

박사학위논문

감자에 있어서 ‘대지’ 품종과 중간  
체세포잡종과의 교잡에 의한 무름병  
및 더넉이병 저항성 품종 개발



원예학과

김 성 용

2003년 12월

박사학위논문

감자에 있어서 ‘대지’ 품종과 종간  
체세포잡종과의 교잡에 의한 무름병  
및 더뎡이병 저항성 품종 개발

Development of Varieties Resistant against Soft Rot  
and Scab through Crossing between ‘Dejima’ and  
Interspecific Somatic Hybrid in Potato



제주대학교 대학원

원예학과

김 성 용

2003년 12월

감자에 있어서 ‘대지’ 품종과 종간  
체세포잡종과의 교잡에 의한 무름병  
및 더덩이병 저항성 품종 개발

지도교수 소인섭

김성용

이 논문을 농학박사학위 논문으로 제출함

2003년 12월

김성용의 농학박사학위 논문을 인준함



심사위원장 \_\_\_\_\_

제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

위 원 \_\_\_\_\_

위 원 \_\_\_\_\_

위 원 \_\_\_\_\_

위 원 \_\_\_\_\_

제주대학교 대학원

2003년 12월

Development of Varieties Resistant against Soft Rot  
and Scab through Crossing between 'Dejima' and  
Interspecific Somatic Hybrid in Potato

Kim, Sung-Ryong  
(Supervised by Professor So, In-Sup)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF DOCTOR  
OF AGRICULTURE



2003. 12.

DEPARTMENT OF HORTICULTURE  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

Summary .....	iv
List of Tables .....	viii
List of Figures .....	xii
I. 서 언 .....	1
II. 연구사 .....	3
III. 재료 및 방법 .....	10
1. 시험재료 .....	10
2. 체세포잡종 식물체의 특성조사 .....	11
3. 체세포잡종 식물체와 BC <sub>1</sub> 계통의 임성(稔性)과 교잡율 .....	12
4. BC <sub>2</sub> 계통의 무름병 저항성 검정 .....	13
4-1. 배양계통에 대한 무름병 저항성 검정 .....	13
4-2. 무름병균 줄기 및 잎 접종에 의한 저항성 검정 .....	14
4-3. 무름병균 괴경 접종에 의한 저항성 검정 .....	14
5. BC <sub>2</sub> 계통의 더덩이병 저항성 검정 .....	15
5-1. 더덩이병균 괴경 접종에 의한 저항성 검정 .....	15
5-2. 더덩이병균 상토 및 종서 접종에 의한 저항성 검정 .....	15
5-3. 더덩이병 이병포장 재배에 의한 저항성 검정 .....	16

6. 병 저항성 계통의 형태적·유전적 특성 분석 .....	16
6-1. Flow cytometry를 이용한 배수성 검정 .....	16
6-2. 계통간 형태적 특성조사 및 유연관계 분석 .....	17
6-3. 계통간 PCR-RAPD을 이용한 유연관계 분석 .....	17
6-3-1. 계통별 DNA의 준비 .....	17
6-3-2. Random primer 검색 .....	18
6-3-3. 계통간 PCR-RAPD 분석 .....	18
7. 병 저항성 계통에 대한 농업적 특성 분석 .....	20
<b>IV. 결과 및 고찰 .....</b>	<b>21</b>
1. 체세포잡종 식물체의 특성조사 .....	21
1-1. 체세포잡종 식물체의 형태적 특성 .....	21
1-2. 배지경 양액재배시 체세포잡종 식물체의 수량성 .....	23
2. 체세포잡종 식물체와 BC <sub>1</sub> 계통의 임성(稔性)과 교잡율 .....	24
2-1. 체세포잡종 식물체의 임성과 교잡율 .....	24
2-2. BC <sub>1</sub> 계통의 임성과 교잡율 .....	26
3. BC <sub>2</sub> 계통에 대한 무름병 저항성 검정 .....	27
3-1. 배양계통의 무름병 저항성 검정 .....	27
3-1-1. 무름병균 적정농도 선발 .....	27
3-1-2. 배양계통의 무름병 저항성 검정 .....	28
3-2. 무름병균 줄기 및 잎 접촉에 의한 저항성 검정 .....	29
3-3. 무름병균 괴경 접촉에 의한 저항성 검정 .....	32

4. BC <sub>2</sub> 계통의 더뎡이병 저항성 검정 .....	36
4-1. 더뎡이병균 괴경 접종에 의한 저항성 검정 .....	36
4-2. 더뎡이병균 상토 및 종서 접종에 의한 저항성 검정 .....	41
4-3. 더뎡이병 이병포장 재배에 의한 저항성 검정 .....	43
5. 병 저항성 계통의 형태적·유전적 특성 분석 .....	46
5-1. Flow cytometry를 이용한 배수성 검정 .....	46
5-2. 계통간 형태적 특성조사 및 유연관계 분석 .....	50
5-2-1. 계통간 형태적 특성 .....	50
5-2-2. 형태적 특성에 의한 유연관계 분석 .....	54
5-3. 계통간 PCR-RAPD을 이용한 유연관계 분석 .....	56
6. 병 저항성 계통에 대한 농업적 특성 분석 .....	63
6-1. 무름병 저항성 계통의 농업적 특성 .....	63
6-2. 더뎡이병 저항성 계통의 농업적 특성 .....	69
V. 종합고찰 .....	77
VI. 적    요 .....	84
VII. 인용문헌 .....	87

## Summary

The 'Dejima' as main cultivar in Jeju has very susceptible to soft rot and potato common scab. For the breeding of soft rot and scab resistant potato, the backcross was carried out using somatic hybrid obtained out of protoplast fusion between *S. brevidens* which is not crossed with common cultivar but has diseases resistant characteristics and 'Dejima' which is not diseases resistant characteristics but has high yield and good tuber quality. The backcross progenies produced 5 resistant lines against soft rot and 10 resistant lines against potato common scab, and then carried out of morphological, genetic and agricultural trait analysis in diseases resistance lines. Results obtained in each experiment were as follows;

1. The somatic hybrid plant(6x) generally grew more vigorously and had broader leaves than 'Dejima'(4x). In morphological characteristics of somatic hybrid(6x), extension of anthocyanin coloration in stems was strong, tuber shape was very long and deformable and depth of tuber eyes was very shallow.

At the time of media hydroponics culture, the yield and the weight of the somatic hybrid were 2.7 tubers and 87g per a plant respectively, which are much lower than the 'Dejima' at control cultivar resulting 4.3 tubers and 268g per a plant at 90 days after planting. However, the yield and weight of the somatic hybrid 1024 were evidently increased to 4.2 tubers and 452g per a plant, respectively. In the characteristics of the tuber formation, somatic hybrid was late-maturing of 120 days.

2. To obtain the crossability of somatic hybrid 1024, 129 flowers of somatic hybrid as female parent were crossed with 'Dejima' as male parent, and yielded 32 percent of berry formation rate and 27 seeds per berry. In the BC<sub>1</sub> lines, 117 berries out of 220 flowers of 16 BC<sub>1</sub> lines were showed 53 percent of crossability rate, and the average seed number per a berry was 30 seeds.



3. To test soft rot resistant, 3,000 number of BC<sub>2</sub> lines were inoculated *in vitro* with optimum concentration of soft rot pathogen selected from 'Dejima' *in vitro*. 220 lines without disease symptom were screened and resistant lines with good growth characters were selected.
4. For the resistant test by inoculation onto stem and leaf with the soft rot pathogen,  $3.6 \times 10^6$  cfu/ml of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* was sprayed on needle scarred leaves and stems. As the result of soft rot resistance test for stem and leaf, the rate of resistance was 54 percent and 121 lines out of BC<sub>2</sub> 226 lines were selected for a resistance.
5. As the resistant test by inoculation onto tubers with soft rot pathogen,  $30 \mu\text{l}$  of  $4 \times 10^6$  cfu/ml of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* was inserted into the 5mm deep hole inside of half cut tuber. The result of soft rot resistance test for tubers was 49 percent of resistance and 78 lines out of BC<sub>2</sub> 159 lines were selected for a resistance.
6. Generalizing soft rot resistance tests, 121 lines had resistance on leaves and stems and 78 lines was selected for tuber resistance. Especially, only 45 lines showed resistance on all of the leaf, stem and tuber. Among the 45 lines, the 5 lines with good shape and tuber characteristics were chosen as a soft rot resistance lines finally.
7. As the result of the potato common scab resistance test by inoculation onto tubers with scab disease germ onto slide of half cut tuber, resistance lines to all of *S. scabies*, *S. turgidiscabie* and *S. acidiscabie* were 23 lines out of 143 BC<sub>2</sub> lines and resistance rate was low as below 36 percent.
8. As the result of the potato common scab resistance test by cultivation in the pot with soil of inoculated with *S. scabies*, 'Dejima' did nearly not show potato common scab disease symptom and most of all BC<sub>2</sub> lines did nearly not show potato common scab disease symptom also 'Chubeak'.

9. As the result of the potato common scab resistance test by cultivation with high incidence of the disease in the field, infection rate of 'Dejima' which is main cultivar in jeju was 61 percent and that of 'Chubeak' was 23 percent. However, 44 lines selected for a resistance to the potato common scab was low as below 10 percent. Among them lines 10 lines with good shape and tuber characteristics were chosen for a potato common scab resistance line finally.
10. The result of the polyploidy test conducted with DNA contents by flow cytometry for BC<sub>2</sub> lines including soft rot and potato common scab resistance lines showed that 39 lines out of 44 lines, 88 percent, were tetraploids, 1 line was hexaploid, and rest of them did not clear ploidy level.
11. Morphological characteristics on 12 items out of 50 items which is UPOV guideline for 15 lines selected as soft rot resistance and potato common scab resistance showed fairly different as compared to backcrossed line obtained by crossing of somatic hybrid as female parent and 'Dejima' as male parent.
12. As the result of relationship analysis using distance coefficient for morphological characteristics, 10 lines including 'Dejima' fell within the same subgroup. Somatic hybrid and 2 lines were in the same subgroup. The rest of them showed morphological traits in the middle of somatic hybrid and 'Dejima'.
13. For relationship analysis through PCR-RAPD analysis of 44 lines, 12 URP primers were tested. As the result, 5 primers which were polymorphic band among 44 lines were selected. The relationship analysis using selected primers showed that similarity coefficient lined variously 0.2 to 0.8. As the result of relationship analysis using PCR-RAPD analysis 14 lines including 'Dejima' fell within the same

subgroup. Somatic hybrid and 5 lines were in the same subgroup. The rest of them showed genetic traits in the middle of somatic hybrid and 'Dejima'.

14. The tuber characteristics examination on 15 lines raised for soft rot and scab resistance showed that all of lines except for 1 line had higher value of starch and specific gravity than 'Dejima' used control cultivar, and tuber shape was mostly round and oval, and color was white and yellow.
15. The growth and development examination after 55days and 75days since planting on the lines selected for soft rot and scab resistance showed that stem diameter was 8.7~13.4mm, plant height was 26~56 cm, number of stem was 1.3~4.3, number of ramification was 0.2~0.4, results of growth and development examination after 75 days and 55 days since planting didn't seem different.
16. The yield per 10a of soft rot resistant 5 lines at 95 days after planting showed that the greatest total yield was 5,552kg in K192-33 line and second total yield was 5,010kg in K119-35 line. Those lines were more than in 'Dajima' and 'Chubeak' of control cultivar. The marketable ratio was 79 percent in K192-33 and 71 percent in K119-35 line. In the total yield per 10a of common scab resistant 9 lines at 95 days after planting, the greatest total yield was 5,552kg in K192-33 line and second total yield was 5,152kg in K192-13 line. Those lines were more than total yield in 'Dajima' and 'Chubeak' of control cultivar. The marketable ratio was 79 percent in K192-33 and 71 percent in K192-13.

