Korean Journal of Environmental Biology

Note

https://doi.org/10.11626/KJEB.2021.39.3.329

Korean J. Environ. Biol.
39(3) : 329-335 (2021)
ISSN 1226-9999 (print)
ISSN 2287-7851 (online)

클로버씨스트선충에 대한 배추과 유전자원의 저항성 스크리닝

고형래*, 박은형, 김은화, 박세근, 강헌일, 박병용

국립농업과학원 작물보호과

Screening for resistance of Brassicaceae plant resources to clover cyst nematode

Hyoung-Rai Ko*, Eunhyeong Park, Eun-Hwa Kim, Se-Keun Park, Heonil Kang and Byeongyong Park

Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Republic of Korea

***Corresponding author**
Hyoung-Rai Ko
Tel. 063-238-3317
E-mail. reachsg@korea.kr

Received: 19 August 2021
Revised: 6 September 2021
Revision accepted: 6 September 2021

Abstract: Chinese cabbage fields have been damaged by cyst nematodes in highland of Gangwon province in Korea since the year 2011, and clover cyst nematode (CCN) is one of the most problematic cyst nematodes in the crop. To investigate the plant resources for breeding new Chinese cabbage cultivar, which is resistant to CCN, screening for resistance of fifty-seven Brassicaceae plant resources to CCN was conducted. Among the plant resources, fifty-four plant resources (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*, *B. rapa*, *Brassica* sp., *B. juncea*, *B. carinata*, *B. rapa* subsp. *nipposinica*, *B. rapa* subsp. *narinosa*, *B. rapa* var. *perviridis*, *B. rapa* var. *perviridis*, *B. napus* var. *napobrassica*, and *Eruca sativa*) were very susceptible to CCN and the number of females on roots was more than 300. Two plant resources (*B. carinata* and *B. tournefortii*) with more than 100 females on roots were susceptible to CCN. However, African mustard (*B. tournefortii*, Korean Genebank accession no. IT218058) was resistant to CCN because of the small number of females (4±1.8) on roots. This study showed that African mustard (IT218058) was valuable as a breeding material for Chinese cabbage, which is resistant to CCN.

Keywords: Brassicaceae, clover cyst nematode, resistance, screening

서 론

우리나라에서 배추(*Brassica rapa*)는 무, 마늘, 고추 등과 함께 중요한 5대 채소작물 중 하나이며, 국내 재배면적은 25,837 ha, 국내 총생산액은 경상가격 기준 8,871억원에 달한다(MAFRA 2020). 이 중 강원도 배추 재배면적은 4,984 ha로 국내 총 재배면적의 약 19%를 차지하고 있는 중요한 농작물 중 하나이다(MAFRA 2019). 강원도에서 고랭지배추는 고소득을 낼 수 있어 지난 수십 년간 연작을 해왔으며, 최근에는 씨스트선충에 의해 경제적으로 큰 피해를 받고 있다(Mwamula *et al.* 2018).

배추 문제 씨스트선충은 사탕무씨스트선충(*Heterodera schachtii*)과 클로버씨스트선충(*H. trifolii*)이 알려져 있으며, 이들 선충이 감염된 배추에서는 생육 저하, 결구 불량 등의 피해 증상을 관찰할 수 있다(Mwamula *et al.* 2018). 국내에서 씨스트선충의 방제는 주로 화학 약제에 의존하

고 있으며(Lee *et al.* 2018; Ko *et al.* 2020), 씨스트선충의 알은 씨스트(cyst)라는 큐티클로 이루어진 단단한 껍질로 싸여 있어 화학 약제를 이용한 방제가 어려운 상황이다(Subbotin *et al.* 2010a). 따라서, 작물의 저항성 품종을 재배하면 가장 경제적이고 효율적으로 씨스트선충을 방제할 수 있다(Starr *et al.* 2002).

