.75	11.96	21.8	SRSC	2.81	7.50	2.30	12.1
HSBD	3.94	73.75	9.56	24.7	SHBCD	1.63	34.38	11.14	23.8
SSBD	4.88	61.25	2.54	13.9	NGKK	1.03	20.13	2.24	8.3
SSDA	3.13	33.13	2.11	30.9	MJMNC	0.29	34.13	2.22	33.2
BMBD	1.56	40.00	6.12	27.3	MGBD	1.53	45.00	21.56	31.6
NDCJ	9.63	40.00	1.80	26.3	GYCJ	3.50	36.25	10.26	30.0
DJCJ	2.00	60.00	1.34	31.6	SGNG	0.64	8.75	3.66	8.8
MRNCJ	6.63	29.38	0.97	17.2	GRSC	0.25	25.63	0.74	21.9
HNBD	1.50	57.50	1.26	24.6	ESBD	0.28	35.00	12.23	27.3
HGMBD	0.69	41.88	2.68	25.9	CHSN	–	9.75	–	9.2

*Each disease severity was investigated when disease occurrence was recorded high score in the control plot.

도를 조사하고 Jenkins와 Wehner (1983)의 저항성 품종 선정 기준에 따라 노지 및 비닐하우스 조건에서 모두 중도저항성을 보이는 8품종(흑룡삼척, 흑금솔삼척, 강력삼척, 글로리삼척, 드레곤삼척, 청계삼척, 새론삼척, 세계노각)을 저항성 품종으로 선발하였다(Table 1). Jenkins와 Wehner (1983)에 따르면 발병엽률이 3% 이하일 때에는 고도저항성, 6% 이하일 때에는 저항성 그리고 12% 이하일 경우 중도저항성으로 구분하였다. 발병은 자연발병에 의존하여 시험을 수행하였는데 전반적으로 병이 골고루 발생하여 시험하기에 적당하다고 판단되었다. 다만 오이 노균병은 5개의 병원형(pathotype)이 존재하고(Angelov 등, 2000; Colucci와 Holmes, 2014; Thomas 등, 1987), 레이스도 존재하는 것으로 알려져 있어(Angelov 등, 2000; Inaba 등, 1986; Shetty 등, 2002) 선발된 품종을 널리 활용하기 위해서는 병원형과 레이스를 고려한 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료된다. 실제로 푸에토리코 농업시험장에서 저항성으로 평가된 품종이 미국에서는 중도감수성을 나타내는 것으로 보고되기도 하였다(Call 등, 2012b). Palti (1974)도 국가 간 오이 노균병의 race 차이를 언급하면서 국가간 박과류 종류별 병 발생에 있어서 차이가 난다고 하였다. Lebeda (1992)는 오이 노균병 저항성 유전자원을 선발할 목적으로 잎 절편을 활용한 병원성 검정 방법을 사용하였다. 잎 절편방법은 환경을 제어할 수 있다는 점에서 병 저항성을 정확하게 검정할 수 있다는 주장도 있으나(Criswell 등, 2010; Lee 등, 2013), *in vitro*와 *in vivo*와는 저항성 반응에 있어 차이가 있으므로 저항성 검정은 실제로 병이 발생되며 피해를 주는 조건 즉 자연조건에서 수행하는 것이 타당하다고 판단된다. Adam (2008)은 품종별 저항성 평가를 위하여 노균병이 자연 발병되는 2개 지역에서 시험을 수행하여 저항성 품종을 선발하였다. Lebeda와 Prasil 등(1994)은 온실조건에서의 저항성 반응과 노지 조건에서의 저항성 반응간에는 차이가 있다고 보고하였다. 따라서 본 시험에서의 비닐하우스조건과 노지조건에서 모두 저항성 반응을 보인 품종을 선발한 것은 각각 비닐하우스 내에서만 또는 노지에서만 저항성 반응을 선발한 것에 비해 정확한 저항성 품종을 선발한 것이라 사료된다. 실제로 노지조건과 비닐하우스 조건에서 품종별 저항성 반응은 차이를 보였다. Cavatorta 등(2007)은 오이 노균병 저항성 품종은 오이 흑성병과 오이 흰가루병에 복합저항성을 보인다고 보고하였는데 본 시험에서도 오이 노균병에 저항성 반응을 보인 일부 오이 품종(흑룡삼척, 강력삼척)은 오이 흰가루병에 대하여도 저항성을 보였다(자료 미제시).

