멜론 덩굴쪄짐병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) race 2에 대한 멜론 유전자원 저항성 평가

황애진* · 노형준 · 허은숙 · 노나영 · 이정윤 · 이재은 · 김빛샘 · 김지현

농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터

Evaluation of Melon Germplasms Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* race 2

Aejin Hwang*, Hyungjun Noh, Onsook Hur, Nayoung Ro, Jung-Yoon Yi, Jae-eun Lee, Bichsaem Kim, and Ji Hyeon Kim
National Agrobiodiversity Center, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju, 54874, Republic of Korea

Abstract Fusarium wilt is a serious disease that causes damping-off, serious wilt symptoms, or death in melon. The aim of this study was to evaluate the resistance of melon germplasm to Fusarium wilt and select promising disease-resistant accessions for further applications. Resistance to Fusarium wilt was examined in 216 melon germplasms by the root-dipping inoculation method with *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* fungal isolate KACC43206 (race 2). Inoculated seedlings were incubated for four weeks and assessed for disease symptoms using indices ranging from index 1 (no symptoms) to 5 (plant wither). A total of 34 accessions showed a disease index < 2.0. Disease indices of 10 accessions were 1.0 four weeks after inoculation. The resistant accessions of melon are expected to help in breeding commercial varieties with Fusarium wilt resistance.

Keywords melon, germplasm, resistance, fusarium wilt

Received on October 14, 2021. Revised on November 15, 2021. Accepted on November 15, 2021.

* Corresponding Author (E-mail: hyj6138@korea.kr, Tel: +82-63-238-4932, Fax: +82-63-238-4909)

서 언

멜론 덩굴쪄짐병은 1930년 미국 뉴욕에서 처음 보고(Chupp 1930)된 이래 미국(Leach & Currence 1938)뿐만 아니라 유럽, 아시아, 아프리카 등(Schreuder et al. 2000, Sherf & Macnab 1986, Quiot et al. 1979) 전 세계 적으로 발생하여 문제가 되고 있다(Appel & Gordon 1994, Katan et al. 1994, Zitter 1999).

멜론 덩굴쪄짐병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*)은 토양 전염성 균으로 후막포자를 생성하여 장기 생존하며(McKeen & Wensley 1961), 식물의 뿌리를 통해 침입하여 도관에서 증식한다(Bishop & Cooper 1983, Zvirin et al. 2010). 이로 인해 식물은 시들고 심하면 고사하게 된다(Sherf & Macnab 1986). 멜론 덩굴쪄짐병균(*F. oxysporum* f. sp. *melonis*)은 race 0, 1, 2, 1,2 4개의 race가 있는 것으로 알려져 있으며(Risser et al. 1976), 미국(Zuniga et al. 1997) 유럽(Katan et al. 1994, Elena & Pappas 2006), 일본(Namiki et al. 1998, 2000)에서 race의 분포에 대한 보고가 이루어졌다.

멜론 덩굴쪄짐병에 대한 저항성 유전자는 *Fom-1* (Messiaen et al. 1962)과 *Fom-2* (Risser et al. 1976)가 보고되어 있으며 그 후로도 저항성 자원을 찾기 위한 노력이 계속되었다(Zink et al. 1983, Champaco et al. 1992, Pitrat et al. 1996, Alvarez et al. 2005).

멜론 덩굴쪄짐병 저항성 유전자 *Fom-1*과 *Fom-2*을 바탕으로 분자표지가 개발되어 육종에 활용되고 있으며(Kim 2020, Oumouloud et al. 2013), 미국, 일본, 프랑스 등에서는 race 0, 1, 2에 저항성인 멜론 품종이 판매되고 있다(Matsumoto et al. 2011, Zink & Thomas 1990). 그러나 우리나라에서는 멜론 덩굴쪄짐병균의 race가 알려져 있지 않으며, Lee et al. (2018)이 국내에 판매되고 있는 멜론 22품종의 저항성을 조사한 결과, race 2에 저항성을 보이는 품종이 없었다. 따라서 본 연구에서는 저항성 연구나 육종에 활용 가능한 멜론 덩굴쪄짐병 race 2에 저항성인 멜론 유전자원을 탐색하고자 농업유전자원센터에서 분양 받은 멜론 유전자원 216자원을 대상으로 멜론덩굴쪄짐병균 race 2에 대한 저항성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험재료