우리나라에서 콩은 신품종 육성을 위한 콩씨스트선충(*H. glycines*)과 반짝이콩씨스트선충(*H. sojae*)에 대한 콩 품종별 저항성 연구가 수행된 바 있다(Kim *et al.* 1983; Choi *et al.* 1986; Kang *et al.* 2021). 반면, 배추는 국내 보유 품종 일부를 대상으로 사탕무씨스트선충에 대한 저항성 연구만 수행되었고(Kim *et al.* 2016), 최근에 급속도로 확산되고 있는 클로버씨스트선충에 대한 저항성 연구는 수행된 바 없다. 본 연구는 국내 씨앗은행이 보유하고 있는 배추과 유전자원을 대상으로 클로버씨스트선충에 대한 저항성 검정을 수행하고 배추 신품종 육성을 위한 배추류 유전자원을 탐색하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 식물 유전자원 선발 및 육묘

클로버씨스트선충 저항성 검정을 위한 시험작물은 배추과 유전자원으로 선정하였다. 2019년 2월, 국립농업과학원 씨앗은행(http://genebank.rda.go.kr/plantMain.do)이 보유한 배추과 유전자원 중 1,700여 자원의 특성정보를 씨앗은행 홈페이지를 통해 다운로드 받았다. 저항성 검정을 효율적으로 수행하기 위해 다운로드 받은 배추과 유전자원의 특성정보를 기반으로 PowerCore sorftware ver 1.0 (Kim *et al.* 2007)을 이용하여 배추과 유전자원 핵심집단으로 총 57자원을 선발하였다(Table 1). 선발된 배추과 유전자원의 종자는 씨앗은행 홈페이지를 통해 분양요청하여 2019년 4월 8일 각 자원별 100립의 종자를 분양받았다. 분양받은 배추과 유전자원의 종자는 상토가 들어있는 128공 공정육묘 포트에 15립씩 파종하고 식물생장룸(25°C, 광주기 14D : 10N)에서 20일간 재배하여 유묘를 확보하였다.

2. 선충 접종물 준비

시험선충은 강원도 고랭지배추 재배지에서 가장 문제되고 있는 클로버씨스트선충(*Heterodera trifolii*)으로 선정하였다(Kwon *et al.* 2018). 국립농업과학원에서 유지증식 중인 클로버씨스트선충 감염 토양을 플라스틱 물통에 넣고 약 4 L의 수돗물을 추가하여 토양 현탁액을 조제하였다. 토양 현탁액을 20 mesh와 60 mesh 체에 순서대로 거르고(Barker *et al.* 1985), 60 mesh 체 위에 남은 찌꺼기는 격자가 있는 사각형 모양의 petridish로 옮겨 닮았다. 갈색의 씨스트(cyst)만 실체현미경(MZ12; Leica, Wetzlar, Germany)을 이용하여 직경 2 cm micro-sieve에 옮겨 담았다. 갈색의 씨스트를 2 mL의 수돗물이 들어있는 5 mL tube에 옮겨 담고 균질화기기를 통해 껍질을 터뜨려 알 현탁액을 조제하였다. 알 현탁액을 300 mL 비커에 옮겨 담고 부피를 100 mL로 조정한 다음 실체현미경 아래서 1 mL당 알 수를 계수하였다.

3. 저항성 검정

배추류 유전자원 57종에 대한 클로버씨스트선충 저항성 검정 시험은 총 3회에 걸쳐 수행하였다. 저항성 검정을 위한 배추과 유전자원의 20일된 유묘를 저항성 검정용 토양 350 cm^3 (강모래9 : 황토1 혼합토)이 들어있는 가로 5 cm, 세로 5 cm, 높이 15 cm 크기의 플라스틱 포트에 옮겨 심었다. 각 유전자원당 반복은 5반복으로 하였으며, 배추를 옮겨 심고 2일이 경과한 후 클로버씨스트선충 알 접종물을 포트당 3,000개의 밀도로 접종하였다. 접종한 포트는 식물생장룸(25°C, 광주기 14D : 10N)에서 20일간 재배하였다.