## List of Tables

Table 1. Experimental clones used for this study .....	10
Table 2. Pedigree diagram of experimental process .....	10
Table 3. International Union for the Protection of New Varieties of Plant (UPOV) test guideline for potato .....	12
Table 4. Values of $A_{540}$ corresponding with different concentrations of <i>Erwinia</i> <i>carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> .....	13
Table 5. Sequences of random primers used in this study .....	19
Table 6. PCR robot set program .....	20
Table 7. Morphological characteristics of somatic hybrid and 'Dejima' .....	22
Table 8. Comparison of tuber yield between somatic hybrid and 'Dejima' .....	24
Table 9. Crossability between somatic hybrid 1024( <i>S. brevidens</i> + 'Dejima') as female parent and 'Dejima' as male parent .....	25
Table 10. Crossability of the BC <sub>1</sub> as female parent with 'Dejima' as male parent .....	26
Table 11. Selection of optimum concentration for inoculation of <i>Erwinia</i> <i>carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> onto BC <sub>2</sub> lines by test with 'Dejima' <i>in vitro</i> .....	27
Table 12. Numbers of soft rot resistant lines by inoculation of <i>Erwinia</i> <i>carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> BC <sub>2</sub> lines <i>in vitro</i> .....	28
Table 13. Numbers of soft rot resistant lines by inoculation of <i>Erwinia</i> <i>carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> into stem and leaf of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent .....	30

Table 14. Degree of soft rot resistance and tuber shape of resistant lines as a result of examination by inoculation of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> into stem and leaf of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent .....	31
Table 15. Numbers of soft rot resistant lines by inoculation of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> into potato tuber of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent .....	33
Table 16. Degree of soft rot resistance and tuber shape of resistant lines as a result of resistive examination by inoculation of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> into potato tuber of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent .....	35
Table 17. Numbers of resistant lines after examination by inoculation of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> into potato tuber of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent .....	36
Table 18. Increased diameter of symptom of potato tissue after inoculation of <i>S. scabies</i> , <i>S. turgidiscabie</i> and <i>S. acidiscabies</i> onto tubers of 'Dejima' and 'Chubeak' .....	37
Table 19. Number of lines as increased diameter of symptom after inoculation of <i>S. scabies</i> into potato tuber of BC <sub>2</sub> lines .....	38
Table 20. Number of lines as increased diameter of symptom after inoculation of <i>S. turgidiscabies</i> into potato tuber of BC <sub>2</sub> lines .....	39
Table 21. Number of lines as increased diameter of symptom after inoculation of <i>S. acidiscabies</i> into potato tuber of BC <sub>2</sub> lines .....	40

Table 22. Degree of common scab resistance of potato tuber of BC <sub>2</sub> lines to common scab cultivated in the pot with soil inoculated <i>S. scabies</i> .....	42
Table 23. Number of common scab resistant lines of potato tuber of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent in the field with high incidence of the scab disease .....	43
Table 24. Selection of potato common scab resistant BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent in the field with high incidence of the scab disease .....	45
Table 25. Morphological characteristics of the resistant lines against soft rot in BC <sub>2</sub> lines .....	51
Table 26. Morphological characteristics of the resistant lines against potato common scab in BC <sub>2</sub> lines .....	52
Table 27. Distance matrix of 15 lines by morphologic characters .....	54
Table 28. RAPD banding patterns generated by five URP random primers with 44 BC <sub>2</sub> lines .....	56
Table 29. Matrix of genetic similarity among 42 lines, 'Dejima' and somatic hybrid by PCR-RAPD .....	60
Table 30. Tuber characteristics of the resistant lines against potato soft rot in BC <sub>2</sub> lines .....	64
Table 31. Growth and development characteristics at 55 days after sowing of soft rot resistant BC <sub>2</sub> lines .....	65
Table 32. Growth and development characteristics at 75 days after sowing of soft rot resistant BC <sub>2</sub> lines .....	66

Table 33. Yield performance at 95 days after planting in soft rot resistant lines .....	67
Table 34. Comparison of occurrence of soft rot and percent of dehiscence tuber of soft rot resistant lines in the field cultivation .....	67
Table 35. Tuber characteristics of the resistant lines against potato common scab in BC <sub>2</sub> lines .....	69
Table 36. Growth and development characteristics at 55 days after sowing of potato common scab resistant BC <sub>2</sub> lines .....	70
Table 37. Growth and development characteristics at 75 days after sowing of potato common scab resistant BC <sub>2</sub> lines .....	72
Table 38. Yield performance at 95 days after planting in potato common scab resistant lines. ....	73
Table 39. Comparison of occurrence common scab of selected scab resistant lines after field cultivation .....	74
Table 40. Comparison of percent of dehiscence tuber of selected scab resistant lines after field cultivation .....	75

## List of Figures

Fig. 1. Tuber shapes of the somatic hybrid 1024 and 'Dejima'. .....	23
Fig. 2. Seed formation by crossing between somatic hybrid 1024 and 'Dejima' in potato. ....	25
Fig. 3. Soft rot symptom of tested BC <sub>2</sub> lines by inoculation of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> in vitro. ....	28
Fig. 4. Symptoms of soft rot by inoculation of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> into stem and leaf of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent. ....	32
Fig. 5. Symptoms of soft rot by inoculation of <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> into potato tuber of BC <sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC <sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent. ....	34
Fig. 6. The pathogens used to select scab resistant lines by inoculation onto the BC <sub>2</sub> line tubers. ....	37
Fig. 7. Symptoms of potato scab by inoculation of <i>S. acidiscabies</i> into BC <sub>2</sub> line tubers. ....	38
Fig. 8. Symptoms of potato common scab after culture in the field with high incidence of the disease. ....	44
Fig. 9. DNA contents of somatic hybrid (2n=6x=72) (A) and 'Dejima' (2n=4x=48) (B) as measured by flow cytometry. ....	47
Fig. 10. DNA contents of BC <sub>2</sub> lines as measured by flow cytometry. ....	48
Fig. 11. DNA contents of 46 lines of BC <sub>2</sub> as measured by flow cytometry. ....	49



Fig. 12. Dendrogram obtained from the UPGMA cluster analysis based on average distance between clusters coefficient by using morphologic characters. ....	55
Fig. 13. RAPD profiles of 44 different lines using random primer URP05 (A), URP06 (B) and URP 08 (C). ....	58
Fig. 14. RAPD profiles of 44 different lines using random primer URP10 (D) and URP11 (E). ....	59
Fig. 15. Dendrogram obtained from the UPGMA cluster analysis based on similarity coefficient by using RAPD bands of 44 lines, 'Dejima' and somatic hybrid. ....	62
Fig. 16. Tuber morphological characteristics of the resistant BC <sub>2</sub> lines against soft rot lines. ....	68
Fig. 17. Tuber morphological characteristics of the resistant lines of potato common scab in BC <sub>2</sub> lines. ....	76



## I. 서 언

감자(Potato, *Solanum tuberosum* L.)는 남미 안데스 산맥이 원산지로서 16C경 스페인 사람에 의하여 유럽으로 전파되었고(Hawkes, 1994), 온대와 아열대 대부분 지역 160개 국가에서 재배되고 있으며(Kawchuck 등, 1996) 생산량으로 보면 옥수수, 벼, 밀, 다음으로 세계 4대 작물중 하나이다. 우리나라는 1824년(조선 순조)에 북방으로부터 도입된 것으로 기록되어 있고(오, 1996) 약 25천여 ha에 연간 60여 만톤이 생산되고 있다(농림부, 2002). 제주의 감자재배 역사는 1950~60년대 200~300ha수준에서 1980년대부터 급격히 증가하여 현재 7,000ha를 상회하고 있으며 이는 전국대비 재배면적 30%의 수준이고 생산액은 1,000억원에 이르는 중요한 소득 작목이다(김, 2000).

현재 우리나라에 발생하는 감자 병해충은 16종이며(한국식물병리학회, 1998), 이 중 감자 재배에 가장 문제가 되고 있는 병은 역병, 바이러스병, 무름병과 더불어 더덩이병으로 알려져 있다. 특히 무름병은 감자 재배시 병증이 나타나는 시기에는 이미 모든 감자에 이병 되기 쉬워 약제 방제는 매우 어려운 실정이다. 또한 감자 저장기간 중 불량한 환경하에서는 수확 후 손실이 100%에 달할 수도 있어 전 세계적인 피해액은 해마다 수억 달러에 이르고 있고, 제주에서도 봄 재배 후기 및 가을 재배기간 중 많은 피해를 주고 있다.

이와 더불어 더덩이병은 제주도 감자재배포장에 이미 감염되어 있고 지속적인 연작에 의해 더덩이병 피해가 증가하고 있다. 특히 더덩이병은 증상이 괴경에만 나타나기 때문에 생육 중에는 발생상황을 알 수 없고 토양전염균에 의해 발병함으로 방제도 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 특히, 2기작 재배를 하는 제주에서 휴면기간이 짧은 '대지' 품종이 재배되고 있는데 무름병 및 더덩이병에 약하여 새로운 병 저항성 감자품종 육성이 절실한 실정이다.

병 저항성 품종육성은 일부 야생종에 병 저항성 형질이 존재하는 것으로 알려져 있어(Austin 등, 1988) 이들 유전자를 도입하는 것이 현재 육종목표가 되고 있다. 특히, 야생종 감자 중 *S. brevidens*는 Potato leafroll virus(PLRV), Potato virus Y(PVY), Potato virus X(PVX)에 의한 바이러스 병 및 무름병에 저항성으로 알려져 있지만(Jones, 1979; Austin 등, 1988; Gibson 등, 1990) 이 야생종은 재배품종과의 교잡 불화합성으로 교잡에 의해서는 병 저항성 형질을 재배품종에 도입하기가 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 그러나 원형질체 용

합으로 만들어진 체세포잡종을 이용하면 교배가 되지 않는 야생종의 병 저항성 형질을 재배품종으로 도입할 수 있다고 보고 되었고(Watanabe 등, 1995), 또한 국내에서도 ‘대지’와 야생종 *S. brevidens*와의 원형질체 융합으로 임성을 갖고 있는 병 저항성 체세포잡종 식물체가 육성되어 재배품종과의 교잡으로 병 저항성 도입이 가능하게 되었다(An, 2000).

따라서 본 연구는 ‘대지’와 야생종 *S. brevidens*와의 원형질체 융합으로 육성된 병 저항성 중간 체세포잡종 1024를 가지고 무름병과 더덩이병 저항성 품종 육성을 목표로 1) 체세포잡종 식물체와 ‘대지’와의 교잡에 의한 BC<sub>1</sub>계통을 육성한 후 이를 다시 ‘대지’와의 여교잡을 통한 BC<sub>2</sub>계통 육성, 2) 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 무름병 및 더덩이병 저항성 검정을 통한 저항성 계통 선발, 3) 병 저항성 계통에 대한 형태적·유전적 특성분석 4) 병 저항성 계통에 대한 농업적 형질평가 등의 연구를 수행하였다.



## II. 연구사

### 1. 감자의 유전적 특성

감자는 화기구조 특성에 따라 식물학적으로 Solanaceae과, Solanum속, Petota아속으로 분류된다. 감자의 재배품종은 대부분 4배체이고 영양번식에 의하여 유지되는 작물이기 때문에 대부분의 유전자가 극도의 이형접합성으로 유전 분리가 매우 심할 뿐만 아니라 자식약세가 의외로 크게 나타난다(De Jong과 Rowe, 1971; Mendoza와 Haynes, 1974a). 또한 대부분의 재배종은 *Solanum tuberosum* Group Tuberosum에 속하는데 원래는 남미 열대 고산지역에 적응된 *S. tuberosum* Group Andigena 단일종으로부터 유래 되었기 때문에 유전적 다양성이 결여되어 있어 새로운 특성을 보유한 신품종은 매우 어렵다(Mendoza와 Haynes, 1974b).

감자 유전자원 분포는 2배체( $2n=2x=24$ ) 74%, 3배체( $2n=3x=36$ ) 4%, 4배체( $2n=4x=48$ ) 15%, 5배체( $2n=5x=60$ ) 2%, 6배체( $2n=6x=72$ )가 5%로 대부분 2배체 상태로 존재한다(Hawkes, 1994). 이러한 2배체 근연야생종에 분포되어 있는 다양한 유전자원을 4배체 재배종에 전이시켜 유전적 다양성을 넓히고, 유전자간의 상호작용을 증대시킴으로써 잡종강세를 유도할 수 있다고 하였다(Hermundstad와 Peloquin, 1985 ; Iwanaga와 Schimidiche, 1989).

일반적으로 배수성 작물에서는 배수성이 감소됨에 따라 양적형질의 발현정도가 감소될 뿐만 아니라 개화 및 임성이 저하되어 교배육종의 장애요인으로 작용한다고 하였다(Hermundstad와 Peloquin, 1985). 감자 반수체 식물의 개화율은 전체적으로 낮으나 종자친으로 이용하면 교배에 의해 종자형성이 비교적 잘 되는 반면 웅성 가임도는 크게 떨어지는 특성을 나타낸다(Van Suchutelen, 1966; Carroll와 Low, 1975, 1976). 더욱이 반수체와 근연야생종간 교잡의 경우, *S. tuberosum* 유래의 세포질과 근연야생종 유래의 핵간의 불화합성에 의한 세포질-유전자적 웅성불임성도 나타나는 것으로 보고되어 있다(Harneman과 Peloquin, 1967; Hermundstad와 Peloquin, 1985).

