Journal of Environmental Science International
24(12); 1673~1679; December 2015

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
http://dx.doi.org/10.5322/JESI.2015.24.12.1673

ORIGINAL ARTICLE

수박의 착과절위가 종자 발아 및 유묘활력에 미치는 영향

박은지 · 이규빈 · 박영길 · 서정민[1] · 강점순*

부산대학교 원예생명과학과, [1]부산대학교 바이오환경에너지학과

Influence of Fruit Set Internode on Seed Germination and Seedling Vigor in Watermelon

Eun-Ji Park, Gyu-Bin Lee, Young-Gil Park, Jeong-Min Suh[1], Jum-Soon Kang*

Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University, Miryang 627-702, Korea
[1]Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-702, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of fruit set internode on the germination of watermelon seeds. Generally fruits setted in higher than 20 internode were high percent of germination, fruit setted in low internode(5-10) is low. The higher fruit-set internode, fruit weight was significantly increased, but 1,000 seed weight was decreased the more fruit set internode. However number of seed was about 300 seeds irrespective of fruit-set internode. Investigating viability of seed by BP test, general percent germination was recorded highest at 5 flower cluster above 20 internode of fruit-set internode. In contrast, condition of fruit setted on 3, 4, 6 flower cluster were high percent of germination, regarded as unnormal germination not to be as normal seedling by 2~3%. Seed harvested at 5 flower-cluster had high viability on hypocotyl height and diameter of seedling through early growth test, but were not significant. Therefore 5 flower-cluster was optimum fruit-set internode to obtain high-quality seed.

Key words : Cotyledon, Germination, BP test, Seed harvesting, Viability

1. 서론

과채류에 있어 품질과 수량은 중요한 요소이며, 특히 수박과 같은 기호성이 강한 과채류는 품질에 따라 가격 차이가 크기 때문에 고품질의 과실의 생산이 필수적이다. 품질 결정의 주요 요인인 과실크기, 모양 및 당도 등은 토양재배에서 착과절위나 적심부위에 상당한 영향을 받는다(Hwang, 1998; Lee et al., 1996). 특히, 박과작물인 멜론, 수박 등은 주당 착과수를 1-2개로 제한하여 수확하기 때문에 착과절위가 과실 품질 결정의 중요한 요인으로 작용한다. 착과절위가 높아지면 과중은 증가하나 당도가 저하하는 현상을 나타내며, 착과절위 상부엽수가 증가하면 과중, 당도 그리고 과육두께 등이 증가한다고 하였다(Lee et al., 1996; Hwang et al., 1998; Park et al., 1995).

박과작물은 무한화서이므로 동일한 모주에서 수확한 종자라도 착과위치에 따라 종자 품질이 달라진다(Lee et al., 1996). 수박의 영농현장에서는 4화방(21-23절)에 착과시켜 수박을 생산하고 있으나, 이러한 재배적 방법들이 과실의 품질향상에는 유용하지만 종자활력과의 연관

Received 30 October, 2015; **Revised** 9 December, 2015;
Accepted 10 December, 2015
***Corresponding author** : Jum-Soon Kang, Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea
Phone: +82-55-350-5523
E-mail : kangjs@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성은 구명된 바 없다.

최근 시판중인 수박종자의 경우 발아율이 95% 이상일 때 우량종자라고 취급된다. 따라서 우량종자를 확보하기 위해서는 채종적 측면에서 수박의 착과부위는 매우 중요하다. 수박을 하위절위에 착과시키면 과일(Hwang et al., 1998)과 종자 생산량은 적어지지만 종자 충실도는 높아진다. 반면 상위절위에 비해 재배기간이 단축되어 자연재해의 피해가 경감된다. 이에 반해 상위절위에 착과는 과일의 크기는 증가하지만(Lee et al., 1996) 교배일이 늦어지게 되어 자연재해 및 병해 등에 노출될 기회가 높아진다.

이러한 연유로 수박에서 우량종자와 발아력이 높은 종자를 생산하기 위해서는 착과절위 구명이 필요하다. 그러나 참외나 멜론에서는 착과절위에 따른 과실의 품질 변화를 고찰한 연구는 있었으나(Hwang et al., 1998; Lee et al., 1996; Park et al., 1995). 수박에서 우량종자 생산을 위해 착과절위를 구명한 연구는 없었다.