농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터에서 멜론 (*Cucumis melo*) 유전자원 216자원을 분양 받아 덩굴쪼김병 저항성 검정에 이용하였다. 대조품종으로는 얼스베타리치, 얼스마운틴, 아시아황금, 얼룩파파야를 이용하였다. 종자는 물에 4시간 침지 후 48시간 동안 31℃에 건조하였다. 침지 후 건조한 종자를 32구 트레이에 자원당 8립씩 파종하여 온실에서 육묘하였다.

병원균 배양

국립농업과학원 미생물은행(KACC)에서 *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC43206 균주를 분양 받아 실험에 이용하였다. KACC43206균주는 Lee et al. (2018)가 멜론 덩굴쪼김병 판별 품종(Charentais T, Charentais Fom-1, Charentais Fom-2, MR-1)을 이용하여 race를 동정한 결과, race2로 나타났다. 분양 받은 KACC43206 균주를 Potato Dextrose Agar (PDA)배지에 접종하여 7일간 25℃에서 배양한 후, 균이 배양된 PDA배지를 직경 6 mm로 조각내어 V8 액체배지(V8 juice 70 mL, 증류수 630 mL)에 10조각을 접종하여 4일간 25℃, 암조건에서 진탕 배양기를 이용하여 150 rpm으로 진탕 배양하였다.

접종 방법

유전자원의 덩굴쪼김병 저항성을 검정하기 위해 뿌리침지법을 이용하였다. 1~2엽기(파종 후 14일경)의 유묘를 뽑아

1×10^6 conidia/mL 농도의 균주 현탁액 200 mL에 20분간 담근 후 32구 트레이에 다시 심었다. 접종한 유묘는 2일간 덮개를 씌워 습도를 유지해 주었으며, 접종 후 4주간 25℃에서 재배하였다.

발병도 조사

접종 4주 후 발병도와 발병율을 조사하였다. 발병도 조사기준은 1에서 5까지 무발병은 1, 지상부 생육은 억제되지 않았으나 지하부는 갈변된 것은 2, 지하부가 갈변되고 지상부 생육이 억제된 것은 3, 지하부가 갈변되고 지하부, 지상부 생육이 상당히 억제된 것은 4, 고사는 5로 조사 하였다(Fig. 1). 자원당 1반복 당 8개체씩 2반복 실험하였고, 발병도의 평균을 계산하여 평균±표준오차로 표기하였다. 자원의 평균 발병도가 2.0이하는 저항성, 2~4는 중도저항성, 4이상은 감수성으로 판단하였다.

결과 및 고찰

국립농업과학원 농업유전자원센터로부터 분양 받은 멜론 유전자원 216자원에 멜론 덩굴쪼김병균(*F. oxysporum* f. sp. *melonis*) KACC43206을 뿌리침지법을 이용하여 접종한 결과, 접종 4주 후 자원들의 발병도는 1.0에서 5.0까지 분포하였으며, 평균 발병도는 3.6이었다. 대조자원은 4자원 모두 발병도 4.5이상으로 나타났으며, 국내시판 멜론품종의 덩굴쪼김병 저항성을 조사한 Lee et al. (2018)의 논문에서도 본 논문에서 사용한 대조품종 4자원 모두 race 2 균주인 KACC43206에 대해 감수성을 나타내었다.