## 2. 감자의 병 저항성 품종육성

외국에 있어서 감자 육종 초기단계는 자연상태에서 방임된 종자를 과중하여 우수계통 선발을 하는 형태였고, 우리나라의 재래적 감자육종은 이형접합체 상태인 재배품종, 유망 계통 및 품종간의 교배를 통한 실생선발과 선발개체의 영양 번식으로 이루어져 왔다. 이후 계통육종법, 여교잡 육종법, 순환 선발법 등에 의해 많은 품종이 육성되었는데(Mackay, 1987), 미국의 경우 250여 품종이 등록되었다(Douches 등, 1996). 우리나라는 1965년부터 외국 도입품종을 모본으로 이용하여 교배육종이 이루어져 왔으나(Kim, 1995) 대면적 보급의 유용한 품종육성은 이루어지지 못했다. 현재 우리나라의 대표적인 품종인 '대지'와 '수미'는 1970년대 중반 일본과 미국에서 도입되었다. 그 후 1990년대에 '조풍'과 '남서'를 교배육종으로 육성하였으며, 최근에 교배육종에 의해 '추백'과 '추동' 등 3~4개 품종이 육성되었다.

이형접합체인 4배체 감자를 교잡을 통해 새로운 품종으로 육성하는 것은 감자의 유전적 특성으로 인해 선발과정의 시간과 노력이 매우 많이 소요된다(Bradshaw와 Mackey, 1994). 우리나라에서도 한 품종을 육성하는데 10년 이상 소요되며(김 등, 1999) 교배육종에 의하여 감자 품종육성 확률은 15만개의 실생을 검정해야 1개의 품종이 육성된다고 보고되어 있다(Abbott와 Atkin, 1987; Mackay, 1987).

이밖에도 반수체를 인위적으로 유기하여 염색체를 배가하는 방법이나(Ross, 1986; Mozafari 등, 1997), 도입하고자 하는 형질을 갖고 있는 반수체 감자의 원형질체를 융합하는 체세포융합기술(Watanabe 등, 1995, Bates와 Hasenlcampf, 1984) 등 다양한 방법이 이용되고 있으나 육종효율은 매우 낮은 것으로 알려져 있다(Abbott와 Atkin, 1987; Hawkes, 1994).

최근에는 유용유전자를 *Agrobacterium* 매개로 도입하는 형질전환 기술이 알려져(Bradshaw와 Mackey, 1994) 보편화되어 형질전환 감자품종 개발이 시도되고 있다(An 등, 1996; De Block, 1988).

병 저항성 감자품종 육성은 야생종 감자의 병 저항성 형질을 교잡을 통해 도입하는 방법으로 진행되고 있는데, 그 대표적인 것이 역병 저항성인 *S. demissum*을 이용한 사례이다. 독일에서 재배되고 있는 품종 중 대부분이 *S. demissum*으로부터 병 저항성 유전자가 도입된 품종들이며, 미국에서도 감자 재배품종 중 하나인 Kennebec도 이 야생종을 모본으로 하여 개발된 것이다

(Wastie, 1991). 현재 야생종 감자로부터 저항성 유전자를 도입한 품종 육성을 위해 국제감자연구소에서는 야생종 감자에서 새로운 저항성 인자의 탐색과 야생종 *S. phureja*로부터 역병 저항성 유전자를 도입하는 연구가 진행되고 있다(Trognitz 등, 1996).

1970년대 이후 재배종과 교배에 의해 도입될 수 없는 야생종의 우수한 형질을 도입하려는 연구가 본격적으로 행해지기 시작하면서, 세포융합은 광범위한 가능성을 지닌 분야로 발전해 왔으며 최근 학자들은 체세포잡종을 만드는데 집중되었다(Al-Atabee 등, 1990; Austin 등, 1988; Grosser 등, 1990; Haberlach 등, 1985). 특히, 야생종 감자 중 *S. brevidens*는 PLRV(Jones, 1979), PVY, PVX (Gibson 등, 1990)에 의한 바이러스병, 무름병(Austin 등, 1988)과 저온(Preisner 등, 1991)에 저항성을 가지고 있다. 따라서 여러 연구자들은 *S. brevidens*의 우수한 형질을 재배품종으로 도입하기 위해 원형질체 융합 방법을 이용하여 체세포잡종을 만들어 이를 교잡육종에 이용하고 있다. 위스콘신 대학의 Williams 등(1993)은 *S. tuberosum*과 *S. brevidens*의 원형질체 융합으로 체세포잡종 식물체를 생산하였고, 이 중 임성이 있는 것을 선발하여 교잡육종법을 통해 체세포잡종 식물체의 병 저항성 형질을 도입하여 품종육성을 시도하였고, Helgeson 등(1993)은 역병 저항성 품종육성을 위해 야생종 감자 *S. demissum*의 역병 유전자를 재배품종으로 도입하였다. 이 외에도 야생종 감자와 원형질체 융합으로 체세포잡종 식물체를 만들어 육종에 이용하려는 예는 역병 저항성 *S. circaefolium*(Mattheij 등, 1992b), *S. nigrum* (Horsman 등, 1997), *S. pinnatisectum*(Menke 등, 1996; Ward 등, 1994), 무름병 저항성인 *S. circaefolium*, 선충 저항성인 *S. circaefolium*(Mattheij와 Puite, 1992a, Mattheij 등, 1992b), *S. phureja*(Cooper 등, 1994) 내동성인 *S. commersonii* (Sherraf 등, 1991), PLRV와 PVY에 의한 바이러스병 저항성인 *Solanum tuberosum* (Novy와 Helgeson, 1994) 등 많은 연구가 진행되어 왔다.

국내에서도 Kim 등(1993) 감자 위조병 저항성인 *S. commersonii*와 ‘수미’ 반수체와의 원형질체 융합에 의해 체세포잡종 식물체를 만들어 위조병 저항성 계통 육종이 진행되고 있다. 원예연구소에서도 감자 바이러스병, 역병 및 무름병 저항성 품종육종을 위해 *S. brevidens*와 ‘대지’, *S. brevidens*와 ‘수미’ 등 원형질체 융합에 의한 체세포잡종 식물체를 만들었고(An, 2000), 이를 이용한 저항성 품종육성이 제주도농업기술원에서 수행 중에 있다.

일반적으로 여교잡 육종시 체세포잡종 식물체는 임성에 있어서 많은 문제가

있다고 보고되고 있으나 일부 체세포잡종 식물체들은 임성을 가지고 있어 육종재료로 이용되어 왔다(Austin 등, 1988; Brown 등, 1995). 이러한 불임의 원인은 유전적으로 거리가 먼 종들간의 체세포잡종 식물체 내의 핵과 세포질간의 불화합으로 인해 일부 염색체가 소실되어 일어나는 현상으로 알려졌다(Gleba와 Shlumukov, 1990). 또한 체세포잡종 식물체의 괴경은 직접 상품용으로 재배하기는 열악하여 이들 형질을 개량하고자 재배품종 감자를 화분친으로 하여 여교잡 육종법이 이용되고 있다(Yamada 등, 1998; Thieme 등, 1997).

### 3. 병 저항성 검정에 의한 계통선발

병 저항성 검정을 통한 저항성 계통선발 연구로 Austin 등(1988, 1993)은 체세포 융합을 통해 *S. brevendense*의 감자 잎말림바이러스(PLRV)에 대한 저항성을 *S. tuberosum*에 이전시켜 염색체수 조사, 화분관찰, 형태학적 관찰, 바이러스 검정실험 등의 방법으로 선발을 시도하였고, 또한, *S. tuberosum*에 *S. bulbocastanum* Dun.의 선충저항성 도입에 관한 연구를 같은 방법으로 시도하여 선발한 바가 있다. Helgeson 등(1993)은 *S. tuberosum* cv. *Russet Burbank* (2X=4n=48)와 *S. brevendense* (2X=2n=24)의 6배체 체세포 융합체에서 *Phytophthora infestans*와 *Erwinia* spp.에 의한 근부썩음병 저항성에 대한 선발을 시행하였다. An(2000)은 무름병에 저항성인 *S. brevidens*와 ‘대지’, *S. brevidens*와 ‘수미’ 등의 원형질체 융합에 의한 체세포잡종 괴경을 반으로 절단하여 무름병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*의 농도  $10^7$  cfu/ml  $20\mu$ l을 접종하여 저항성 계통을 선발한 바가 있다. Lorang 등(1994)은 감자 더듬이병의 병원성 검정을 위하여 액아를 이용하였고, Faucher 등(1992)은 소괴경을 이용하여 선발하였다. 또한 Conn 등(1991)은 감자 괴경을 자른 슬라이드 위에 Oatmeal agar 배지에서 자란 균 조각을 올려놓아 병원성을 검정하였다. Loria 등(1986)은 더듬이병 저항성과 생태연구 등을 위하여 줄기를 삼목하여 얻은 괴경의 사용 가능성을 제시하였다. 또한 田代(1999)는 멧아줄기를 이용하여 병원성 간이 검정을 하였고, 高橋(1995)는 감자 실생유묘의 잎에 접종하는 간이 방법으로 품종 저항성 검정을 하였으며, 또한 더듬이 병원균을 인공배양하여 포자 현탁액을 만들어 토양접종에 의한 저항성 검정을 하였다.



#### 4. RAPD을 이용한 계통간 유연관계 분석

PCR(Polymerase chain reaction)은 1983년 미국의 Mullis 등에 의해 고안 되었으며 DNA 증합효소로 Klenow fragment를 사용하였으나 Klenow fragment의 경우 열에 안정하지 못하여 cycle이 바뀔 때마다 증합효소를 넣어 주어야 하였으므로 크게 각광을 받지 못하다가 Saiki(1985)가 *Thermus aquaticus* (*Taq*)에서 열에 안정한 *Taq* polymerase를 분리하여 PCR에 이용하면서 급속한 발전을 가져오게 되었다. 1990년까지 PCR은 반드시 2개의 독립된 primer를 사용해야 하며, 또한 이를 인위적으로 합병하기 위해서는 반드시 template DNA의 염기서열을 알아야만 했다. 그러나 Williams 등(1991)의 임의 단일(arbitrary single) primer를 이용한 PCR방법에 의해 개체간에 변이를 보여주는 분석결과를 발표함으로써 DNA에 대한 어떤 정보도 없이 개체의 전체 게놈을 대상으로 유전변이 분석이 가능하다는 것이 제시되었고, 뒤이어 Welsh와 McClelland(1990)가 RFLP(Restriction fragment length polymorphic)분석법과 개체간의 차이를 나타낼 수 있는 지문법(finger printing)에 임의의 primer를 이용하는 PCR 분석이 가능하다고 하였고(Welsh 등, 1991), Natalia 등(1992)은 *Helicobacter pylori*에서 RAPD finger printing 으로 종간의 구분에 이용하는 등 이 기법은 여러분야에 걸쳐 급속도로 발전되어 왔다(Bloch, 1991).

RAPD(Polymerase amplified polymorphic DNA)기법은 유전적 변이 감별, 유전자 지도작성, 중간 유전자 흐름의 수준 판정, 모본의 확인 등 이용성이 다양하며(Roy 등, 1992), 옥수수, 콩, 사람 및 다수의 박테리아 계통에서 다형성이 확인 되었고(Williams 등, 1991), 양파, 땅콩, 고추, 아스파라거스, 수박, 오이, 멜론, 고구마, 토마토, 앵두, 자두 등 다수의 작물에서도 이의 이용성이 증명된 바 있다(Weeden 등, 1992).

국내의 연구동향을 보면 전(1993)은 동양종과 서양종 호박의 genomic DNA를 이용하여 6개의 random primer로 RAPD 표지를 검색한 결과 총 64개 밴드 중 11%가 동양종과 서양종에 고정되어 있었고 62.5%가 양 종에서 특이하게 나타났다고 하였다. 또한 그는 UPGMA(Unweighted Pair Group Mean Arithmetic)분석결과 중간 구분 및 품종간 유연관계 확인이 가능하다고 하였다. 박(1996) 등은 RAPD 기법을 이용하여 감자 육성계통으로 대관56호 외 9계통과 도입품종인 '수미'외 13품종 등 25품종 및 계통에 대해 유연관계를 분석하여 감자 품종육성 기초자료로 이용한 바 있다. Kang(1997) 등은 random



primer인 URP primer를 개발하였는데 이 primer는 20bp의 oligomer로서 annealing 온도를 55°C 이상에서 실시할 수 있어 재현성이 뛰어나 32종의 식물, 동물 및 미생물에 다양한 밴드양상을 보여주고 있다고 하였다.