4. 저항성 평가

클로버씨스트선충에 대한 저항성 정도는 뿌리혹선충의 저항성 판정 기준을 참고하여 각 배추과 유전자원의 뿌리에 형성된 암컷 수를 기준으로 평가하였다(Taylor and Sasser 1978; Kim and Lee 2001). 클로버씨스트선충 저항성 평가를 위해 각 유전자원별 포트를 1개씩 통째로 10 L 플라스틱 물통에 넣고 수돗물을 이용하여 뿌리를 씻었다. 씻어낸 물은 20 mesh와 60 mesh 체로 거른 다음 60 mesh 체 위에 남은 찌꺼기를 100 mL 비커에 모았다. 각각의 뿌리와 체로 거른 용액에 존재하는 클로버씨스트선충 암컷은 실체현미경(MZ12; Leica, Wetzlar, Germany)을 이용하여 8배율에서 관찰하며 계수하였다. 계수한 암컷의 수에 따라 0~2개는 매우 저항성(HR), 3~10개는 저항성(R), 11~20개는 중도 저항성(MR), 21~100개는 중도 감수성(MS),

 ©2021. Korean Society of Environmental Biology.

Table 1. Brassicaceae plant resources for this study

Code No.	Scientific name	Common name	Origin*	IT number**
1	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	AUS	199704
2	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	PRK	212908
3	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	BTN	212931
4	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	DEU	235413
5	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	PRK	262114
6	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	MNG	293003
7	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	MNG	293004
8	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	AUT	293076
9	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	KOR	308375
10	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	NRU	308385
11	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	Chinese cabbage	KAZ	308485
12	*Brassica rapa*	Wild turnip	GTM	119470
13	*Brassica rapa*	Wild turnip	TUR	134532
14	*Brassica rapa*	Wild turnip	USA	134540
15	*Brassica rapa*	Wild turnip	CHL	134566
16	*Brassica rapa*	Wild turnip	HUN	236674
17	*Brassica rapa*	Wild turnip	PHL	248076
18	*Brassica rapa*	Wild turnip	USA	279269
19	*Brassica rapa*	Wild turnip	IRQ	279292
20	*Brassica rapa*	Wild turnip	IRN	279332
21	*Brassica rapa*	Wild turnip	CAN	279389
22	*Brassica rapa*	Wild turnip	NOR	279395
23	*Brassica rapa*	Wild turnip	NZL	279400
24	*Brassica rapa*	Wild turnip	FRA	279417
25	*Brassica rapa*	Wild turnip	FIN	279426
26	*Brassica* sp.	–	KOR	181024
27	*Brassica* sp.	–	NLD	188188
28	*Brassica* sp.	–	THA	210063
29	*Brassica juncea*	Brown mustard	KOR	102924
30	*Brassica juncea*	Brown mustard	KOR	102942
31	*Brassica juncea*	Brown mustard	KOR	102953
32	*Brassica juncea*	Brown mustard	CUB	119393
33	*Brassica juncea*	Brown mustard	SWE	119634
34	*Brassica juncea*	Brown mustard	PAK	135276
35	*Brassica juncea*	Brown mustard	CHN	166990
36	*Brassica juncea*	Brown mustard	CAN	183697
37	*Brassica juncea*	Brown mustard	NPL	200254
38	*Brassica juncea*	Brown mustard	NPL	200255
39	*Brassica juncea*	Brown mustard	NPL	200257
40	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	GBR	135086
41	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	PRI	135100
42	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	ETH	188178
43	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	MMR	278621
44	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	ZMB	278886
45	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	ETH	305167
46	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	ESP	305636
47	*Brassica carinata*	Abyssinian cabbage	TZA	306689
48	*Brassica tournefortii*	African mustard	IND	218057

Table 1. Continued

Code No.	Scientific name	Common name	Origin*	IT number**
49	*Brassica tournefortii*	African mustard	PAK	218058
50	*Brassica rapa* subsp. *nipposinica*	Kyona	TWN	100406
51	*Brassica rapa* subsp. *nipposinica*	Kyona	JPN	135411
52	*Brassica rapa* subsp. *nipposinica*	Kyona	JPN	235637
53	*Brassica rapa* subsp. *narinosa*	Tatsoi	HKG	120032
54	*Brassica rapa* subsp. *narinosa*	Tatsoi	CHN	293391
55	*Brassica rapa* var. *perviridis*	Komatsuna	JPN	112272
56	*Brassica napus* var. *napobrassica*	Rutabaga	JPN	120083
57	*Eruca sativa*	Rocket salad	UNK	206771
Control	*Brassica rapa* var. *Chunkwang*	Chinese cabbage	–	–