Fig. 1. Disease index for melon fusarium wilt by *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC43206 (race2) on melon 4 weeks after inoculation by root dipping method. 1, no symptom, 2, not wilted but discoloration of underground parts, 3, slightly wilted, 4, serious wilted and 5, plant wither

216자원을 발병도 정도 별로 나누어 보면 발병도 1.0이 10자원, 발병도 1이상 2미만은 24자원, 발병도 2이상 3미만이 10자원, 발병도 3이상 4미만은 9자원, 발병도 4이상 5미만이 55자원, 발병도 5인 자원이 108자원이었다(Fig. 2). 실험결과 저항성(발병도 2이하)가 34자원(15.7%), 감수성(발병도 4이상)이 163자원

(75.5%)인 반면 중도저항성(발병도 2~4)은 19자원(8.8%)로 나타나 중도저항성 자원의 비율이 낮고 저항성 혹은 감수성으로 뚜렷하게 나뉘는 양상을 보였다(Fig. 3). 본 실험에 사용한 *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC43206은 Lee et al. (2018)이 race 2로 동정하였는데, 멜론 덩굴쪼김병 저항성 유전자는 race

Fig. 2. Disease index of 216 melon accessions to *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC43206 (race2) 4 weeks after inoculation by root dipping method. (A) 53 accessions resistant and moderately resistant. black bars, highly resistant accessions disease index 1.0; grey bars, resistant accessions disease index 1~2; light grey bars, moderately resistant accessions disease index 2~4. (B) 55 susceptible accessions disease index 4~5 (C) 108 highly susceptible accessions disease index 5.0

Fig. 3. Distribution of mean disease index of melon accessions for melon fusarium wilt by *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC43206 (race2) on melon 4 weeks after inoculation by root dipping method. 1, no symptom, 2, not wilted but discoloration of underground parts, 3, slightly wilted, 4, serious wilted and 5, plant wither

Table 1. Distribution of disease index of melon germplasms to *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC 43206 (race2) by the country of origin.

Country of origin	Number of accessions	Disease index ^z					
		1	1-2	2-3	3-4	4-5	5
Turkey	47	0	2	2	4	17	22
China	45	6	16	2	1	3	17
Korea	35	1	2	1	0	16	15
Uzbekistan	32	1	2	3	0	3	23
India	14	0	1	1	2	3	7
Bulgaria	10	0	1	0	0	6	3
Russia	5	1	0	0	0	0	4
Japan	5	1	0	0	1	3	0
United States of America	4	0	0	0	1	1	2
Turkmenistan	3	0	0	0	0	0	3
Tajikistan	3	0	0	0	0	1	2
Ukraine	2	0	0	0	0	0	2
Czech Republic	2	0	0	0	0	0	2
Kazakhstan	2	0	0	1	0	0	1
Iran	2	0	0	0	0	0	2
Afghanistan	2	0	0	0	0	1	1
Georgia	1	0	0	0	0	0	1
Cameroon	1	0	0	0	0	1	0
Hungary	1	0	0	0	0	0	1
Total	216	10	24	10	9	55	108

^zDisease index: 1, no symptom, 2, not wilted but discoloration of underground parts, 3, slightly wilted, 4, serious wilted and 5, plant wither

2에 저항성인 *Fom-1*와 race 1에 저항성인 유전자 *Fom-2*가 있으며(Risser et al. 1976) 둘 모두 단인자 우성유전을 한다고 알려져 있어(Risser et al. 1976, Messiaen et al. 1962) 본 실험의 결과와 일치하였다.

멜론 216자원의 원산지는 터키 47자원, 중국 45자원, 한국 35자원, 우즈베키스탄 32자원 등 19개국이었으며, 그 중 중국 자원의 경우 발병도 2 미만인 자원이 45자원 중 22자원으로 저항성을 보이는 자원이 많았다(Table 1). 자원구분 별로는 재래종 139자원, 육성품종 42자원, 육성계통 31자원 등이었고, 육성품종에서 발병도 2 미만인 자원의 비율이 높았다(Table 2).

발병도 2 미만인 34자원의 원산지는 중국 22자원, 한국과

Table 2. Distribution of disease index of melon germplasm to *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC 43206 (race2) by the type of accessions.