오이 노균병에 대한 저항성 품종과 감수성 품종 간의 병 진전 양상 비교. 2015년도에 노지 및 비닐하우스에서 저항성 품종으로 선발된 품종을 대상으로 저항성 정도를 확인하고자 비가림시설 내에 저항성 품종 3종과 감수성 품종 3종을 공시하여 발병 초부터 5월말까지 병 발생을 경시적으로 조사하고 병반하면적으로 산출한 결과, 감수성 품종에서 286.7–290.3의 값을 보인 반면 저항성 품종에서는 10.9–23.6로 매우 낮게 나타나 선발한 3개 품종(흑룡삼척, 흑금솔삼척, 강력삼척)이 저항성 품종인 것으로 판단되었다(Table 2). 저항성 품종 간 또는 감수성 품종 간 병 발생정도(병반하면적)에 있어서는 유의적 차이가 없었다. 선발된 3개 품종은 가시오이계였으며, 다다기오이 중에는 저항성 품종이 없는 것으로 나타났다. Holdsworth 등(2014)은 오이 수확기 연장을 위한 노균병 저항성 품종을 선발하면서 평가지표로 병반하면적(Area under disease progress curve, AUDPC)를 도입하여 활용하였다. 본 시험에서도 저항성 품종과 감수성 품종을 공시하여 적용한 결과 저항성 품종과 감수성 품종을 편리하게 구분할 수 있었다. Cooper (2012)는 오이 노균병의 병반하면적을 산출할 때 발병정도(incidence)와 발병률(severity)을 적용하면 저항성 평가에 있어서 비슷한 경향을 보인다고 보고하였다. 따라서 본 시험에서도 저항성 품종 및 감수

Table 2. Diseased leaf area and area under disease progress curve (AUDPC) of cucumber downy mildew on three resistant and three susceptible cucumber cultivars under plastic film house condition

Cultivar	Diseased leaf area (%) at different investigation date (month/date)						AUDPC*	Remarks
	4/20	4/25	5/4	5/10	5/16	5/23		
Heukryongsamcheok	0	0	0	0.3	0.6	1.6	10.9 b†	Resistant cultivar
Heukgeumsolsamcheok	0	0	0	0.3	1.3	3.7	23.6 b	"
Gangryeoksamcheok	0	0	0	0.2	0.5	3.1	15.7 b	"
MSBD	0.4	0.6	0.5	0.3	6.0	68.4	290.1 a	Susceptible cultivar
DMBD	0	0	0	0.4	7.1	68.0	286.7 a	"
OMYM	0	0	0	0.7	9.7	63.7	290.3 a	"

*AUDPC: area under disease progress curve.

†Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

성 품종의 병 발생정도 및 병 진전을 평가하는 데 있어서 병반 하면적은 좋은 역학지표가 될 수 있다고 판단되었다.