*AUS: Australia, PRK: Democratic People's Republic of Korea, BTN: Bhutan, DEU: Germany, MNG: Mongolia, AUT: Austria, KOR: Republic of Korea, NRU: Nauru, KAZ: Kazakhstan, GTM: Guatemala, TUR: Turkey, USA: United States of America, CHL: Chile, NLD: Netherlands, THA: Thailand, HUN: Hungary, PHL: Philippines, IRQ: Iraq, IRN: Iran, CAN: Canada, NZL: New Zealand, FRA: France, FIN: Finland, TWN: Taiwan, JPN: Japan, CUB: Cuba, SWE: Sweden, HKG: Hong Kong, GBR: United Kingdom, PRI: Puerto Rico, PAK: Pakistan, CHN: China, ETH: Ethiopia, NPL: Nepal, IND: India, MMR: Myanmar, ZMB: Zambia, ESP: Spain, TZA: Tanzania
**IT number: accession number of National Agrobiodiversity Center in Korea

100~300개는 감수성(S), 300개 이상은 매우 감수성(VS)으로 저항성 정도를 판정하였다.

결과 및 고찰

1. 저항성 검정 결과

국내 씨앗은행에서 보유하고 있는 배추류 유전자원 57종을 대상으로 클로버씨스트선충에 대한 저항성 검정을 총 3차례 수행한 결과는 Table 2와 같다. 저항성 1차 검정 결과 호주, 북한, 부탄, 독일, 몽골, 오스트리아, 한국, 나우루, 카자흐스탄 총 9개 국가에서 채집한 배추(*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) 유전자원은 모두 씨스트선충 암컷이 평균 300개 이상(419~931개) 증식되어 매우 감수성인 자원으로 확인되었다. 저항성 2차 검정은 주로 순무(*B. rapa*)를 대상으로 수행하였으며, 순무 14종과 종을 알 수 없는 배추과 유전자원(*Brassica* sp.) 3종 모두 씨스트선충 암컷이 평균 300개 이상(485~831개) 증식되어 클로버씨스트선충에 매우 감수성인 자원으로 확인되었다. 저항성 3차 검정은 갓(*B. juncea*), 겨자류(*B. carinata*, *B. tournefortii*), 경수채(*B. rapa* subsp. *nipposinica*), 다채(*B. rapa* subsp. *narinosa*), 평지(*B. rapa* var. *perviridis*), 루타바가(*B. napus* var. *napobrassica*), 로켓샐러드(*Eruca sativa*)를 대상으로 수행하였다. 갓, 경수채, 다채, 평지, 루타바가, 로켓샐러드는 모두 씨스트선충 암컷이 평균 300개 이상(range) 형성되어 매우 감수성인 것으로 나타났다. 겨자류(*B. carinata*, *B. tournefortii*)에서도 *B. carinata* 7종(Code no. 40~46)은 씨스트선충이 300개 이상으로 매우 감수성, *B. carinata*, *B. tournefortii* 각 1종(Code no. 47, 48)은 씨스트선충이 각각 144개, 110개로 감수성으로 나타났다. 반면, African mustard로 알려진 파키스탄(PAK) 원산의 겨자(Code no. 48, *Brassica tournefortii*, IT218058)는 클로버씨스트선충 암컷이 평균 4개(4±1.8)로 증식되어 저항성 판정 기준에 따라 저항성(암컷 3~10개)인 유전자원으로 나타났다.