Type of accessions	Number of accessions	Disease index ^z					
		1	1-2	2-3	3-4	4-5	5
Landrace	139	3	11	8	8	31	78
Cultivar	42	5	11	2	1	9	14
Breeding line	31	1	2	0	0	14	14
Weedy	2	1	0	0	0	0	1
Wild relative	1	0	0	0	0	1	0
Wild	1	0	0	0	0	0	1
Total	216	10	24	10	9	55	108

^zDisease index: 1, no symptom, 2, not wilted but discoloration of underground parts, 3, slightly wilted, 4, serious wilted and 5, plant wither

우즈베키스탄 3자원씩, 터키 2자원, 러시아, 인도, 불가리아, 일본이 1자원씩이었다(Tables 1, 3). 자원 구분 별로는 육성품종 (16자원), 재래종(14자원), 육성계통(3자원), 잡초형(1자원) 순 이었다(Tables 2, 3). 34자원 중 발병도 1.0, 발병주율 0%로 나타나 강한 저항성을 보인 10자원은 중국 육성품종 4자원,

중국 재래종 2자원, 그리고 한국 잡초형, 러시아 재래종, 우즈베키 스탄 육성계통, 일본 육성품종이 1자원씩이었다(Table 3).

Messiaen et al. (1962)은 프랑스의 캔탈로프 멜론 품종들 중 멜론 덩굴쪼김병에 저항성인 ‘Doublon’과 ‘Vedrantais’를 선발했으며, 이들 품종의 저항성이 race 0과 2에 저항성인 유전자

Table 3. 34 melon accessions which disease index were below 2.0 to *F. oxysporum* f. sp. *melonis* KACC43206 (race2)

IT number ^z	Accession name	Origin	Status	Mean DI ^y
IT 200687	Jaerae	Russia	Landrace	1.0±0.00^x
IT 214827	12	Uzbekistan	Landrace	1.4±0.30
IT 224900	Qing pi su gua	China	Cultivar	1.3±0.25
IT 236561	Ji shan jin baiyin	China	Cultivar	1.6±0.34
IT 236562	Huangguanxiang	China	Cultivar	1.3±0.25
IT 236660	Chao tian ji pin hong	China	Cultivar	1.5±0.34
IT 236661	Shi dao hei	China	Cultivar	1.0±0.00
IT 236662	Ge xing tian dao ya	China	Cultivar	1.3±0.25
IT 236663	Hu pi cui	China	Cultivar	1.8±0.40
IT 236696	Gailiang baitang guan	China	Cultivar	1.4±0.27
IT 237829	260-10	Korea	Breeding line	1.3±0.25
IT 250630	Chao tian yi	China	Cultivar	1.0±0.00
IT 250664	Ge xing hei mei	China	Cultivar	1.3±0.25
IT 250677	JejuBukJeju1998-O251	Korea	Weedy	1.0±0.00
IT 250690	AT3	Turkey	Landrace	1.7±0.37
IT 250711	Gao tang shagua	China	Cultivar	1.1±0.13
IT 250713	Xin fu shijiu	China	Cultivar	1.3±0.25
IT 250717	A9E0255	Bulgaria	Landrace	1.8±0.40
IT 250721	Tian diao ya	China	Cultivar	1.0±0.00
IT 250724	Shi jinyu	China	Cultivar	1.3±0.27
IT 250732	7290 Tiangua	China	Cultivar	1.0±0.00
IT 277804	13-404	Korea	Breeding line	1.4±0.27
IT 277822	Tuyona	Uzbekistan	Breeding line	1.0±0.00
IT 278286	Zarmitn	Uzbekistan	Landrace	1.3±0.25
IT 278405	KO3	Turkey	Landrace	1.7±0.38
IT 294325	Mm-25	India	Landrace	1.6±0.34
IT 294326	Nagagata Kin Makuwa (Long Gold)	Japan	Cultivar	1.0±0.00
IT 297344	PI 136173	China	Landrace	1.0±0.00
IT 297347	PI 157071	China	Landrace	1.0±0.00
IT 297349	Da-lon-hung	China	Landrace	1.6±0.29
IT 297352	PI 157083	China	Landrace	1.3±0.25
IT 297359	Xian thin skin melon	China	Landrace	1.3±0.25
IT 297364	Li Chi Gan (Early)	China	Landrace	1.5±0.30
IT 297366	Mi Tang Guan	China	Landrace	1.4±0.26

^zIntroduction number of gene bank of Rural Development Administration (RDA), Korea

^yDisease index: 1, no symptom, 2, not wilted but discoloration of underground parts, 3, slightly wilted, 4, serious wilted and 5, plant wither

^xEach value represents the mean ± standard error

Bold letters: accessions showed mean disease index 1.0 (no symptoms).