본 연구는 수박의 착과절위에 따른 종자 발아력 및 유묘 활력을 검정하여 우량종자를 생산할 수 있는 적정 착과절위를 구명하기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 착과부위에 따른 발아력 검정

본 실험에 사용된 수박은 '스피드'(농우바이오) 품종으로, 실험 장소는 경남 창원시 대산면 11월 비닐하우스에 정식하여 재배하였다. 재식밀도는 250 cm x 30 cm로 하였으며, 시험구는 난괴법 3반복으로 반복당 개체수는 10주로 하였다. 유인은 각 주당 2개의 줄기를 남기고 적심하였다. 수정은 오전 06시부터 11시까지 건전한 수꽃에서 채취한 화분을 인공수분하여 주당 1과만 착과시켰다. 이외의 비배관리는 농촌진흥청 수박재배기술(RDA, 2014)에 준하여 재배하였다.

수박을 5-10절, 15-20절, 20-25절 및 25-30절에 착과시켜 40일간 성숙시킨 과실을 수확하여 20일간 후숙 시킨 후 실험에 이용하였다. 착과부위에 따른 수박무게, 당도, 종자생산량 및 발아력을 검정하였다. 당도는 Brix 간이 당도계를 이용하여 측정하였고, 발아력은 과실에서 종자를 탈종하여 수세한 종자를 건조(종자수분함량 7%) 시킨 후 5℃에서 6개월간 저장한 종자를 이용하였다.

발아조사는 30℃의 항온기에서 9 cm petridish에 흡습지 2매를 깔고 수박종자를 50립씩 3반복으로 치상하여 5 ml의 증류수를 공급한 후 암조건에서 실시하였으며 유근이 1 mm 나온 것을 발아로 간주하였다. 조사기간은 종자를 치상한 후 14일까지 12시간 간격으로 실시하였다. 발아율은 3반복의 산술평균으로 나타내고, 최종발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일수(T_{50})는 Coolbear 등(1984) 공식에 의해 산출하였다.

2.2. 착과절위에 따른 과실무게, 종자수 및 종자활력에 미치는 영향

사용된 품종은 '스피드'(농우바이오) 품종으로, 시험구와 재배방법은 실험 2.1의 방법과 동일하였다. 수박의 착과절위에 따른 과실무게, 종자생산량, 발아력을 조사하기 위하여 3화방(16-18절), 4화방(21-23절), 5화방(26-28절), 6화방(31-33절)에 착과하여 40일간 성숙시킨 과실을 수확하여 20일간 후숙 시킨 후 실험에 이용하였다.

착과절위에 따른 수박의 무게, 종자수 및 크기조사는 10개의 과실은 3반복으로 평균값을 나타내었다. 종자의 종단 및 횡단직경 조사는 100립의 종자를 3반복하여 Vernier caliper를 이용하여 종자의 종/횡단 길이를 측정한 후 그 비율을 나타내었다. 또한 전체종자 무게에 대해 종피의 구성비율을 조사하기 위해 핀셋으로 100립의 종자를 3반복으로 종피와 자엽을 각각 분리하여 천칭한 값을 전체 종자 무게에 대한 자엽 및 종피 비율로 산출하였다.

수박의 착과절위가 수박종자의 활력에 미치는 영향을 조사하기 위해 BP 검정을 실시하였다. BP 검정은 heavy와 regular 용지를 25℃에서 증류수로 1일간 흡습시켰다. 이어서 heavy 용지에 100립의 종자를 동일한 간격으로 치상한 후 regular 용지를 덮어 30℃ 항온기에 종자활력을 조사하였다. 종자활력 조사는 2회에 걸쳐 시행되었으며, 1차 조사는 치상 5일 후 정상묘와 비정상묘, 불발아종자 등을 검정하였고, 최종조사인 2차 조사는 치상 14일 후에 실시하였다. 최종 조사일에는 하배축 길이, 하배축 직경, 뿌리수, 뿌리길이, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

또한 수박의 착과절위가 수박종자의 유묘출현율 및 활력에 미치는 영향을 조사하였다. 유묘활력 실험은 부

산대학교 첨단온실(25℃)에서 수행하였다. 묘출현율은 50구 플러그판에 상토를 충전한 후 50립의 종자를 3반복으로 파종하여 평균값으로 나타내었고, 파종 후 20일까지 1일 간격으로 묘출현율을 조사하였으며, 초기 생육조사는 파종 후 30일째에 초장, 하배축 길이, 하배축직경, 뿌리길이 및 생체중과 건물중을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 착과절위 따른 발아율 검정

착과절위에 따라 과중이나 과실이 품질이 달라진다(Hwang et al., 1998). 이와 같이 착과절위에 따라 종자의 발아력이 다를 수 있기 때문에 우량종자 확보를 위한 최적 착과절위 구명이 필요하다. 이러한 목적으로 수박의 착과절위를 달리하여 발아력을 비교한 결과는 Table 1과 같다.