배추(*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*)는 사탕무씨스트선충과 클로버씨스트선충의 감수성 기주로 잘 알려져 있으며(Subbotin *et al.* 2010b), 국내 시판품종과 농촌진흥청 산하 기관에서 보유 중인 자원을 대상으로 수행한 사탕무씨스트선충 기주검정 결과에서 저항성 배추는 없는 것으로 나타난 바 있다(Kim *et al.* 2016). 본 연구에서 이용된 배추 유전자원 중에서도 클로버씨스트선충에 저항성인 유전자원은 없는 것으로 나타났다. 순무(*Brassica rapa*)도 클로버씨스트선충의 기주식물 중 하나이다(Subbotin *et al.* 2010b). Steele *et al.* (1982)의 선행 연구에서 순무 유전자원은 클로버씨스트선충에 감수성인 것으로 나타난 바 있으며, 본 연구에 사용된 순무 유전자원들도 모두 감수성인 것으로 나타났다. 갓(*B. juncea*)과 겨자류(*B. carinata*, *B. tournefortii*), 로켓샐러드(*Eruca sativa*) 일부 품종은 선충에 저항성이면서 glucosinolate를 함유하고 있어 생물훈증(biofumigation)에 의한 씨스트선충 방제 효과를 나타내기도 한다(Kruger

 ©2021. Korean Society of Environmental Biology.

Table 2. Responses of Brassicaceae plant resources to clover cyst nematode

Experiment	Code No.	Scientific name	No. of females (/a pot)	Resistance rating*
1st	1	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	597±73.3	VS
	2	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	570±51.9	VS
	3	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	419±56.1	VS
	4	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	544±81.6	VS
	5	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	683±76.7	VS
	6	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	528±106.0	VS
	7	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	931±90.3	VS
	8	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	469±87.7	VS
	9	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	760±61.7	VS
	10	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	723±53.6	VS
	11	*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*	526±31.4	VS
	Control	*Brassica rapa* var. *Chunkwang*	436±90.7	–
2nd	12	*Brassica rapa*	605±71.8	VS
	13	*Brassica rapa*	537±21.7	VS
	14	*Brassica rapa*	704±57.0	VS
	15	*Brassica rapa*	758±45.1	VS
	16	*Brassica rapa*	680±61.8	VS
	17	*Brassica rapa*	680±99.4	VS
	18	*Brassica rapa*	606±52.3	VS
	19	*Brassica rapa*	485±32.2	VS
	20	*Brassica rapa*	635±46.9	VS
	21	*Brassica rapa*	729±130.6	VS
	22	*Brassica rapa*	728±59.3	VS
	23	*Brassica rapa*	639±99.0	VS
	24	*Brassica rapa*	828±111.8	VS
	25	*Brassica rapa*	735±96.9	VS
	26	*Brassica* sp.	637±116.3	VS
	27	*Brassica* sp.	577±87.8	VS
	28	*Brassica* sp.	831±54.6	VS
	Control	*Brassica rapa* var. *Chunkwang*	706±133.3	–
3rd	29	*Brassica juncea*	347±60.9	VS
	30	*Brassica juncea*	390±98.1	VS
	31	*Brassica juncea*	1,455±157.9	VS
	32	*Brassica juncea*	1,160±200.9	VS
	33	*Brassica juncea*	958±69.6	VS
	34	*Brassica juncea*	905±159.6	VS
	35	*Brassica juncea*	1,232±173.1	VS
	36	*Brassica juncea*	940±263.3	VS
	37	*Brassica juncea*	1,342±173.6	VS
	38	*Brassica juncea*	856±126.2	VS
	39	*Brassica juncea*	933±60.6	VS
	40	*Brassica carinata*	959±144.2	VS
	41	*Brassica carinata*	1,292±70.8	VS
	42	*Brassica carinata*	668±275.7	VS
	43	*Brassica carinata*	668±71.9	VS
	44	*Brassica carinata*	869±196.1	VS