## 5. 감자의 무름병과 더뎡이병 발생특성 및 방제

Agrios(1978)는 세계적으로 작물 수확량 감소의 30%는 식물병과 직접 또는 간접적인 관련이 있다고 보고하였다. 감자에서도 병해충은 감자를 재배하는 과정이나 저장 중에 발생하는 피해로 수량과 상품성을 떨어뜨림은 물론 씨감자를 퇴화시키는 원인이 된다.

감자 무름병(Soft rot)은 지면에 접한 잎이나 줄기가 수침상 암록색 부패를 일으키며 고온 다습하에서 급격히 병증이 확대되어 내부가 물러 썩는 병(Lim, 1999)으로 전 세계적으로 감자 재배지에서 많이 발생하는 세균병이다. 병원균은 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*와 *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*인데 이 세균은 그람음성균으로서 배추, 무, 당근, 양배추, 상추 등에 무름병을 일으키는 병원균과 동일한 것으로 알려져 있다. 무름병균은 32°C 고온(race 1)과 22~25°C 저온(race 2)이 적온인 것이 있다. 토양 중에는 4~5년 생존하며 지면에 접한 작물의 잎, 줄기 표면에 증식되어 상처가 있으면 쉽게 침입 부패시킨다. 세계적으로 큰 경제적 손실을 가져오는 중요한 병으로 (Perombelon과 Kelman, 1980) 우리나라 감자 주산지인 대관령에서 1994년 발병율이 5~15%까지 달했는데 병 발생이 해마다 증가하고 있는 추세고(Hahm, 1995), 제주도에서도 1999년 봄 재배 및 가을 재배 감자에 대한 무름병 발생은 이병정도가 심하여 큰 피해가 발생한 것으로 보고되었다(홍 등, 2000). 또한 무름병은 화학적 방제가 어려워 저항성 품종 개발이 가장 효과적인 방법이라 하였다(Lapwood 등, 1985).

감자 더뎡이병(Scab)은 지하부 괴경에 발생하여 괴경 표면에 적갈색 반점이 생기고 이것이 확대되면 담갈색에서 회갈색으로 변하면서 병반 주변부가 솟아 올라 중앙부는 오돌토돌하게 되는 병이다. 병원균은 *Streptomyces scabies*라는 그람양성균으로 토양전염성이고 토양이나 식물체의 잔재물에 살면서 계속적으로 기주식물을 침해할 수 있으며, 기주식물 없이도 땅속에서 수년동안 생존할 수 있는 것으로 알려졌다(Strand 등, 1992). 우리나라 감자 재배지 토양은 대부분 감염이 되어 있고, 병원균도 이미 3종이 동정되었다(김 등, 1998b). 또한

병원균 포자는 내구성이 강하고 토양입자, 농기구, 바람 등에 의하여 쉽게 이동하며, 동물 배설물 속에서도 생존하는 것으로 알려져 있다(박 등, 1991). 홍(2001)의 보고에 의하면 제주지역에서 재배된 감자 더덩이병 병반에서 분리된 61균주 중 3종의 *Streptomyces*균이 동정 되었으며 이들 균의 분리 비율은 *S. scabies*가 37.7%, *S. turgidiscabies*가 14.8%, *S. acidiscabies*가 18%로 나타났다고 하였다. 특히, 제주도 감자재배 토양에서 pH4인 산성에서도 생육이 가능한 *S. acidiscabies*가 분포되어 있는 것으로 최근에 보고되어 있다(김 등, 1998a; 홍, 2001).

더덩이병 방제에 관한 연구는 화학적 방제, 재배적 방제, 생물적 방제 등 다양하게 연구되고 있다. 화학적 방제에 있어서 Hooker(1990)는 감자 재배시 이병 씨감자는 사용하지 않고 산성토양에서 자라는 균에 대해서는 만코지 분말을 씨감자에 처리하여 파종하면 효과가 있다고 하였다. 차 등(1993)은 후루아지남수화제, Hide와 Read(1991)는 Oxamyl, 임 등(1990)은 트리크라마이트를 골 처리한 후 스트렙토마이신황산염·옥시테트라싸이클린수화제로 씨감자 소독시 방제효과가 있다고 하였다. 홍(2001)은 제주지역에서 토양소독 농약중 다조메입제를 10kg/10a 처리 하였을 때 방제효과가 40.5~75.9%로 가장 높았고, 항생제 계통 농약은 방제효과가 없었다고 하였다. 재배적 방제에 대한 연구에 있어서 Carr-Nkv(1989)는 토양수분은 감자품질과 더덩이병 발생에 관여한다고 하였고, 임 등(1990)은 연작 할 수록 병이 증가하고, 물이 많은 논재배가 밭재배보다 더덩이병 발생이 감소한다고 하였다. 콩과 알파파로 윤작을 하면 더덩이병이 감소하며(Rich, 1983), Hooker(1956)는 양과, 콩, 옥수수 등으로 윤작을 하면 연작토양에 비해 더덩이병 발생이 감소한다고 하였다.

또한, Rich(1983)는 저항성 품종 재배가 더덩이병 방제에 가장 효과적인 방법이라 하였다. 생물학적 방제에 있어서는 Liu 등(1995)은 *S. diastatochromogenes* 등 2종의 미생물을 이용한 억제시험 결과 효과가 있었다고 하였고, Neeno-Eckwall과 Schottel(1999)도 *Streptomyces*의 변종이 생산하는 항생물질을 이용한 생물적 방제연구를 실시하여 실내시험 결과 효과가 있는 것으로 보고하였다.

### III. 재료 및 방법

#### 1. 시험재료

본 연구에 사용된 체세포잡종은 농촌진흥청 원예연구소 원예생명공학과에서 PLRV, PVY, PVX에 의한 바이러스병, 무름병 및 저온 등에 저항성인 야생종인 *S. brevidens*(PI 218228)와 제주도의 대표적 재배품종인 ‘대지’와 원형질체 융합에 의해 육성된 체세포잡종 식물체 중 임성 및 결실율이 우수한 중간 체세포잡종 1024을 배양상태로 분양 받아 이용하였다(Table 1). 이를 모본으로 하고 ‘대지’를 화분친으로 하여 BC<sub>1</sub>계통을 육성하였고, 이를 다시 여교잡하여 BC<sub>2</sub>계통을 육성하여 연구를 수행하였다(Table 2).

Table 1. Experimental clones used for this study

Clone	Ploidy level	Characteristics
<i>S. brevidens</i> (PI218228)	2x	PLRV, PVY, PVX, soft rot and cold stress resistance, sterility
‘Dejima’ + <i>S. brevidens</i> (protoplast fusion)1024	6x	PLRV, PVY, PVX, soft rot and cold stress resistance
‘Dejima’	4x	High yield, good tuber quality

Table 2. Pedigree diagram of experimental process

Year	1997	2000	2001	2001~2003
Generation	Protoplast fusion	Seedling	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>
Pedigree	<i>Solanum brevidens</i> × ‘Dejima’	Somatic hybrids × ‘Dejima’	Generation after 1st seedling × ‘Dejima’	Disease resistance screening, Preliminary yield trial

BC<sub>2</sub>계통 증식은 BC<sub>1</sub>계통을 모본으로 하고 재배품종 ‘대지’를 화분친으로 여교잡 하여 얻은 각 과실별 종자를 각각 BC<sub>2</sub> 한 계통으로 하여 BC<sub>1</sub>계통명에 1, 2 등으로 계통명을 부여하여(BC<sub>1</sub>계통 K13에서 얻어진 BC<sub>2</sub>계통 종자를 각각 K13-1, K13-2.....등으로 계통명 부여) 3,000여 계통을 직경 2.5cm, 높이 15cm 시험관에 파종하여 배양하였다. 종자소독은 15ml 튜브에 종자를 넣고 70% 에탄올을 부어 1분간 흔든 다음 에탄올을 버리고 1.2% NaClO로 15분간 소독 후 멸균수로 행군 다음 MS배지에 파종하였다. BC<sub>1</sub>계통 증식은 발아 15일 후 계대배양하여 계통별 3주씩 증식시켜 배양계통에 대한 무름병 저항성 검정에 이용하였다.

## 2. 체세포잡종 식물체의 특성조사

여교잡에 이용할 체세포잡종 1024의 괴경을 획득하기 위하여 기내배양을 통해 묘를 증식시킨 후 줄기 삼목으로 정식묘를 만들어 스티로폼 배드에 펄라이트 배지를 넣고 흑색비닐로 멀칭 한 후 15cm×30cm 간격으로 정식하여 양액재배하였다. 양액재배에서 수확된 괴경을 하우스 포장에 20cm×70cm 간격으로 파종하여 55일 후에 체세포잡종 1024의 형태적 특성을 UPOV(1986) 조사기준 50 항목 중 12항목에 대해 조사하였다. 조사항목은 식물체의 키, 식물체의 형태, 주지의 굵기, 줄기의 안토시아닌 색소의 착색정도, 잎의 크기, 잎의 겹침정도, 잎의 안토시아닌 정도, 소엽의 병합빈도, 소엽의 안토시아닌 착색유무, 괴경모양, 괴경 눈의 깊이, 괴경육색 등이다(Table 3).

수량성 조사는 체세포잡종 1024와 ‘대지’ 품종을 양액재배 배드에 정식 한 후 90일과 120일에 주당 괴경수와 무게를 조사하였다.

## 3. 체세포잡종 식물체와 BC<sub>1</sub>계통의 임성(稔性)과 교잡율

체세포잡종 1024의 임성조사는 체세포잡종 1024를 모본으로 하고 재배품종 ‘대지’를 화분친으로 교잡을 실시한 후 수분한 꽃수에 대해 꼬투리가 형성된 수, 꼬투리당 종자수 및 결실율을 조사하였다. 또한 BC<sub>1</sub>계통들에 대한 임성 및 결실율 조사도 체세포잡종 1024와 ‘대지’와의 교잡으로 얻은 BC<sub>1</sub>계통의 각 과실별 종자를 한 계통으로 분류하여 계통별로 ‘대지’를 화분친으로 여교잡을 실시한 후 수분한 꽃수에 대해 꼬투리가 형성된 수, 꼬투리당 종자수 및 결실율을 조사하였다.

Table 3. International Union for the Protection of New Varieties of Plant (UPOV) test guideline for potato

Characteristics	Expression	Note
Plant : height	very short	1
	short	3
	medium	5
	tall	7
	very tall	9
Plant : type	stem-type	1
	intermediate type	2
	leaf-type	3
Stem : thickness of main stem	thin	3
	medium	5
	thick	7
Stem : extension of anthocyanin coloration	absent or very weak	1
	weak	3
	medium	5
	strong	7
	very strong	9
Leaf : size	very small	1
	small	3
	medium	5
	large	7
	very large	9
Leaf : silhouette	closed	3
	medium	5
	open	7
Leaf : extension of anthocyanin coloration of midrib	absent or very weak	1
	weak	3
	medium	5
	strong	7
	very strong	9
Leaflet : frequency of coalescence	low	3
	medium	5
	high	7
Leaflet : anthocyanin pigmentation of blade of young leaflets at apical rosette	absent	1
	present	9
Tuber : shape	round	1
	short-oval	2
	oval	3
	long-oval	4
	long	5
	very long	6
Tuber : depth of eyes	very shallow	1
	shallow	3
	medium	5
	deep	7
	very deep	9
Tuber : color of flesh	white	1
	cream	2
	light yellow	3
	yellow	4
	dark yellow	5

#### 4. BC<sub>2</sub>계통의 무름병 저항성 검정

##### 4-1. 배양계통의 무름병 저항성 검정

##### 4-1-1. 무름병균 적정 농도선발

무름병 저항성 검정은 감자 무름병 균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* 를 고령지농업시험장 작물과로부터 분양받아 이용하였다. 무름병균을 접종할 적정농도 선발은 재배품종인 ‘대지’ 배양묘를 대상으로 무름병균 농도를  $2.4 \times 10^3$ ,  $4.7 \times 10^4$ ,  $4.0 \times 10^5$ ,  $3.3 \times 10^6$  cfu/ml로 접종하여(Table 4) 무름병 병증이 나타나는 농도를 선발하였다. 접종방법은 각 균 농도별로 여과지를 5mm×5mm로 잘라 균을 묻혀 무균상 안에서 배양중인 ‘대지’ 배양묘 1개체당 4개의 잎에 여과지를 올려놓고 2일 간격으로 조사하여 병증이 나타나는 농도를 선발하였다.