발아율은 착과절위에 차이가 있었으며, 전반적으로 20~25절에 착과시킨 과실에서 발아율이 가장 높았다. 반면 저절위인 5~10절 착과시킨 과실은 발아율이 낮았다. 25~30절에서 착과시키면 발아율은 높았으나 20~25절에 비해 발아속도가 약간 지연되는 경향이었으나 그 차이는 현저하지 않았다. 전반적으로 우량종자를 확보할 수 있는 적정 착과절위는 20~25절 이었다. 그 다음 우수한 착과부위는 25~30절 이었다.

3.2. 착과절위에 따른 과실중량, 종자생산량, 종자충실도 검정

원예작물 중에서 수박은 종자가격이 비싼 편에 속한다. 따라서 수박에서 고품질의 종자를 확보하기 위한 가장 우선적인 방안은 채종조건의 확립이며, 그 다음이 발아력을 증진시키는 종자처리 기술의 개발이다(Kang et al., 1996).

수박에서 발아력 가장 높은 착과절위는 20~25절이었다. 그러나 25절 이상에서도 종자 활력이 높은 것으로 나타나 이에 대한 면밀한 실험이 요구되었다. 따라서 수박을 3화방(16-18절), 4화방(21-23절), 5화방(26-28절), 6화방(31-33절)에 착과시킨 후 40일 성숙과를 수확하여 수박의 무게, 종자 생산량 및 종자의 형태적 특성을 조사하였다.

수박은 착과절위가 높아지면 과실의 무게는 증가하였다. 3화방(21-23절)에 착과하면 과실의 무게는 4,555 g였으나 6화방(31-33절)에 착과시킨 과실은 무게가

Table 1. Effect of fruit set internode on percent germination of `Speed' watermelon seeds at 30℃

Fruit set internode	Germination (%)	T_{50} (days)
5-10	90.2	1.89
15-20	92.0	1.91
20-25	98.6	1.78
25-30	98.0	1.80
LSD	3.3	0.1

Means in columns are separated by LSD at P = 0.05.

Table 2. Effect of fruit weight and seed production as affected by the different flower cluster of 'Speed' watermelon

Flower cluster (Fruit set internode)	Weight of fruit (g)	No. of seed	Weight of seed (g)		Brix degree
			Fresh weight	Dry weight	
3 (16-18)	4555.1	380.4	28.0	16.5	10.9
4 (21-23)	5903.2	378.9	29.2	14.7	11.3
5 (26-28)	5294.6	375.9	26.5	15.9	10.7
6 (31-33)	7252.1	388.9	27.8	16.3	10.3
LSD(0.05)	1120.9	NS	NS	NS	NS

Means in columns are separated by LSD at *P* = 0.05.

Table 3. Effect of seed size and seed weight as affected by the different flower cluster of 'Speed' watermelon

Flower cluster (fruit set internode)	Diameter(mm)		Ratio of long size/ short size	Seed coat color	1,000 seed weight (g)
	Long size	Short size			
3 (16-18)	8.11±0.53	5.15±0.20	1.58±0.07	Dark brown	46.50±0.04
4 (21-23)	8.29±0.44	5.06±0.16	1.64±0.08	Light brown	45.43±0.03
5 (26-28)	7.82±0.35	4.89±0.27	1.60±0.10	Dark brown	41.10±0.03
6 (31-33)	7.98±0.55	7.55±10.5	1.55±0.40	Dark brown	40.37±0.05
LSD(0.05)	NS	NS	0.07		0.07

Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

7,252 g으로 1.5배 증가하였다. Hwang et al.(1998)은 멜론에서 착과절위가 높아지면 과실의 무게는 증가하지만 당도가 낮아진다고 하였는데, 본 실험의 결과도 이들의 결과와 유사하였다.