Table 2. Continued

Experiment	Code No.	Scientific name	No. of females (/a pot)	Resistance rating*
3rd	45	*Brassica carinata*	942±210.0	VS
	46	*Brassica carinata*	1,026±233.4	VS
	47	*Brassica carinata*	144±61.7	S
	48	*Brassica tournefortii*	110±14.2	S
	49	*Brassica tournefortii*	4±1.8	R
	50	*Brassica rapa* subsp. *nipposinica*	1,290±162.7	VS
	51	*Brassica rapa* subsp. *nipposinica*	1,275±73.4	VS
	52	*Brassica rapa* subsp. *nipposinica*	1,364±71.7	VS
	53	*Brassica rapa* subsp. *narinosa*	952±82.5	VS
	54	*Brassica rapa* subsp. *narinosa*	570±72.7	VS
	55	*Brassica rapa* var. *perviridis*	1,598±117.7	VS
	56	*Brassica napus* var. *napobrassica*	850±211.2	VS
	57	*Eruca sativa*	1,419±100.7	VS
	Control	*Brassica rapa* var. *Chunkwang*	447±111.7	–

*Resistance rating: No. of female 0–2 = HR, 3–10 = R, 11–20 = MR, 21–100 = MS, 100–300 = S, >300 = VS (modified from Taylor and Sasser, 1978)

et al. 2013). 그러나 본 연구에서 선발된 갓, 겨자류, 로켓샐러드 유전자원은 클로버씨스트선충에는 African mustard 1종을 제외하고 모두 감수성으로 나타나 육종 소재나 선충 방제용 녹비작물로 활용하기 어려울 것으로 판단된다.

본 연구에 활용된 겨자류 중에서 파키스탄(PAK) 원산의 African mustard (Code no. 48, *B. tournefortii*, IT218058)는 클로버씨스트선충에 저항성인 배추류 유전자원으로 나타났다. African mustard는 호주에서는 곡식을 생산하는 농경지 문제 잡초로 알려져 있으며(Mahajan *et al.* 2020), 씨스트선충류에 대한 육종 소재 탐색 연구에는 사용된 적이 없는 것으로 판단된다. 따라서, 클로버씨스트선충에 저항성인 African mustard 유전자원은 저항성 배추 품종 육성, 저항성 관련 유전자 탐색 등 배추 신품종 육성을 위한 연구 소재로 활용 가능할 것으로 판단된다. 또한, glucosinolate와 같은 살선충 효과가 있는 물질의 정밀 분석과 생물검정 연구가 추가적으로 수행된다면 살선충 녹비작물과 같은 선충의 친환경 방제제로의 이용 가치도 평가할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

2017년 이후 강원도 고랭지배추는 클로버씨스트선충에 의한 피해를 받아 왔다. 저항성 배추 품종 재배는 씨스트선충 피해를 줄일 수 있는 가장 경제적인 방제 방법이다. 본 연구에서는 클로버씨스트선충 저항성 배추 신품종 육성을 위한 육종 소재 탐색을 위해 배추류 유전자원 총 57자원을 대상으로 클로버씨스트선충에 대한 저항성 검정을 수행하였다. 배추(*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*), 순무(*B. rapa*), *Brassica* sp., 갓(*B. juncea*), 겨자류(*B. carinata*, *B. tournefortii*), 경수채(*B. rapa* subsp. *nipposinica*), 다채(*B. rapa* subsp. *narinosa*), 평지(*B. rapa* var. *perviridis*), 루타바가(*B. napus* var. *napobrassica*), 로켓샐러드(*Eruca sativa*) 54자원은 뿌리에 클로버씨스트선충 암컷이 300개 이상 증식되어 매우 감수성인 것으로 나타났다. 겨자류 2자원(*B. carinata*, *B. tournefortii*)도 클로버씨스트선충 암컷이 각각 144개, 110개 증식되어 감수성인 것으로 나타났다. 반면, 겨자류 중에서 African mustard (*B. tournefortii*, 씨앗은행 관리번호 IT218058)는 클로버씨스트선충 암컷이 평균 4±1.8로 증식되어 저항성인 배추류 유전자원인 것으로 나타났다. 본 연구에서 선발된 African mustard (IT218058)는 클로버씨스트선충 저항성 배추 품종 육성을 위한 육종 소재로 활용 가능할 것으로 판단된다.

사 사

This research was supported by a grant (Project No. PJ01

 ©2021. Korean Society of Environmental Biology.