저항성 품종 재배 및 유기농업자재 처리횟수에 따른 오이 노균병 억제효과. 오이 저항성 품종 재배에 따른 유기농업자재 대체효과를 조사하기 위하여 비가림 시설 내에서 저항성 품종을 대비로 하여 감수성 품종으로 조은백다다기 품종을 공시하고 유기농업자재를 처리하였다. 유기농 재배시 많이 사용하는 보르도액, 황토유황합제, 코사이드를 각각 1회, 2회, 3회 처리하고 병 발생정도(병반면적률)를 조사한 결과, 저항성 품종인 흑룡삼척에서는 0.2%의 매우 낮은 발병을 보인 반면 감수성 품종인 조은백다다기에 석회보르도액을 7일 간격으로 1회, 2회, 3회 처리했을 때 각각 69.2%, 15.6%, 6.4%의 발병을 보였고, 황토유황합제를 7일 간격으로 1회, 2회, 3회 처리했을 때에는 각각 77.4%, 74.5%, 69.9%의 발병을 보였으며, 코사이드를 7일 간격으로 1회, 2회, 3회 처리했을 때에는 각각 78.0, 59.4, 33.2%의 발병을 보여(Fig. 2) 저항성 품종을 재배하는 것이 감수성 품종에 그 어떤 유기농업자재를 처리한 것보다 노균병 발생이 현저히 적은 것으로 나타났다. 공시한 저항성 시험품종은 Bains (1991)이 보고한 저항성 반응유형 중 제2 유형으로 병반이 작고 병 진전이 더디며 콜크화되는 경향을 나타냈으며 병반 간에 병합되는 경우가 매우 적은 것으로 나타났다(Fig. 1). 공시한 유기농업자재의 노균병 억제효과는 석회보르도액이 가장 우수하였고 코사이드가 그 뒤를 이었으며 황토유황합제의 방제효과는 저조한 것으로 나타났다.

Fig. 1. Development of cucumber downy mildew on the three resistant cultivars (left: HRSC, HGSC, GRSC) and three susceptible cultivars (right: MSBD, DMBD, OMYM) in the plastic film house.

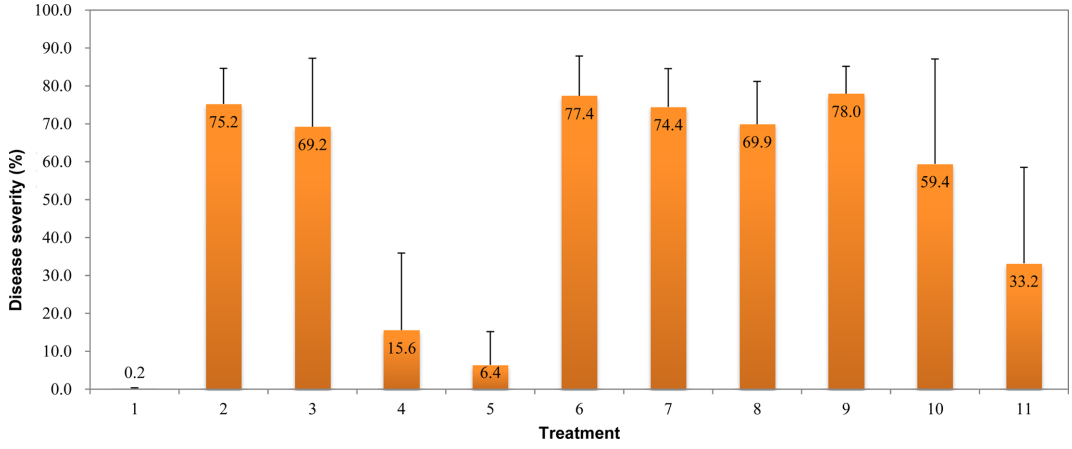

Fig. 2. Disease severity of cucumber downy mildew on resistant cultivar (bar 1) and susceptible cultivar (bar 2 to 11) sprayed at different application times with/without three organic materials in the plastic film house in Wanju county. Error bars indicate standard deviation (n=30) and different letter indicates significant difference at 5% level by Duncan's multiple range test. 1, resistant cultivar 'HRSC'; 2, susceptible cultivar 'JEBD'sprayed without any organic materials; 3-5, susceptible cultivar 'JEBD' sprayed once, two times and three times with Bordeaux mixture, respectively; 6–8 susceptible cultivar 'JEBD' sprayed once, two times and three times with sulfur-loess mixture, respectively; 9–11: susceptible cultivar 'JEBD' sprayed once, two times and three times with Kocide^{R}, respectively.