REFERENCES

*Fom-1*에 의한 것임을 밝혀냈다. 또한 Risser et al. (1976)은 ‘CM17187’에서 race 0과 1에 저항성인 유전자 *Fom-2*을 보고하였다. 이후에도 Zink et al. (1983)이 멜론 152자원의 멜론 덩굴쪄김병 race 2에 대한 저항성을 조사하여 32자원이 저항성을 나타내었고, Pitrat et al. (1996)은 353자원 중 52자원이 race 0과 2에, 49자원이 race 0과 1에 저항성을 나타내었다고 하였다. Alvarez et al. (2005)은 멜론 139자원의 덩굴쪄김병균 race 0, 1, 2 세 race에 대한 저항성을 평가한 결과 race 1에 저항성인 자원이 4자원, race 0과 2에 저항성인 자원이 12자원으로 나타나 race 1에 저항성인 자원이 적었다고 하였다.

미국(Zuniga et al. 1997) 유럽(Katan et al. 1994, Elena & Pappas 2006), 일본(Namiki et al. 1998, 2000)에서는 멜론 덩굴쪄김병균(*F. oxysporum* f. sp. *melonis*)의 race의 분포에 대한 보고가 이루어졌으며, race 0, 1, 2에 저항성인 멜론 품종이 판매되고 있다(Matsumoto et al. 2011, Zink & Thomas 1990). 그러나 우리나라에서는 멜론 덩굴쪄김병균의 race가 알려져 있지 않으며, Lee et al. (2018)이 국내에 판매되고 있는 멜론 22품종의 저항성을 조사한 결과, 19개품종이 race 0과 1에 저항성을 보였으나, race 2에 저항성을 보이는 품종은 없었다. 이를 고려할 때 본 연구가 유효기에만 저항성 검정이 이루어졌음을 고려할 필요가 있기는 하지만, 본 연구에서 저항성을 보인 자원들은 향후 저항성 품종 육종 재료나 연구 소재로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

멜론 덩굴쪄김병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *melonis* race 2에 저항성인 멜론 유전자원을 탐색하기 위하여 농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터로부터 멜론 216자원을 분양받아 뿌리침지법을 이용하여 접종한 뒤 4주후 발병도를 1~5로 조사하였다. 그 결과, 216자원의 발병도는 1.0에서 5.0까지 분포하였으며 평균 발병도는 3.6이었다. 216자원중 발병도 2.0이하인 자원이 34자원이었으며, 그 중 10자원은 발병도가 1.0으로 나타났다. 본 연구에서 저항성을 보인 자원들은 저항성 연구와 품종 육성에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호 PJ01325101)의 지원에 의해 이루어진 것임.

1. Alvarez JM, Gonzalez-Torres R, Mallor C, Gomez-Guillamon ML. 2005. Potential sources of resistance to fusarium wilt and powdery mildew in melons. *HortScience* 40: 1657-1660.
2. Appel DJ, Gordon TR. 1994. Local and regional variation in population of *Fusarium oxysporum* from agriculture field soils. *Phytopathology* 84: 786-791.
3. Bishop CD, Cooper RM. 1983. An ultrastructural study of vascular colonization in three vascular wilt diseases. 1. Colonization of susceptible cultivars. *Physiol Plant Pathol* 23: 323-343.
4. Champaco ER, Martyn RD, Miller ME. 1992. Evaluation of muskmelon germplasm for resistance to fusarium wilt. *Subtrop plant sci* 45: 39-42.
5. Chupp C. 1930. Fusarium wilt of muskmelon. *Plant Dis Rep* 14: 160.
6. Elena K, Pappas AC. 2006. Race distribution, vegetative compatibility and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* isolates in Greece. *J Phytopathol* 154: 250-255.
7. Gordon TR, Okamoto D. 1990. Colonization of crop residue by *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* and other species of *Fusarium*. *Phytopathology* 80: 381-386.
8. Katan T, Katan J, Gordon TR, Pozniak D. 1994. Physiologic races and vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* in Israel. *Phytopathology* 84: 153-153.
9. Kim Y-G. 2020. Development of horticultural seed industry and breeding technology. *Kor J Breed Sci* 52(S): 103-111.
10. Leach JG, Currence TM. 1938. Fusarium wilt of muskmelon in Minnesota. *Minn Agric Exp Stn Tech Bull* 129: 32.
11. Lee SM, Lee WJ, Jang KS, Choi YH, Kim H, Choi GJ. 2018. Resistance of commercial melon cultivars to isolates of *fusarium oxysporum* f. Sp. *Melonis*. *Korean J Hortic Sci Technol* 36: 577-584.
12. Matsumoto Y, Ogawara T, Miyagi M, Watanabe N, Kuboyama T. 2011. Response of wild cucumis species to inoculation with *fusarium oxysporum* f. Sp. *Melonis* race 1,2y. *J Jpn Soc Hortic Sci* 80: 414-419.
13. McKeen CD, Wensley RN. 1961. Longevity of *Fusarium oxysporum* in soil tube culture. *Science* 134: 1528-1529.
14. Messiaen CM, Risser G, Pecaut P. 1962. Etude des plantes résistantes au *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* dans la variete de melon Cantaloup Charentais. *Ann Amelior Plantes* 12: 157-164.