333202) from Rural Development Administration, Republic of Korea.

REFERENCES

Barker KR, CC Carter and JN Sasser. 1985. An Advanced Treatise on *Meloidogyne* Volume II: Methodology. North Carolina State University Graphics. Raleigh, NC.

Choi YE, DG Kim and DR Choi. 1986. Selection of soybean cultivars resistant to soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. Korean J. Plant Prot. 25:53–61.

Kang H, N Park, D Kim and I Choi. 2021. Screening of soybean varieties resistant to *Heterodera sojae*. J. Environ. Sci. Int. 30:347–352.

Kim DG and YE Choi. 1983. Studies on the resistance and races of soybean-cyat nematode, *Heterodera glycines*, in Korea. Korean J. Plant Prot. 22:208–212.

Kim DG and JK Lee. 2001. Resistance of pepper cultivars to two species of root-knot nematodes. Korean J. Appl. Entomol. 40:143–147.

Kim DH, MR Cho, CY Yang, HH Kim, TJ Kang and JB Yoon. 2016. Host range screening of the sugar beet nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt. Korean J. Appl. Entomol. 55:389–403.

Kim KW, HK Chung, GT Cho, KH Ma, D Chandrabalan, JG Gwag, TS Kim, EG Cho and YJ Park. 2007. PowerCore: a program applying the advanced M strategy with heuristic search for establishing core sets. Bioinformatics 23:2155–2162.

Ko HR, SH Lee, TG Kang, TH Kim, SS Kim and JK Lee. 2020. Efficacy of soil disinfection machine for fumigants to clover cyst nematode. Res. Plant Dis. 26:72–78.

Kruger DHM, JC Fourie and AP Malan. 2013. Cover crops with biofumigation properties for the suppression of plant-parasitic nematodes: a review. S. Afr. J. Enol. Vitic. 34:287–295.

Kwon SB, DK Park, HS Won, YG Moon, JH Lee, YB Kim, BG Choi, HT Seo, HR Ko, JK Lee and DW Lee. 2018. Spread of cyst nematodes in highland chinese cabbage field in Gangwon-do. Korean J. Appl. Entomol. 57:339–345.

Lee JK, HR Ko and DW Lee. 2018. Efficacy of some nematicides against clover cyst nematode, Heterodera trifolii in chinese cabbage field of highland area. Korean J. Pestic. Sci. 22:69–77.

Mahajan G, R Singh and BS Chauhan. 2020. Biology of *Brassica tournefortii* in the northern grains region of Australia. Crop Pasture Sci. 71:268–277.

Mwamula AO, HR Ko, Y Kim, YH Kim, JK Lee and DW Lee. 2018. Morphological and molecular characterization of *Heterodera schachtii* and the newly recorded cyst nematode, *H. trifolii* associated with chinese cabbage in Korea. Plant Pathol. J. 34:297–307.

MAFRA. 2020. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea.

Steele AE, H Toxopeus and W Heijbroek. 1983. Susceptibility of plant selections to *Heterodera schachtii* and a race of *H. trifolii* parasitic on sugarbeet in the Netherlands. J. Nematol. 15:281–288.

Starr JL, J Bridge and R Cook. 2002. Resistance to plant-parasitic nematodes: history, current use and future potential. pp. 1–22. In: Plant Resistance to Parasitic Nematodes (Starr JL, R Cook and J Bridge, eds.). CABI Publishing. Wallingford, UK.

Subbotin SA, M Mundo-Ocampo and J Baldwin. 2010a. Identification of Heterodera species. pp. 7–41. In: Systematics of Cyst Nematodes (Nematoda: Heteroderinae), 8A. Brill. Leiden, Netherlands.

Subbotin SA, M Mundo-Ocampo and JG Baldwin. 2010b. Identification of Heterodera species. p. 512. In: Systematics of Cyst Nematodes (Nematoda: Heteroderinae), 8B. Brill. Leiden, Netherlands.

Taylor AL and JN Sasser. 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematodes. North Carolina State University Graphics. Raleigh, NC. p. 111.