Table 4. Values of A<sub>540</sub> corresponding with different concentrations of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

Treatment	1	2	3	4
A <sub>540</sub>	0.004	0.008	0.067	0.560
Concentration (cfu/ml)	$2.4 \times 10^3$	$4.7 \times 10^4$	$4.0 \times 10^5$	$3.3 \times 10^6$

##### 4-1-2 배양계통의 무름병 저항성 검정

여교잡으로 만들어진 BC<sub>2</sub>계통 3,000여 배양개체에 대한 무름병 저항성 검정은 ‘대지’ 배양묘를 대상으로 선발된 무름병균 접종 적정농도  $3.3 \times 10^6$  cfu/ml을 4-1-1에서와 같이 여과지를 5mm×5mm로 잘라 균을 묻혀 배양중인 3,000여 계통별 배양개체 당 4개의 잎에 올려놓아 접종하였고 2일 간격으로 병증을 조사하였다. 저항성 계통선발은 병증이 없고 생육이 양호한 계통을 선발하였다.

#### 4-2. 무름병균 줄기 및 잎 접종에 의한 저항성 검정

줄기 및 잎에 대한 무름병 저항성 검정은 3,000여 배양개체 중 무름병 저항성으로 나타난 220계통에 대해 실시하였다. 저항성 검정을 위해 배양묘를 순화시켜 직경 27cm 화분에 정식하여 각 계통별 피경을 얻었고 이를 다시 하우스 내에서 27cm 화분에 파종 55일 후 식물체 경장이 30~40cm 정도 생육시 검정을 실시하였다.

감자 무름병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*를  $3.6 \times 10^6$ cfu/ml 농도로 배양한 후 바늘을 이용하여 식물체 잎과 줄기 각 3곳에 상처를 주어 무름병균을 스프레이하여 접종하였고, 상대습도 80%와 24°C 이상 온도를 유지하기 위해 집적관을 이용하여 바닥에 물을 공급하였고 터널을 만들어 비닐멀칭을 하였다. 조사는 접종 후 2일 간격으로 병증에 따라 이병정도를 1 : 극소(잎과 줄기에 무름병 증상이 거의 없음), 3 : 소(잎과 줄기의 2/5까지 무름병 증상이 나타남), 5 : 중(잎과 줄기의 3/5까지 무름병 증상이 나타남), 7 : 심(잎과 줄기의 4/5까지 무름병 증상이 나타남), 9 : 극심(잎과 줄기 전체가 물러짐)으로 분류하여 조사 하였고, 이병정도가 3 이하를 저항성 계통으로 선발하였다.

#### 4-3. 무름병균 피경 접종에 의한 저항성 검정

피경에 대한 무름병 저항성 검정은 배양계통에 대한 무름병 저항성 검정을 통해 선발된 저항성 계통 중 피경모양이 양호한 159계통을 대상으로 실시하였다. 검정방법은 Helgeson 등(1986)의 방법을 변형하여 실시하였다. 대조구 '대지', '추백'과 검정할 계통의 피경을 1로 절단하여 절단면에 6mm 펀치로 5mm 깊이 구멍을 뚫어 각 계통별 2반복으로 감자 무름병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*  $4 \times 10^6$ cfu/ml 농도로  $30 \mu\text{l}$ 를 접종하였다. 온도 28°C, 상대습도 80%이상 암 상태로 성장상에 두었으며 접종 48시간, 72시간 후 부패정도를 조사하였다. 부패정도는 1: 극소(접종부위에 무름병 증상이 거의 없음), 3: 소(접종부위 부패직경이 1.0mm이하), 5 : 중(접종부위 부패직경이 1.1~3.0mm), 7 : 심(접종부위 부패직경이 3.1~5.0mm), 9 : 극심(접종부위 부패직경 5.0mm 이상)으로 분류하여 부패정도가 3 이하를 저항성 계통으로 선발하였다.



## 5. BC<sub>2</sub>계통의 더듬이병 저항성 검정

여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 더듬이병 저항성 검정은 3가지 방법으로 실시하였다. 첫째, 저항성 검정계통 대상으로 실내에서 더듬이병균을 피경에 접종하여 실시하였고, 둘째, 화분재배를 이용하여 재배상토 및 파종할 피경에 더듬이병균을 접종하여 실시하였으며, 셋째, 더듬이병이 오염된 포장재배에 의해 저항성 검정을 실시하였다.

### 5-1. 더듬이병균 피경 접종에 의한 저항성 검정

감자 더듬이병 병원성균인 *S. scabies*, *S. turgidiscabies*와 *S. acidiscabies*을 고령지농업시험장 작물과로부터 분양받아 검정에 이용하였다. 검정방법은 감자 더듬이병 병원성균 *S. scabies*, *S. turgidiscabies*, *S. acidiscabies*을 Oatmeal agar 배지(Oatmeal 40g/l, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 10g/l, Agar 18g/l)에서 10일 배양하여 직경 6mm 펀치로 배양된 균을 배지와 함께 절취한 후 검정할 BC<sub>2</sub> 143계통의 피경을 1/2로 절단하여 절단면에 올려 접종하였다. 접종 후 온도는 25℃, 상대습도 80% 이상 수분 유지를 위해 랩으로 완전 밀봉하여 암 상태로 생장상에 두어 접종 6일 후부터 3일 간격으로 3회 병반지름 증가를 조사하였다. 조사방법은 1차 조사시 병반지름을 측정된 후 최초 접종한 균 지름 6mm를 빼어 병반지름을 산출하였다. 2, 3차 조사도 1차 조사와 같은 방향으로 병반지름을 측정하여 같은 방법으로 산출하였다. 저항성 계통 선발은 마지막으로 조사된 병반지름에 최초 접종한 균 지름 6mm를 빼어 병반지름 증가가 1mm 이하인 계통을 저항성으로 선발하였다.

### 5-2. 더듬이병균 상토 및 종서 접종에 의한 저항성 검정

화분재배시 더듬이병 상토접종에 의한 저항성 검정은 제주도에 가장 많이 분포된 *S. scabies*를 Oatmeal agar 배지에 10일간 직경 10cm petridish 50개에 배양된 균을 멸균수 5l에 희석시켜 화분 당 50ml씩 상토에 접종하여 5-1에서 저항성이었고 생육상태가 양호한 40계통과 대조구인 '대지' 및 '추백'의 피경을 파종하였다. 상토는 원예용 상토, 화산회토양과 유기질비료를 혼합하여 조제한 후 태양열 소독을 하여 사용하였다.



과중 할 중서 접종에 의한 저항성 검정도 상토접종과 마찬가지로 균을 준비하여 괴경을 5분간 침지한 후 과중하였다. 재배관리는 하우스 내에서 상토가 마르지 않도록 하였으며 접종 60일 후 상토내 균 밀도를 조사였고 수확 후 더덩이병 이병정도, 이병율, 병반면적을 및 상품율 등을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 조사방법과 植松와 片山(1990)의 방법을 이용하여 괴경에 대해 이병정도, 이병율, 괴경당 병반면적을, 상품율 등을 전수조사 하였다.

이병율은 조사괴경수와 이병괴경수를 조사하여 백분율로 산출하였으며 이병정도는 조사괴경 표면의 병반면적율에 따라 0(괴경에 더덩이병반 없음), 1(병반면적율 0.1~5%), 2(병반면적율 5.1~10%), 3(병반면적율 10.1~20%), 4(병반면적율 20.1%이상)로 구분하였고, 병반면적율(%)=[(0n)+(1n)+(2n)+(3n)+(4n)/조사괴경수×4]×100식으로 백분율로 환산하였다. 이때 n은 더덩이병 발생 괴경수 이고 상품율은 이병정도가 0, 1인 괴경수를 전체괴경수로 나누어 백분율로 환산하였다.

### 5-3. 더덩이병 이병포장 재배에 의한 저항성 검정

더덩이병 이병포장 재배에 의한 저항성 검정은 북제주군 애월읍 상귀리 제주도농업기술원 농업연구센터 포장에서 실시하였다. 이 포장은 *S. scabies*을 접종하여 더덩이병 시험을 실시했던 포장으로 균 오염이 심한 포장이다. 5-1에서 저항성이었고 생육상태가 양호한 68계통별 20주씩 난괴법 3반복으로 배치하였고 시비량은 10a당 N : P : K = 10 : 10 : 12kg과 퇴비 1,500kg을 살포하여 재배하였다. 수확 후 조사는 각 계통별 시험구에서 100g이상 괴경에 대해 이병정도, 이병율, 괴경당 병반면적율, 상품율 등을 전수조사 하였다. 조사방법은 5-2와 같다. 저항성 계통선발은 이병정도가 1이하인 계통을 선발하였다.

## 6. 병 저항성 계통의 형태적·유전적 특성 분석

### 6-1. Flow cytometry를 이용한 배수성 검정

염색체 수준에서 각 계통별 배수성을 판별하고자 ploidy analyzer를 이용하여 핵 내의 DNA함량을 조사하였다. 분석 식물체는 하우스내 화분에서 재배중인 무름병 및 더덩이병으로 선발된 15계통을 포함한 BC<sub>2</sub> 44계통과 교잡에 이

용된 ‘대지’와 체세포잡종 1024의 신초를 이용하였다. 잎 조직을 8mm×8mm 정도로 잘라 분리용액(Partec, Germany) 0.5ml을 넣고 칼로 얇게 썰어 여과지로 여과한 다음 염색시약인 DAPI (4,6-diamidino, Partec, Germany)용액 2ml를 첨가하여 flow cytometry를 이용하여 DNA 함량을 조사하였다.

## 6-2. 계통간 형태적 특성조사 및 유연관계 분석

육성계통에 대한 형태적 특성조사는 육성된 계통 중 무름병 및 더뎡이병 저항성 계통으로 선발된 15계통의 괴경을 하우스 내 직경 27cm화분에 파종한 후 55일에 형태적 특성을 UPOV(1986) 조사기준 50항목 중 12항목에 대해 조사하였다. 조사항목은 체세포잡종 1024의 특성조사와 같다(Table 3).

12항목에 대해 조사된 형태적 형질을 수치화 하여 무름병 저항성으로 선발된 5계통, 더뎡이병 저항성으로 선발된 10계통과 ‘대지’ 및 체세포잡종 1024에 대해 Hamann(1961)의 방법으로 distance coefficient를 구하였고 이것을 바탕으로 UPGMA cluster analysis program을 이용하여 Dendrogram을 작성한 후 체세포잡종, ‘대지’ 및 저항성 계통간의 유연관계를 분석했다. 이때 사용된 통계 program은 Applied Biostatistics Inc.(미국)의 NTSYS-pc을 이용하였다.

## 6-3. 계통간 PCR-RAPD 분석을 통한 유연관계 분석

BC<sub>2</sub>계통 중 무름병과 더뎡이병 저항성 감자와 감자모양 및 생육특성이 우수한 44계통에 대해 RAPD 분석을 통해 유연관계를 밝혔다.

### 6-3-1. 계통별 DNA의 준비

DNA 추출에 사용된 감자 잎은 생장점 부근에서 가장 가까이 있는 신초를 사용하였으며 변형된 CTAB법에 의해 추출하였다(강 등, 1988; Sul과 Korban 1996). 즉 1.5ml tube에 시료 400mg을 넣고 400 $\mu$ l의 extraction buffer [200mM Tris-HCl(pH 8.0), 200mM NaCl, 30mM EDTA, 0.5% SDS] 와 proteinase K(50 $\mu$ g)을 첨가하여 1시간 동안 37 $^{\circ}$ C에서 보관한 후 플라스틱봉으로 시료를 마쇄하고 400 $\mu$ l의 2% CTAB solution [2% CTAB<sub>(w/v)</sub>, 100mM Tris-HCl(pH 8.0), 20mM EDTA(pH 8.0), 1.4M NaCl, 1% PVP MW 40,000] 을 첨가하여

잘 섞어준 후 chloroform : isoamylalcohol(24 : 1)로 추출하고 12,000rpm에서 10분동안 원심분리하여 상등액을 새로운 tube에 옮겨 0.7volume의 isopropanol을 첨가하여 실온에서 10분간 방치한 후 12,000rpm으로 원심분리에 의해 침전된 DNA을 0.1% TE buffer [1.0mM tris(pH 8.0), 0.1mM EDTA(pH 8.0)] 에 녹인 후 RNase(10mg/ml)를 첨가하여 RNA를 제거하고 1% agarose gel에서 전기영동하여 DNA확인 및 정량하여 -20℃에 보관하면서 RAPD 분석에 이용하였다.