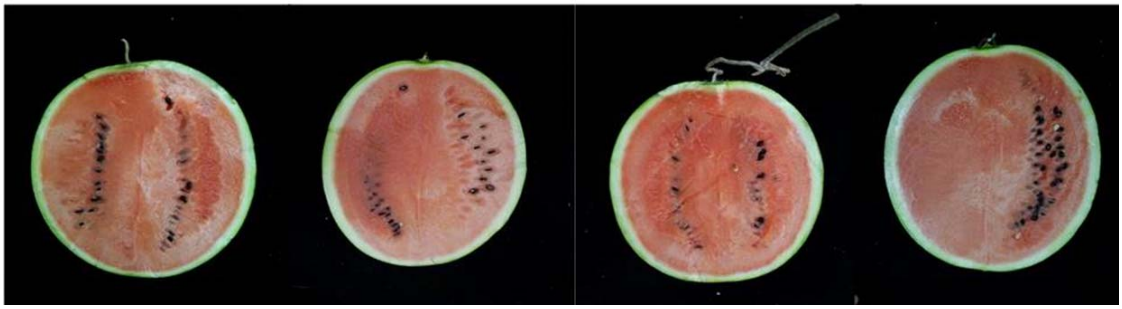
반면 과실당 종자수는 착과절위에 관계없이 380개 정도였으며, 착과절위에 따른 현저한 차이는 없었다. 또한 종자 건물중도 14.7~16.5 g으로 착과절위에 따른 유의적인 차이는 없었다(Table 2).

수박종자는 착과절위에 관계없이 종단직경은 7.8~8.3 mm 였고, 횡단직경은 4.9~7.5 mm로 채소종자 중에서 대립종자에 해당되었다. 수박의 착과절위에 따라 종자의 횡단 및 종단직경 등 종자크기에는 큰 차이가 없었으나 종단직경이 횡단직경보다 약 1.5배 정도 긴 장타원형이었다. 천립중은 40.4~46.5 g으로 착과절위가 높아질수록 천립중은 약간 감소하였다(Table 3).

수박종자는 식물의 모체가 되는 배, 저장양분을 보관하는 자엽 그리고 종자를 보호하는 종피로 구성되어 있다. 박과작물의 종자는 수확 후 일정기간 동안 휴면하게 되며, 휴면을 타파하기 위해서는 후숙처리가 필요하다(Lee, 2000). 쌍자엽 식물에서 자엽은 발아가 개시될 때 유근정단에 에너지를 공급하는 역할을 하며, 종피는 종자를 보호하는 기능을 담당한다. 종자에서 자엽 비율의 증가는 발아기질로써 이용될 수 있는 저장양분의 증가를 의미한다(Karssen, 1995).

수박의 착과절위에 따른 종자의 자엽과 종피 구성비율을 조사한 결과 착과절위에 따라 유의적인 차이는 없었다. 전반적으로 수박종자에서 자엽 비율은 52%로 종피의 48% 보다 약간 높았다(Fig. 2).

기존 선행연구에 따르면 수박종자에 종피비율이 낮으면 종피의 기계적 장벽이 감소하여 휴면성이 짧아지고, 발아력은 높아지지만 저장성이 짧아질 수 있다(Groot and Karssen, 1987; Karssen, 1995). 따라서 본 실험에서는 착과절위에 따른 종자발아성 차이가 종피의 기계적 장벽과의 관련성을 밝히고자 하였으나, 착과절위가 종자



3(16~18) 4(21~23) 5(26~28) 6(31~33)

Flower cluster(Fruit set internode)

Fig. 1. Changes in fruit as affected by the different flower cluster of 'Speed' watermelon.

Fig. 2. Changes in morphological seed characteristics as affected by the different flower cluster of 'Speed' watermelon.

의 종피비율에는 큰 영향을 주지 않았다는 것으로 판명되었다(Table 4).

착과절위를 달리하여 채종한 수박종자를 BP 검정에 의한 종자활력을 조사하였다. 수박 종자의 발아율은 착과절위에 관계없이 100% 발아하였다. 그러나 치상 후 5일째의 발아세에는 착과절위에 따라 차이가 있었다. 전반적으로 5화방(26-28절)에서 착과된 종자들은 100% 정상발아 하였다. 반면 3화방(16-18절), 4화방(21-23절) 및 6화방(31-33절)에 착과된 종자들은 발아율은 높았지만 건전한 유묘로 성장할 수 없는 비정상 발아율이 2-3% 되었다(Table 5).