Table 3. Suppressive effect of resistant cultivar and organic materials on the development of cucumber downy mildew in the plastic film house in Wanju county

Treatment	Diseased leaf area (%) at different investigation date (month/date)						AUDPC
	4/20	4/25	5/4	5/10	5/16	5/23	
Resistant cultivar 'HRSC'	0.0	0	0.0	0.3	0.8	1.1	10.6 c[†]
4-6 type Bordeaux mixture	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	3.5 c
Lime-sulfur mixture (200 times diluted)	0.1	1.0	0.0	0.0	1.0	22.9	95.6 b
Garlic extract[*]	0.1	0.2	0.0	0.0	0.6	5.6	24.9 c
Susceptible cultivar 'MSBD'	0.1	0.2	0.0	0.1	5.1	61.9	254.0 a

[*]Garlic extract was made as follows: Place the peeled 2 kg of garlic cloves and water in a blender beaker and grind them up using hand blender for 2–3 minutes, add 100 ml of canola oil and mix them again using hand blender for 2–3 minutes, add 60 ml of natural emulsifying agent and blend well using hand blender until they become creamy, pour the blended ingredients over the three layers of cheesecloth and then squeeze out them, dilute the prepared garlic clove extract and spray it evenly.
[†]Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

저항성 품종 및 유기농업자재처리에 따른 오이 노균병 진전 양상 비교평가. 저항성 품종 재배 및 유기농업자재 처리에 따른 오이 노균병 방제효과를 평가하기 위하여 전년도에 병 발생이 심하였던 비닐하우스에서 처리별 발병정도를 조사하고 병 진전 정도를 고려한 병반하면적을 산출하여 처리간 병 경감효과를 검정한 결과, 저항성 품종재배구의 병반하면적값이 10.6인데 비해 석회보르도액 처리구에서는 3.5, 마늘 추출액 처리구에서는 24.9로 저항성 품종 재배구와 석회보르도액이나 마늘 추출물 처리는 대등한 병 경감효과를 보였으며, 95.6의 병반하면적값을 보인 석회황합제에 비해서는 병 경감효과가 유의하게 높은 것으로 나타났다(Table 3). 이상의 결과로 저항성 품종재배는 오이 노균병 방제를 위하여 사용되는 유기농업자재를 효과적으로 대체할 수 있는 것으로 생각되었다.

요 약

오이 노균병에 대한 저항성 품종을 선발하고자 자연발병되는 노지와 비닐하우스 내에서 봄 재배기간과 가을재배기간에 병 발생을 조사하여 모든 시험조건에서 낮은 발병을 보이는 8품종(흑룡삼척, 흑금솔삼척, 강력삼척 포함)을 저항성 품종으로 선발하였다. 저항성 정도를 평가하고자 이들 3품종(흑룡삼척, 흑금솔삼척, 강력삼척)을 선발하고 3종의 감수성 품종을 대조로 하여 비닐하우스 조건에서 발병 후 경과일수 별 병 진전 정도를 조사하여 병반하면적(Area under disease progress curve, AUDPC)을 산출한 결과, 감수성 품종에서는 286.7–290.3 범위의 높은 값을 보인 반면 저항성 품종에서는 10.9–23.6 범위의 낮은 값을 보여 감수성 품종에 비해 저항성 품종에서 병 진전이 현저히 억제됨을 확인하였다. 결과적으로 선발한 3종의 저항성 품종은 발병이 낮음을 확인하였다. 오이 저항성 품종 재배에 따른 유기농업자재 대체효과를 조사하기 위하여 비가림 시설 내에서 저항성 품종을 대비로 하여 감수성 품종을 공시하여 유기농 재배시 많이 사용되는 보르도액, 황토유황합제, 코사이드를 각각 1회, 2회, 3회 처리한 결과, 저항성 품종을 재배하는 것이 감수성 품종에 유기농업자재를 처리한 그 어떤 처리보다 노균병 발생이 현저히 적었다. 저항성 품종 및 유기농업자재 처리에 따른 오이 노균병 병 진전 억제효과를 평가하기 위하여 발병정도를 조사하여 병반하면적을 산출한 결과, 저항성 품종재배 시험구의 병반하면적값은 10.6인 반면, 감수성 품종에 석회보르도액처리구, 석회황합제처리구, 마늘추출액처리구 및 무처리구에서는 각각 3.5, 95.6, 24.9, 254.0을 나타냈다. 이상의 결과를 근거로 저항성 품종 3종 (흑룡삼척, 흑금솔삼척, 강력삼척) 및 석회보르도액은 농가에서 노균병 방제를 위하여 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