### 6-3-2. Random primer 검색

RAPD 분석에 이용될 random primer 검색은 서린과학에서 생산되는 URP primer 1번부터 12번을 가지고 실시하였으며, 각 primer sequence는 Table 5와 같다. PCR의 기본반응 조건은 template DNA 50ng, Taq DNA polymerase (Promega) 2.5 unite, primer 200ng, 10x PCR buffer 5 $\mu$ l, dNTPs 200uM, MgCl<sub>2</sub> 3mM, 멸균수로 tube당 25 $\mu$ l의 반응액을 만들어 증폭시켰다. DNA증폭을 위한 PCR robot은 미국 MJ research사의 PTC-200를 이용하였으며 PCR을 위한 program은 Table 6과 같이 94℃에서 2분 동안 DNA를 변성시킨 후 94℃에서 45초, 55℃에서 1분, 72℃에서 1분으로 45회 반복하여 증폭하였고 마지막으로 72℃에서 DNA를 연장시킨 후 4℃에 저장하였다. 증폭산물은 1.5% agarose gel에 60V에서 2시간 정도 전개시킨 후 ethidium bromide로 염색시켜 UV에서 촬영하여 밴드패턴이 다형성을 보이는 primer를 선발하였다.

### 6-3-3. 계통간 PCR-RAPD 분석

BC<sub>2</sub>계통의 RAPD 분석을 위한 재료는 무름병 저항성 5계통, 더덩이병 저항성 10계통 및 병 저항성 계통선발을 하였던 25계통 등 42계통과 여교잡에 이용된 '대지'와 체세포잡종 1024 등 44계통에 대해 PCR-RAPD에 의한 유연관계를 분석하였다. Primer는 random primer 검색에서 밴드양상이 우수한 primer를 이용하였고, PCR 조건과 전기영동은 6-4-2와 동일한 방법으로 수행하였다. 증폭산물에 대한 전기영동 이후 촬영한 DNA 밴드사진을 바탕으로 밴드패턴을 분석하였는데 재연성이 없거나 불명확한 밴드들은 분석에서 제외한 후 뚜렷한 DNA 밴드만을 분석에 이용하였다.

먼저 polymorphic 밴드와 monomorphic 밴드로 구분하여 polymorphic 밴드

가 있으면 1, 없으면 0으로 코드화 하여 Jaccard(1908)의 방법으로 similarity coefficient를 구하였고 이것을 바탕으로 비가중 평균결합(UPGMA ; Unweighted Pair Group Mean Arithmetic)방법으로 dendrogram을 작성하여 유연관계를 밝혔다. 이때 사용된 통계 program은 Applied Biostatistics Inc.(미국)의 NTSYS-pc을 이용하였다.

Table 5. Sequences of random primers used in this study

Primer	Sequences (5' to 3')	GC content(%)	Tm(°C)
URP-1	ATCCAAGGTCCGAGACAACC	55	66.0
URP-2	CCCAGCAACTGATCGCACAC	60	67.3
URP-3	GTGTGCGATCAGTTGCTGGG	60	67.3
URP-4	AGGACTCGATAACAGGCTCC	55	66.3
URP-5	GGCAAGCTGGTGGGAGGTAC	65	71.9
URP-6	ATGTGTGCGATCAGTTGCTG	50	62.7
URP-7	GGTGAACAGTGAGATGAACC	50	62.0
URP-8	TACATCGCAAGTGACACAGG	50	62.6
URP-9	AATGTGTGGCAAGCTGGTGG	55	66.9
URP-10	GATGTGTTCTTGGAGCCTGT	50	63.7
URP-11	GGACAAGAAGAGGATGTGGA	50	64.3
URP-12	GGTTGTAGGCCGATATTGTC	50	64.3

Table 6. PCR robot set program

Step	Temperature	Time	Cycle
First denaturation	94℃	2 min	
Denaturation	94℃	45 sec	} 45 cycle
Annealing	55℃	1 min	
Extension	72℃	1 min	
Last extension	72℃	5 min	
Storage	4℃	forever	

## 7. 저항성 계통에 대한 농업적 특성 분석

병 저항성 검정을 통해 선발된 무름병 저항성 5계통, 더텡이병 저항성 10계통에 대한 괴경특성 조사는 비중, 전분함량, 괴경육색 및 괴경모양을 조사하였다. 전분함량은 각 계통별 크기가 100g 내외의 감자 10개를 골라 공기중 무게와 수중 무게를 측정하여 비중과 전분가를 구하였다. 비중은 공기중 무게(A)와 수중 무게(a)를 측정하여  $\text{비중} = A / (A - a)$  식으로 계산하였고, 전분가 산출은 비중에 따른 감자의 전분가 산출표(조재영 등, 1999)를 이용하여 전분가를 구하였다. 상품성 판단시 감자의 육색과 모양이 중요하여 포장재배 후 각 계통별 육색 및 모양을 조사하였다.

생육상황 및 수량성 조사는 2003년 9월 1일 농업기술원 상귀시험포장에 각 계통별 난괴법 3반복으로 파종하여 실시하였다. 시비량은 10a당 N : P : K = 10 : 10 : 12kg과 퇴비 1,500kg을 살포하여 재배하였다. 생육조사는 파종 55일과 75일 후에 각각 경장, 경경, 분지수, 엽수 등을 조사하였고, 수량성은 농촌진흥청 조사기준에 따라 10a당 30g이하, 31~50g, 51~80g, 81~150g, 150~250g 및 251g이상 6등급으로 나누어 등급별 수량과 총서중, 상서중 및 상서율로 구분하여 산출하였다. 상서는 80g이상, 상서율은 상서중을 총서중으로 나누어 백분율로 환산하였다. 병 발생은 무름병, 더텡이병 발생정도를 조사하였고 열개서 비율은 열 개된 괴경을 총 괴경수로 나누어 백분율로 환산하였다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 체세포잡종 식물체의 특성조사

#### 1-1. 체세포잡종 식물체의 형태적 특성

체세포잡종 1024의 형태적 특성을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 6배체 체세포잡종 1024의 형태적 특성은 재배품종인 4배체 ‘대지’보다 생육이 왕성하여 경장이 길었으며, 주지는 중간 정도의 굵기이고 안토시아닌 색소를 가지고 있었다. 잎은 재배품종인 ‘대지’보다 넓고 큰 형태였고 잎 겹침정도는 중간이었으며 안토시아닌 색소를 가지고 있었다. 소엽의 병합빈도는 낮았으며 잎맥에 안토시아닌 색소가 있었다. 이러한 결과는 체세포잡종 식물체의 줄기가 *S. brevidence*보다는 다소 약하지만 안토시아닌 색소를 가지고 있어 형태적 특성이 야생종과 재배품종인 ‘대지’와의 중간적 형태를 보였다는 An(2000)의 보고와 유사하였다.

상품성에 영향을 미치는 감자 모양, 눈의 깊이 등 체세포잡종 1024 괴경의 형태적 특성은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 대부분이 아주 길고 기형이었으며 상품용으로서 이용가치는 없었다. 반면, 여교잡시 화분친으로 이용된 ‘대지’는 괴경모양이 짧은 계란형으로 양호하였다. 눈의 깊이에 있어서 체세포잡종 1024는 ‘대지’보다 얇았다. 육색은 ‘대지’가 담황색인 반면 체세포잡종 1024는 담백색이었다. 이와 같이 식물체의 형태나 괴경모양의 기형 등 형태적인 변이의 원인은 체세포잡종 식물체의 염색체중 일부 염색체의 소실(Preisner 등, 1991), 염색체의 구조적인 재조합(Creissen과 Karp, 1985), DNA methylation 정도의 변화(Quemada 등, 1987) 그리고 point mutation (Evans와 Sharp, 1986) 때문이라고 보고하고 있다.

괴경이 완전히 성숙되는 숙기는 체세포잡종 1024가 120일 정도로 길었으며, 괴경 형성은 초반에 복지 끝에서 괴경이 형성되고 그 후 윗쪽으로 작은 괴경 3~5개가 형성되었다. 반면 교잡시 화분친으로 이용된 ‘대지’는 체세포잡종보다는 짧은 100일 정도였다.

Table 7. Morphological characteristics of somatic hybrid and ‘Dejima’<sup>z</sup>

Characteristics	Scale	‘Dejima’	Somatic hybrid
Plant : height	1-9	5 (medium)	9 (very tall)
Plant : type	1-3	2 (intermediate)	3 (leaf-type)
Stem : thickness of main stem	3-5	5 (medium)	5 (medium)
Stem : extension of anthocyanin coloration	1-9	1 (very weak)	5 (medium)
Leaf : size	1-9	5 (medium)	7 (large)
Leaf : silhouette	3-7	3 (closed)	5 (medium)
Leaf : extension of anthocyanin coloration of midrib	1-9	1 (very weak)	5 (medium)
Leaflet : frequency of coalescence	3-7	3 (low)	3 (low)
Leaflet : anthocyanin pigmentation of blade of young leaflets at apical rosette	1-9	1 (absent)	9 (present)
Tuber : shape	1-6	2 (short-oval)	6 (very long)
Tuber : depth of eyes	1-9	3 (shallow)	1 (very shallow)
Tuber : color of flesh	1-5	3 (light yellow)	2 (cream)

<sup>z</sup>Characterization of the somatic hybrid 1024 and ‘Dejima’ was based on UPOV guideline.

휴면기간은 체세포잡종 1024는 60일, ‘대지’는 50일 정도로 짧았다. 이러한 결과로 체세포잡종 1024와 대지와와의 교잡에 의해 육성된 중간 잡종은 휴면기간이 짧아 제주감자재배 작형인 2기작 재배가 가능할 것으로 판단되었다.





Fig. 1. Tuber shapes of the somatic hybrid 1024 and 'Dejima'.

### 1-2. 배지경 양액재배시 체세포잡종 식물체의 수량성

체세포잡종 1024의 수량성은 배양묘를 증식시킨 후 순화시켜 배지경 양액재배 배드에 정식 후 90일과 120일에 조사한 결과는 Table 8과 같다.

*S. brevidens*와 '대지'와의 원형질체 융합으로 만들어진 체세포잡종 1024는 정식 후 90일에는 주당 괴경수가 2.7개였고, 주당 괴경 무게도 87g으로 대조구인 '대지'의 4.3개, 268g보다 아주 적었다. 그러나 정식 후 120일에 조사한 결과를 보면 체세포잡종 1024는 주당 괴경수 4.2개, 주당 무게가 452g로 정식 후 90일에 조사한 것과 비교하여 주당 괴경수 1.5개, 무게는 365g이 증가하여 대조구인 '대지'의 1.1개, 227g 증가에 비해 괴경수 및 무게가 현저히 증가하였다. 이상의 결과는 '대지'의 숙기가 100일 정도인데 반해 체세포잡종 1024의 숙기는 120일 이상으로 만생종에 가깝다는 결론을 얻었다. 체세포잡종 1024에서 형성된 괴경은 모양이 길고 기형서(Fig. 1)로 상품성 등 농업적 이용이 불가능하였고, 따라서 제주에서 재배되고 있는 괴경모양 및 괴경특성이 양호한 '대지' 품종과의 교잡을 통해 병 저항성 형질도입 뿐만 아니라 괴경모양 등 형태적 형질개선도 가능할 것으로 판단되었다.



Table 8. Comparison of tuber yield between somatic hybrid and 'Dejima'

cultivar	90 days after planting		120 days after planting	
	Total no. of tubers/plant	Tuber yield (g/plant)	Total no. of tubers/plant	Tuber yield (g/plant)
'Dejima'(4x)	4.3a <sup>z</sup>	268a	5.4ns	479ns
Somatic hybrid 1024(6x)	2.7b	87b	4.2	452

<sup>z</sup>Mean separation by DMRT, at 5% level.

Tubers were harvested after 90 days and 120 days after transplanting of stem cutting plants to nursery bed of media hydroponics.