BP 검정에 의한 유묘활력 정도는 착과절위에 따라 유의적인 차이는 없었으나 전반적으로 5화방(26-28절)에서 착과된 종자들은 하배축 길이, 하배축 직경 유묘활력

Table 4. Effect of ratio seed coat of whole seed weight as affected by the different flower cluster of 'Speed' watermelon

Flower cluster (fruit set internode)	Seed coat weight(g)	Cotyledon weight(g)	Whole seed weight(g)	Ratio of coat/seed	Ratio of cotyledon/seed
3 (16-18)	0.02±0.00	0.02±0.00	0.05±0.01	0.48±0.02	0.52±0.02
4 (21-23)	0.02±0.00	0.02±0.00	0.05±0.01	0.49±0.03	0.51±0.03
5 (26-28)	0.02±0.00	0.02±0.00	0.04±0.01	0.47±0.04	0.53±0.04
6 (31-33)	0.02±0.00	0.02±0.00	0.04±0.00	0.48±0.03	0.52±0.03
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 5. Effect of different flower cluster on percent germination and seed viability of `Speed' watermelon seeds at 30℃

Flower cluster (fruit set internode)	Germination (%)	Viability			
		5 days		14 days	
		Normal (%)	Abnormal (%)	Normal (%)	Abnormal (%)
3 (16-18)	100.0	94.4	0.0	96.7	3.3
4 (21-23)	100.0	94.4	0.0	97.8	2.2
5 (26-28)	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0
6 (31-33)	100.0	95.6	1.1	96.7	3.3
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 6. Effect of different flower cluster on hypocotyl length, hypocotyl diameter, root length, number of root, fresh and dry weight of `Speed' watermelon seeds measured at 14 days after planting

Flower cluster (fruit set internode)	Hypocotyl length (cm)	Hypocotyl diameter (mm)	Root length (cm)	No. of root	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
3 (16-18)	23.22	2.14	8.86	29.00	0.56	0.02
4 (21-23)	21.64	1.76	8.22	25.80	0.51	0.02
5 (26-28)	18.10	1.89	7.12	28.40	0.43	0.01
6 (31-33)	19.48	1.91	7.18	26.60	0.46	0.01
LSD(0.05)	2.39	NS	NS	NS	NS	NS

Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 7. Effect of different flower cluster on hypocotyl length, hypocotyl diameter, root length, number of root, fresh and dry weight of ‘Speed’ watermelon seeds measured at 30 days after planting in greenhouse

Flower cluster (fruit set internode)	Height (cm)	Root length (cm)	Hypocotyl diameter (mm)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
				Tree	Root	Tree	Root
3 (16-18)	13.3	6.2	3.4	0.80	0.07	0.03	0.00
4 (21-23)	12.7	5.0	3.5	0.88	0.11	0.05	0.00
5 (26-28)	11.2	5.2	3.3	0.69	0.10	0.03	0.00
6 (31-33)	12.3	5.1	2.9	0.69	0.12	0.03	0.01
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means in columns are separated by LSD at $P = 0.05$.

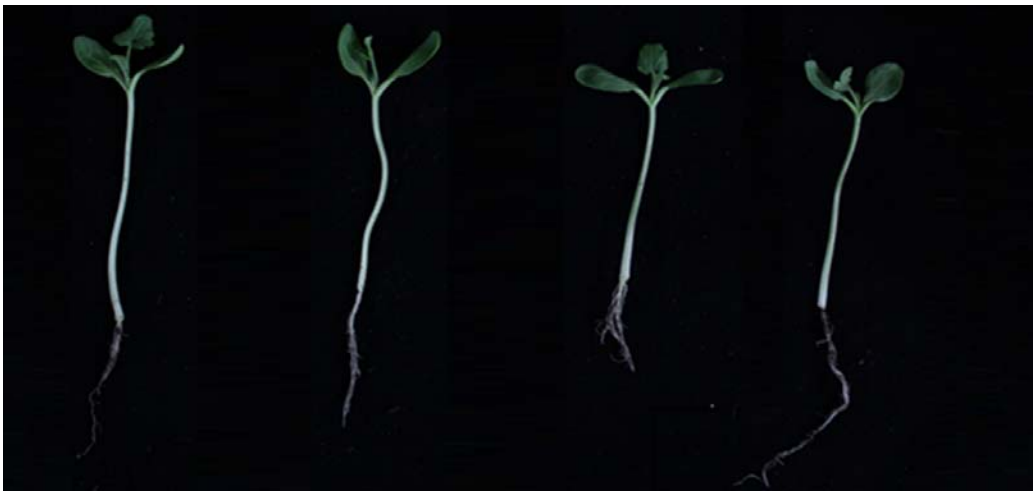


Fig. 3. Changes in seedling growth as affected by the different flower cluster of `Speed' watermelon seeds. Seedling growth measured 30 days planting in greenhouse.