Conflicts of Interest

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

Acknowledgement

This study was carried out with the support of Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01345001), National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Adam, C. 2008. Screening cucumber (*Cucumis sativus*) for resistance to downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*). MS thesis. North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.

Angelov, D., Georgiev, P. and Krasteva, L. 2000. Two races of *Pseudoperonospora cubensis* on cucumbers in Bulgaria. *Acta Hort.* 510: 81-84.

Bains, S. B. 1991. Classification of cucurbit downy mildew lesions into district categories. *J. Mycol. Plant Pathol.* 21: 269-272.

Bains, S. B. and Jhooty, J. S. 1976. Host-range and possibility of pathological races in *Pseudoperonospora cubensiscause* - cause of downy mildew of muskmelon. *Indian Phytopathol.* 29: 214-216.

Barnes, W. C. and Epps, W. M. 1954. An unreported type of resistance to cucumber downy mildew. *Plant Dis. Rep.* 38: 620 (Abstract).

Buloviene, V. and Surviliene, E. 2006. Effect of metrological condition on spread and intensity of *Pseudoperonospora cubensis* on cucumber. *Sodininkystė ir Daržininkystė* 25: 186-191.

Call, A. D. 2010. Studies on resistance to downy mildew in cucumber (*Cucumis sativus*) caused by *Pseudoperonospora cubensis*. MS thesis. North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.

Call, A. D., Criswell, A. D. and Wehner, T. C. 2012a. Screening cucumber for resistance to downy mildew caused by *Pseudoperonospora cubensis* Rostov. *Crop Sci.* 52: 577-592.

Call, A. D., Criswell, A. D., Wehner, T. C., Ando, K. and Grumet, R. 2012b. Resistance of cucumber cultivars to a new strain of cucurbit downy mildew. *HortiScience* 47: 171-178.

Cavatorta, J., Moriarty, G., Hening, M., Glos, M., Kreitinger, M. and Munger, M. 2007. 'Marketmore 97': a monoecious slicing cucumber inbred with multiple disease and insect resistance. *HortScience* 42: 707-709.

Cohen, Y., Meron, I., Mor, N. and Zuriel. 2003. A new pathotype of *Pseudoperonospora cubensis* causing downy mildew in cucurbits in Israel. *Phytoparasitica* 31: 458-466.

Colucci, S. J. and Holmes, G. J. 2014. Downy mildew of cucurbits. *The Plant health Instructors.* DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01.

Colucci, S. J., Wehner, T. C. and Holmes, G. J. 2006. The downy mildew epidemic of 2004 and 2005 in the eastern United States. *Cucurbitaceae* 2006: 403-411.

Cooper, J. G. 2012. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*): cucumber resistance. MS thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University.

Criswell, A. D., Call, A. D. and Wehner, T. C. 2010. Genetic control of downy mildew resistance in cucumber-a review. *Rep. Cucurbit Genet. Coop.* 33: 13-16.

Holdsworth, W. L., Summers, C. F., Glos, M., Smart, C. D. and Marzourek, M. 2014. Development of downy mildew-resistant cucumber for late-season production in the Northeastern United States. *HortScience* 49: 10-17.

Inaba, T., Morinaka, T. and Hamaya, E. 1986. Physiological races of *Pseudoperonospora cubensis* isolated from cucumber and muskmelon in Japan. *Bull. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.* 2: 35-43.