## 2. 체세포잡종 식물체와 BC<sub>1</sub>계통의 임성(稔性)과 교잡율

### 2-1. 체세포잡종 식물체의 임성과 교잡율

체세포잡종 식물체는 무름병 및 더덩이병에 저항성이나 괴경모양이 좋지 않아 바로 상업품종으로 재배하는데는 문제가 있다. 따라서 제주에서 많이 재배되고 있는 '대지'와의 교잡을 통해 병 저항성 형질도입과 더불어 괴경모양 등 형태적 형질개량을 위해서 지속적 교잡육종 작업이 필요하였다. 교잡육종에 있어서 체세포잡종 식물체의 임성은 아주 중요한 요인이 된다. An(2000)의 보고에 의하면 원형질체 융합에 의해 생산된 체세포잡종 식물체는 雌性和 雄性에 불임의 원인이 되어 교잡에 의한 육종이 어려운 경우가 많다고 하였다.

따라서, 체세포잡종 1024(*S. brevidens* + 'Dejima')의 임성과 교잡율을 알아보기 위하여 이를 모본으로 '대지'를 화분친으로 하여 교잡한 결과는 Table 9와 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 129개의 체세포잡종 1024의 꽃에 '대지'의 화분을 가지고 수분한 결과 평균 결실율은 32%였고 과실당 종자수가 27개로 임성을 가지고 있다. 따라서 체세포잡종 1024을 모본으로 이용하여 '대지' 품종과의 여교잡에 의한 병 저항성 형질도입이 가능하다는 결론을 얻었다. 이러한 결과는 An(2000)의 결과보다는 결실율은 2% 높았고 과당 종자수는 3개가 적었으나 대체로 비슷한 결과를 보였다.

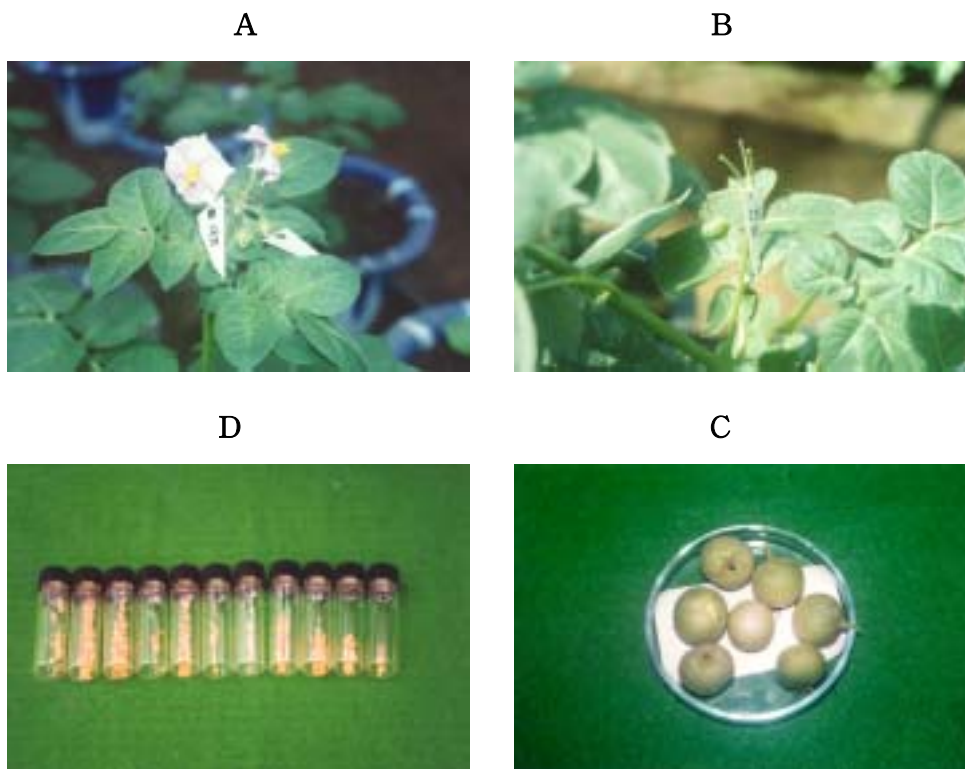


Fig. 2. Seed formation by crossing between somatic hybrid 1024 and 'Dejima' in potato. A: Artificial pollination with the 'Dejima's pollen, B: Berry formation, C: Harvested berries, D: True seeds.

Table 9. Crossability between somatic hybrid 1024(*S. brevidens*+ 'Dejima') as female parent and 'Dejima' as male parent

Cross combination	Total no. of flowers <sup>z</sup>	% of berry formation	No. of seeds per berry <sup>y</sup>
Somatic hybrid(♀) <sup>x</sup> ×'Dejima'(♂) <sup>w</sup>	129	32	27

<sup>z</sup>Flowers : Total number of pollinated flowers.

<sup>y</sup>Seeds : Average number of seeds per berry.

<sup>x</sup>Ploidy level of somatic hybrid :  $2n=6x=72$ .

<sup>w</sup>Ploidy level of 'Dejima' :  $2n=4x=48$ .

## 2-2. BC<sub>1</sub>계통의 교잡율

2-1에서 육성된 BC<sub>1</sub>계통을 각 계통으로 분류하고 이를 모본으로 하고 ‘대지’를 화분친으로 하여 여교잡을 실시한 결과는 Table 10과 같다. 전체적으로 생육 및 개화상태가 양호한 16계통 220개의 꽃 중 117개가 꼬투리를 형성하여 결실율은 53%였고, 과실당 평균 종자수는 30개였다. 가장 우수한 결실율을 보인 K90계통은 10개를 수분한 결과 8개, K192계통은 25개 중 20개의 꼬투리가 형성되어 80%로 가장 높은 반면, K48계통은 12개를 수분한 결과 1개의 꼬투리가 형성되어 8%로 매우 저조하였다(Table 10).

Table 10. Crossability of the BC<sub>1</sub> as female parent with ‘Dejima’ as male parent

BC <sub>1</sub> lines	Total no. of flowers <sup>z</sup>	Total no. of berries	No. of seeds per berry <sup>y</sup>	Ratio(%) of fructification
K13	14	9	27	65
K22	9	6	18	71
K43	13	3	16	23
K46	10	4	22	40
K48	12	1	9	8
K53	19	14	47	75
K82	18	10	32	55
K90	10	8	29	80
K119	17	13	44	76
K132	12	5	31	40
K150	18	8	40	45
K170	8	3	29	38
K179	12	5	14	42
K192	25	20	36	80
K193	9	2	16	22
K199	14	6	21	42
Total	220	117	30(Mean)	53(Mean)

<sup>z</sup>Flowers : Total number of pollinated flowers.

<sup>y</sup>Seeds : Average number of seeds per berry.

과실 당 평균 종자수는 9개에서 47개로 다양하게 나타났다. 가장 종자수가 많은 K53계통은 과실 당 47개의 종자가 형성된 반면 결실율이 가장 적었던 K48계통은 과실 당 종자수가 9개로 가장 적었다. 이러한 계통간의 차이는 유전적 원인에 의한 경우도 있겠지만 식물체의 생육상태가 양호한 계통은 과실의 크기가 크고 종자수도 많은 반면 생육상태가 불량한 계통은 종자의 크기가 작고 종자수도 적은 결과로 보아 생육상태가 원인이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

### 3. BC<sub>2</sub>계통의 무름병 저항성 검정

#### 3-1. 배양계통의 무름병 저항성 검정

##### 3-1-1. 무름병균 적정 농도선발

BC<sub>1</sub>계통을 모본으로 ‘대지’를 화분친으로 한 여교잡으로 만들어진 BC<sub>2</sub> 배양계통에 대한 무름병 저항성 검정을 하기 위한 무름병균 적정 접종농도를 규명하기 위해 배양중인 ‘대지’ 배양묘를 대상으로 농도선발을 한 결과는 Table 11과 같다. 접종 후 2일까지는 모든 처리구에서 무름병 증상이 나타나지 않았지만 접종 4일 후에 3.3×10<sup>6</sup>cfu/ml 농도를 접종한 처리구에서 무름병 증상이 나타났고, 접종 6일 후에는 식물체가 고사하였다. 따라서 배양계통에 대한 무름병 저항성 검정시 접종할 적정 무름병균 농도는 3.3×10<sup>6</sup>cfu/ml로 선발하였다.

Table 11. Selection of optimum concentration for inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* onto BC<sub>2</sub> lines by test with ‘Dejima’ *in vitro*

Treatment	1	2	3	4
Concentration (cfu/ml)	2.4×10 <sup>3</sup>	4.7×10 <sup>4</sup>	4.0×10 <sup>5</sup>	3.3×10 <sup>6</sup>
DR <sup>z</sup>	-	-	-	+

<sup>z</sup>Disease reaction was infection(+) and non-infection(-).

### 3-1-2 배양계통의 무름병 저항성 검정

BC<sub>2</sub> 3,000여 계통의 종자를 기내에 파종하여 증식된 배양묘를 대상으로 무름병 저항성 검정을 실시한 결과는 Table 12와 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 3.3×10<sup>6</sup>cfu/ml 농도로 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*를 접종한 후 2일째부터 감수성인 계통은 무름병 증상이 보였고 심한 것은 접종 6일 후 고사하는 계통들이 나타났다. 3,000계통 중 생존은 하였으나 작은 병증이 있는 계통과 생육상태가 불량한 계통들을 제외한 결과 220계통이 병증이 없고 생육상태가 양호하여 저항성 계통으로 선발하였다.

선발된 저항성 220계통은 배양단계에서 아주 강한 저항성을 보여 줄기, 잎 및 괴경에 대한 무름병 저항성 검정을 통해 저항성 품종육성이 가능 할 것으로 판단되었다.

Table 12. Numbers of soft rot resistant lines by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* BC<sub>2</sub> lines *in vitro*

Total no. of lines tested	Concentration of inoculation with bacteria	No. of resistant lines	Days of first symptom	Days of dead
3,000	3.3×10 <sup>6</sup> cfu/ml	220	2	6



Fig. 3. Soft rot symptom of tested BC<sub>2</sub> lines by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* *in vitro* (left:resistant, right:susceptible).

### 3-2. 무름병균 줄기 및 잎 접종에 의한 저항성 검정

감자 재배시 무름병 병증은 상대습도가 높고 기온이 25℃ 이상 고온이 지속될 때 줄기 및 잎에 많이 발병한다. 따라서 줄기 및 잎에 대한 무름병 저항성 검정시 상대습도와 온도가 저항성 계통 선발에 있어서 대단히 중요하다. BC<sub>1</sub> 11계통을 모본으로 하고 ‘대지’를 화분친으로 하여 여교잡 결과 육성된 BC<sub>2</sub> 220계통을 대상으로 줄기 및 잎에 3.6×10<sup>6</sup>cfu/ml 농도로 무름병균을 접종하여 저항성 검정을 실시한 결과는 Table 13과 같다. BC<sub>1</sub>계통별로 육성된 BC<sub>2</sub>계통들은 접종 3일 후에는 대부분 계통이 무름병 증상은 적었으나 감수성인 계통은 접종 5일 후부터 증상이 심하게 나타났고 접종 7일 후에는 심한 계통은 일부 고사하였다(Fig. 4). 특히, 대조구인 ‘대지’는 접종 3일 후부터 무름병 증상이 나타났고 6일 후에는 일부 고사하였다. 반면 무름병 저항성 계통들은 병 증상이 거의 없었고, 일부 접종 초기에 증상이 있던 계통도 시간이 지니면서 더 이상 병반 증가는 없었다.

BC<sub>1</sub> K13계통과 ‘대지’와의 여교잡으로 만들어진 BC<sub>2</sub> 16계통 중 9계통은 접종 후 무름병 증상이 거의 없어 저항성 계통으로 선발이 되었고 5계통은 무름병에 대한 저항성 정도가 보통 이었다. 반면 2계통은 무름병 증상이 심하게 나타났다. 계통수가 가장 많은 BC<sub>1</sub> K53계통에서 육성된 BC<sub>2</sub> 48계통 중 28계통이 저항성으로 선발되었고, 가장 높은 저항성을 보인 것은 BC<sub>1</sub> K48과 여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub> 5계통 중 4계통이 저항성으로 나타나 80%의 높은 저항성을 보였다. 전체적으로 BC<sub>2</sub> 220계통 중 118계통을 저항성으로 선발되어, 54%의 저항성을 보였다

Watanabe 등(1995)은 저항성 계통과 감수성 계통간의 상호 교배를 했을 때 각기 다양한 저항성이 보여지는데 이는 male의 인자형에 대한 female의 상호 작용과 조합 능력의 차이에 따른 것이라고 보고하고 있다.