15. Namiki F, Shiomi T, Nishi K, Kayamura T, Tsuge T. 1998. Pathogenic and genetic variation in the Japanese strains of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Phytopathology* 88: 804-810.
16. Namiki F, Shimizu K, Satoh K, Hirabayashi T, Nishi K, Kayamura T, Tsuge T. 2000. Occurrence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* race 1 in Japan. *J Gen Plant Pathol* 66: 12-17.
17. Oumouloud A, El-Otmani M, Chikh-Rouhou H, Garces Claver A, Gonzalez Torres R, Perl-Treves R, Alvarez JM. 2013. Breeding melon for resistance to fusarium wilt: recent developments. *Euphytica* 192: 155-169.
18. Pitrat M, Risser G, Bertrand F, Blancard D, Lecoq H. 1996. Evaluation of a melon collection for disease resistance. Cucurbits towards 2000. In: *Proceedings of the VIth Eucarpia meeting on Cucurbit genetics and breeding*. May 28-30 1996. Malaga, Spain, 49-58.
19. Quiot JB, Douine I, Gebre-Selassie K. 1979. Frequence des principales viroses identifiées dans une exploitation maraichère de Sud-Est de la France. *Ann Phytopathol* 11: 283-290.
20. Risser G, Banihashemi Z, Davis DW. 1976. A proposed nomenclature of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* races and resistance genes in Cucumis melo. *Phytopathology* 66: 1105-1106.
21. Schreuder W, Lamprecht SC, Holz G. 2000. Race determination and vegetative compatibility grouping of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* from South Africa. *Plant Dis* 84: 231-234.
22. Sherf AF, Macnab AA. 1986. Fusarium wilt of muskmelon. pp. 334-337. In: Sherf AF, Macnab AA. (Eds) *Vegetable diseases and their control*, 2nd edn. Wiley, New York.
23. Zink FW, Gubler WD, Grogan RG. 1983. Reaction of muskmelon germplasm to inoculation with *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* race 2. *Plant Dis* 67: 1251-1255.
24. Zink FW, Thomas CE. 1990. Genetics of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* races 0, 1, and 2 in muskmelon line MR-1. *Plant Dis* 80: 1230-1232.
25. Zitter TA. 1999. Fusarium wilt of melon, a worldwide problem in temperate and tropical regions. *Acta Hort* 492: 157-160.
26. Zuniga TL, Zitter TA, Gordon TR, Schroeder DT, Okamoto D. 1997. Characterization of pathogenic races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* causing Fusarium wilt of melon in New York. *Plant Dis* 81: 592-596.
27. Zvirin T, Herman T, Brotman Y, Denisov Y, Belausov E, Freeman S, Perl-Treves R. 2010. Differential colonization and defence responses of resistant and susceptible melon lines infected by *Fusarium oxysporum* race 1, 2. *Plant Pathol* 59: 576-585.