Jenkins, S. F. and Wehner, T. C. 1983. A system for the measurement of foliar diseases of cucumber. *Rep. Cucurbit Genet. Coop.* 6: 10-12.

Koh, Y. J. 1983. Epidemiological studies on the slow blasting type resistance of rice cultivars and yield measurement. MS thesis. Seoul National University.

Kuepper, G. 2003. Downy mildew control in cucurbits. ATTRA 1-800-346-9140. USDA.

Lebeda, A. 1992. Screening of wild cucumis species against downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) isolates from cucumber. *Phytoparasitica* 20: 203-210.

Lebeda, A. and Cohen, Y. 2011. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)-biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *Eur. J. Plant Pathol.* 129: 157-192.

Lebeda, A. and Prasil, J. 1994. Susceptibility of *Cucumis sativus* cultivars to *Pseudoperonospora cubensis*. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 29: 89-94.

Lee, J. S., Han, K. S., Lee, S. C. and Soh, J. W. 2013. Screening for resistance to downy mildew among major commercial cucumber varieties. *Res. Plant Dis.* 19: 188-195.

Louis, S. T. 2012. Monsanto Company Launches New Downy Mildew Resistant Cucumber Hybrids. Monsanto company, Carly Scaduto.

Ma, Q. and Cui, H. 1995. Histopathology of cucumber resistance to downy mildew. *Rep. Cucurbit Genet. Coop.* 18: 26-28.

McGrath, M. T. 2006. Update on Managing Downy Mildew in Cucurbits. Cornell University.

McGrath, M. T. 2014. Cucumber Varieties Evaluated for resistance to Downy Mildew on Long Island in 2014. Cornell University.

McGrath, M. T., LaMarsh, K. and Menasha, S. 2012. Downy mildew-resistant cucumber variety evaluation, New York-2012. Midwest Vegetables Trial Report for 2012. New York, NY, USA.

Olczak-Woltman, H., Marcinkowska, J. and Niemirowicz-Szczytt, K. 2011. The genetic basis of resistance to downy mildew in *Cucumis* spp.-latest developments and prospects. *J. Appl. Genet.* 52: 249-255.

Palti, J. 1974. The significance of pronounced divergence in the distribution of *Pseudoperonospora cubensis* on its crop host. *Phytoparasitica* 2: 109-115.

Palti, J. and Cohen, Y. 1980. Downy mildew of cucurbits: The fungus and its host, distribution, epidemiology and control. *Phytoparasitica* 8: 107-147.

Petrov, L., Boogert, K., Sheck, L., Baider, A., Rubin, E. and Cohen, Y. 2000. Resistance to downy mildew, *Pseudoperonospora cubensis,* in cucumbers. *Acta Hortic.* 510: 203-210.

Piesen, D. and Miria, S. 2014. Looking for Downy Mildew Resistant Cucumber, Melon and Squash Seed Stocks. Twin Oaks Seed Farm.

Savory, E. A., Granke, L. L., Quesada-Ocampo, L. M., Varbanova, M., Hausbesk, M. K. and Day, B. 2011. The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Mol. Plant Pathol.* 12: 217-226.

Shetty, N. V., Wehner, T. C., Thomas, C. E., Doruchowski, R. W. and Shetty, K. P. V. 2002. Evidence for downy mildew races in cucumber tested in Asia, Europe, and North America. *Sci. Hortic.* 94: 231-239.

Sitterly, W. R. 1972. Breeding for disease resistance in cucumber. *Ann. Rev. Phytopathol.* 10: 471-490.

Thomas, C. E., Inaba, T. and Cohen, Y. 1987. Physiological specialization in *Pseudoperonospora cubensis*. *Phytopathology* 77: 1621-1624.

Wehner, T. C. and Shetty, N. V. 1997. Downy mildew resistance of the cucumber germplasm collection in North Carolina field test. *Crop Sci.* 37: 1331-1340.