이 높았다. 반면 유묘의 생체중과 건물중은 종자의 착과절위에 따른 차이는 없었다(Table 6). 이는 박과작물들을 저절위에 착과시킬 경우 종자활력이 낮거나 배유만 있고, 배가 없는 종자가 많이 생성된다고 알려진 선행연구(Jaskani, 2005)와 유사한 결과였다.

착과절위별로 채종한 종자를 온실의 상토에서 유묘활력 정도를 비교한 실험에서도 유의성은 인정되지 않으나 5화방(26-28절)에서 채종한 종자들은 유묘의 하배축 길이, 하배축 직경 등 유묘활력이 높았다(Table 7).

4. 결 론

본 연구는 수박에서 우량종자 확보와 발아력이 우수한 착과절위 구명을 위해 수행되었다. 전반적으로 20절 이상에서 착과시킨 과실이 발아율이 높았고, 5-10절 저절위에 착과시킨 과실은 발아율이 낮았다. 수박의 착과절위가 높아질수록 과실의 무게는 증가하였으나, 천립중은 감소하는 것으로 나타났다. 과실의 생체중과 종자 천립중은 모두 유의성이 인정되었다. 반면 과실당 종자수는 착과절위에 관계없이 300립 정도였다. 30℃에서 BP 발아검정에 의해 종자의 활력을 조사할 결과 20절위 이상의 착과절위 중 5화방(26-28절)에서 정상발아율이 가장 높았다. 반면, 3화방(16-18절), 4화방(21-23절), 6화방(31-33절)에 착과된 과실의 경우 발아율은 높았지만 2~3%정도 건전묘로 성장할 수 없는 비정상 발아가 되었다. 유의성은 인정되지 않았으나 초기 생육조사를 통해 5화방(26-28절)에서 채종한 종자들이 유묘의 하배축길이, 직경 등에서 활력이 높았다. 이상의 결과로 보아 우량종자를 확보하기 위해서 5화방에 착과하는 것이 적당하다고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : 2130 02041SBS20)의 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

Coolbear, P., Francis, A., Grierson, D., 1984, The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds, J. Exp. Bot., 35, 1609-1617.

Groot, S. P., Karssen, C. M., 1987, Gibberellin regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberellin deficient mutants, Planta, 171, 853-859.

Hwang, Y. H., Cho, K. H., Song, G. W., Shin, W. K., Jeong, B. R., 1998, Effect of pinching and fruit setting, and planting density on fruit quality and yield of muskmelon cultured by deep flow technique, J. Bio. Fac. Env., 7, 219-225.

Jaskani, M. J., Khan, I. A., Khan, M. M., 2005, Fruit set, seed development and embryo germination in interploid crosses of citrus, J. Soc. Hort. Sci., 107, 51-57.

Kang, J. S., Cho. J. L., 1996, Effect of priming on the germinability of watermelon(*Citrullus vulgaris* schrad) seeds and seedling growth, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 37, 12-18.

Karssen, C. M., 1995, Hormonal regulation of seed development, dormancy, and seed germination by genetic control, Seed development and germination, Marcel Dekker Inc., New York, 333-350.

Lee, S. G., Kim, Y. C., Kim, K. Y., Ghung, J. H., Yu, S. O., Bae, J. H., Lee, Y. B., 1996, Effect of soil moisture control and fruiting number and node order on the quality and yield of small watermelon(*Citrullus vulgaris* S.) under rain-shelter high density staking cultivation, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 14, 160-161.

Lee, S. G., Lee, W. S., 1996, Effects of fruit-set position and number of fruits set per plant on netting, fruit quality and fruit weight in netted melon(*Cucumis melo* L. var. reticulatus), Agric. Res. Bull., Kyungpook Nat. Univ., 14, 61-65.

Lee, S. J., 2000, Effects of seed harvesting period, after-ripening days and priming treatment on germi -nation in melon(*Cucumis melo* L.) seeds, Master Diss., Milyang University.

Park, D. K., Um, Y. C., Lee, J. H., Kim, H. T., 1995, Effect of fruiting position on harvest time, yield and quality of Oriental melon in protected cultivation, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 13, 60-61.

RDA national institute of horticultural & herbal science, 2014, http://www.nihhs.go.kr.