따라서 이러한 결과는 무름병에 저항성인 체세포잡종 식물체의 무름병 저항성 형질이 ‘대지’와의 여교잡에 의해 도입된 계통들은 저항성을 보인 반면 감수성 계통들은 형질도입이 안되어 ‘대지’와 같이 감수성을 보이는 것으로 사료되었고, BC<sub>2</sub>계통들이 다양한 저항성 또는 감수성으로 나타난 것으로 볼 때 무름병 저항성 유전자의 표현형은 여러 유전자가 관련되어 표현되는 복잡한 기작에 의한 것으로 판단되었다.

Table 13. Numbers of soft rot resistant lines by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* into stem and leaf of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent

BC <sub>1</sub> lines	No. of BC <sub>2</sub> lines	Number of lines			No. of resistant lines	No. of susceptible lines
		R <sup>y</sup>	M <sup>x</sup>	S <sup>w</sup>		
K13	16	9	5	2	9	2
K46	10	6	3	1	6	1
K48	5	4	0	1	4	1
K53	48	28	13	7	28	7
K82	16	7	5	4	7	4
K90	3	2	1	0	2	0
K119	41	19	11	11	19	11
K132	11	8	2	1	8	1
K150	16	6	3	7	6	7
K192	32	19	9	4	19	4
K193	22	10	7	5	10	5
Total	220	118	59	43	118	43

R<sup>y</sup> indicates resistant lines (the level of severity was 1.0~3.0); M<sup>x</sup> indicates moderate lines (the level of severity was 3.1~5.0) and S<sup>w</sup> indicates susceptible lines (the level of severity was 5.1~9.0).

저항성 계통으로 선발된 BC<sub>2</sub> 118계통 중 상품적 가치가 없는 괴경모양을 갖는 계통들이 있는 반면 괴경모양이 원형 및 짧은 계란형으로 우수한 계통 등 다양하게 분포되었다. 무름병 저항성 품종육성을 위해서는 병 저항성 형질 뿐만 아니라 상품적 가치가 있는 괴경모양을 가지고 있는 계통을 선발하는 것

이 중요하여 이러한 형질을 가지고 있는 BC<sub>2</sub> 10계통에 대한 병 저항성 정도 및 괴경모양 특성은 Table 14와 같다.

Table 14. Degree of soft rot resistance and tuber shape of resistant lines as a result of examination by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* into stem and leaf of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent

BC <sub>2</sub> lines	Level of severity <sup>z</sup>						Tuber shape <sup>y</sup>
	3 days after inoculation		5 days after inoculation		7 days after inoculation		
	leaf	stem	leaf	stem	leaf	stem	
'Dejima'	3.2	2.2	5.8	4.6	7.1	6.8	short-oval
K82-23	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	short-oval
K90-11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	round
K119-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	short-oval
K119-35	1.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	round
K119-39	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	short-oval
K150-36	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	round
K192-9	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	round
K192-33	1.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	round
K192-37	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	3.0	round
K192-38	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	round

<sup>z</sup>1 : very little, 3 : little, 5 : moderate, 7 : serious, 9 : very serious.

<sup>y</sup>Morphological characteristics of tuber shape.

선발된 모든 계통에서 접종 3일 후 더듬이병 증상은 거의 나타나지 않았고 특히 K90-11계통과 K119-2계통은 접종 7일 후에도 무름병 증상이 나타나지 않아 아주 강한 저항성을 보였으며 나머지 계통들도 대부분 무름병 증상이 없



었고 일부 잎과 줄기에 병증이 보였으나 접종 7일 이후 더 이상 병반 증가는 없었다. 감자 모양에 있어서 짧은 계란형인 K82-23, K119-2 및 K119-39계통과 둥근형인 나머지 계통들은 생육 및 수량성 등 농업적 형질평가를 통해 무름병 저항성 품종으로 육성이 가능할 것으로 판단되었다.



Fig. 4. Symptoms of soft rot by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* into stem and leaf of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with ‘Dejima’ as male parent(left : resistant, right : susceptible).

### 3-3. 무름병균 괴경 접종에 의한 저항성 검정

BC<sub>1</sub> 9계통을 모본으로 하고 ‘대지’를 화분친으로 하여 여교잡 결과 육성된 BC<sub>2</sub> 159계통을 대상으로 괴경에 무름병균 4.0×10<sup>6</sup>cfu/ml 농도로 30μl를 접종하여 검정한 결과는 Table 15와 같다.

BC<sub>1</sub>계통별로 육성된 BC<sub>2</sub>계통들은 무름병균 접종 48시간 후부터 무름병 저항성 계통들은 병 증상이 없었으나 감수성인 계통들은 접종부위를 중심으로 증상이 나타났고 72시간 후에는 일부 계통은 부패되었다(Fig. 5). 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’은 접종 48시간 후부터 무름병 증상이 심하게 나타났고 접종 72시간 후에는 접종 부분을 중심으로 심하게 부패되었다.

BC<sub>1</sub> K13계통과 ‘대지’와의 여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub> 15계통 중 4계통은 무름병 증상이 거의 없어 저항성으로 선발하였고, 2계통은 중간 정도의 저항성을 보였고, 9계통은 무름병 증상이 심하게 나타나 감수성으로 나타났다. 특히 BC<sub>1</sub> K179계통과 ‘대지’와의 여교잡으로 만들어진 BC<sub>2</sub> 3계통 모두 무름병에 현저한

저항성을 보인 반면 BC<sub>1</sub> K199계통에서 육성된 BC<sub>2</sub> 3계통은 저항성 계통이 없어 여교잡 모본으로 이용된 BC<sub>1</sub>계통에 따라 BC<sub>2</sub>계통의 저항성 정도가 다르게 나타나는 것으로 사료되었다. 여교잡 모본으로 이용된 BC<sub>1</sub>계통 중 K82, K90, K119, K179계통을 모본으로 육성된 BC<sub>2</sub>계통들 저항성계통이 많은 반면 나머지 계통들은 이들 계통에 비해 적었다. 전체적으로 BC<sub>2</sub> 159계통 중 49%인 78계통을 저항성 계통으로 선발하였다.

Table 15. Numbers of soft rot resistant lines by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* into potato tuber of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent

BC <sub>1</sub> lines	No. of BC <sub>2</sub> lines	Number of lines			No. of resistant lines	No. of susceptible lines
		R <sup>y</sup>	M <sup>x</sup>	S <sup>w</sup>		
K13	15	4	2	9	4	9
K53	20	6	2	12	6	12
K82	25	14	0	11	14	11
K90	3	2	0	1	2	1
K119	36	23	3	10	23	10
K150	16	8	3	5	8	5
K179	3	3	0	0	3	0
K192	38	18	5	15	18	15
K199	3	0	1	2	0	2
Total	159	78	16	65	78	65

R<sup>y</sup> indicates resistant lines (the level of severity was 1.0~3.0); M<sup>x</sup> indicates moderate lines (the level of severity was 3.1~5.0) and S<sup>w</sup> indicates susceptible lines (the level of severity was 5.1~9.0).

이러한 결과를 줄기 및 잎 접종에 의한 저항성 검정 결과와 비교해 보면 줄기 및 잎에 대한 저항성 검정에서는 저항성을 보인 계통 중 일부가 괴경에 대한 저항성 검정에서는 감수성을 보였다. 이는 줄기와 잎의 무름병에 대한 방어기작과 괴경이 무름병에 대한 방어기작이 상호 다른 것으로 사료되었다.

An(2000)의 보고에 의하면 야생종 *Solanum brevidens*와 ‘대지’와의 원형질체 융합으로 만들어진 체세포잡종 식물체의 괴경은 재배품종인 ‘대지’와 ‘수미’에 비해 무름병에 저항성을 가지고 있다고 하였다. 따라서 체세포잡종과 ‘대지’와의 여교잡에 의해 만들어진 BC<sub>2</sub>계통 중 야생종의 무름병 저항성 형질이 교잡에 의해 도입된 계통은 저항성을 보이는 것으로 판단되었다.



Fig. 5. Symptoms of soft rot by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* into potato tuber of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with ‘Dejima’ as male parent.

괴경에 대한 무름병 저항성 형질뿐만 아니라 상품적 가치가 있는 괴경모양을 가지고 있는 BC<sub>2</sub> 12계통에 대한 병 저항성 정도 및 괴경모양은 Table 16과 같다. 선발된 12계통은 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’이 접종 72시간 후에 심한 부패가 된 반면 이들 계통은 접종 96시간 후에도 무름병 이병정도가 1.0이하로 아주 강한 저항성을 가지고 있었고 또한 괴경모양은 둥근형, 짧은계란형 및 계란형으로서 상품적 가치가 높아 생육 및 수량성 등 농업적 형질평가를 통해 무름병 저항성 품종으로 육성이 가능 할 것으로 판단되었다.

Table 16. Degree of soft rot resistance and tuber shape of resistant lines as a result of resistive examination by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* into potato tuber of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent

Lines	Level of severity <sup>z</sup>			Tuber shape <sup>y</sup>
	48h after inoculation	72h after inoculation	96h after inoculation <sup>1</sup>	
'Dejima'	7.0	9.0	9.0	short-oval
'Chubeak'	7.0	9.0	9.0	round
K82-23	1.0	1.0	1.0	oval
K82-24	1.0	1.0	1.0	oval
K82-34	1.0	1.0	1.0	short-oval
K90-11	1.0	1.0	1.0	round
K119-21	1.0	1.0	1.0	short-oval
K119-35	1.0	1.0	1.0	round
K119-39	1.0	1.0	1.0	short-oval
K192-7	1.0	1.0	1.0	round
K150-36	1.0	1.0	1.0	round
K192-9	1.0	1.0	1.0	round
K192-33	1.0	1.0	1.0	round
K192-14	1.0	1.0	1.0	round

<sup>z</sup>1 : very little, 3 : little, 5 : moderate, 7 : serious, 9 : very serious..

<sup>y</sup>Morphological characteristics of tuber shape.

BC<sub>1</sub>계통과 '대지'와의 여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 무름병 저항성 검정 결과를 종합하면 Table 17과 같다. 220계통 중 줄기 및 잎에 저항성 121계통, 괴경에 저항성 78계통이 선발되었다. 특히, 이 중 45계통은 줄기, 잎 및 괴경 모두에서 저항성 계통으로 나타났다.

Table 17. Numbers of resistant lines after examination by inoculation of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* into potato tuber of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent

Total no. of BC <sub>2</sub> lines	No. of resistant lines in stem, leaf and tuber	No. of resistant lines in tuber	No. of resistant lines in stem and leaf
159	45	78	121

이들 중에 생육상태 및 괴경모양과 육색 등 괴경특성이 양호한 K82-23, K90-11, K119-35, K150-36, K192-33 등 5계통을 무름병 저항성 계통으로 최종 선발하였다.

#### 4. BC<sub>2</sub>계통의 더뎡이병 저항성 검정

##### 4-1. 더뎡이병균 괴경 접종에 의한 저항성 검정

BC<sub>1</sub>계통을 모본으로 '대지'를 화분친으로 한 여교잡결과 만들어진 BC<sub>2</sub> 계통의 괴경에 더뎡이병 병원성균 *S. scabies*, *S. turgidiscabie* 및 *S. acidiscabies* (Fig. 6)를 괴경에 직접 접종하여 저항성 검정을 한 결과 저항성 검정시 대조구로 이용한 '대지'와 '추백'에 대해 제주지역에 가장 많이 분포되어 있는 *S. scabies*을 접종한 결과 Table 18과 같이 병반지름 증가는 '대지'인 경우 접종 6일 후 2.9mm였고 접종 9일 후에는 4.2mm로 증가한 후 더 이상 병반 증가는 없었다. '추백'인 경우 접종 9일 후 병반지름 증가가 2.9mm로 '대지'의 4.2mm보다 1.3mm가 낮아 '대지'보다 저항성으로 나타났다. *S. turgidiscabies*을 접종한 결과 '대지'와 '추백'의 병반지름 증가는 3.7mm와 3.5mm로 나타났다. 반면 *S. acidiscabies*을 접종한 저항성 검정 결과는 접종 9일 후 병반지름 증가는 '추백'이 3.2mm인데 반해 '대지'는 2.6mm로 '추백'보다 0.6mm가 적어 '추백'보다 약간 저항성으로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 제주에서 재배되고 있는 '대지'와 '추백'은 균 접종 결과 병반지름 증가가 2.0mm이상 되어 더뎡이병에 감수성으로 나타났고, *S. scabies*가 가장 많이 분포되어 있는 제주의 감자 재배시 '대지'가 '추백'보다 더뎡이병 발생이 많은 것으로 판단되었다.

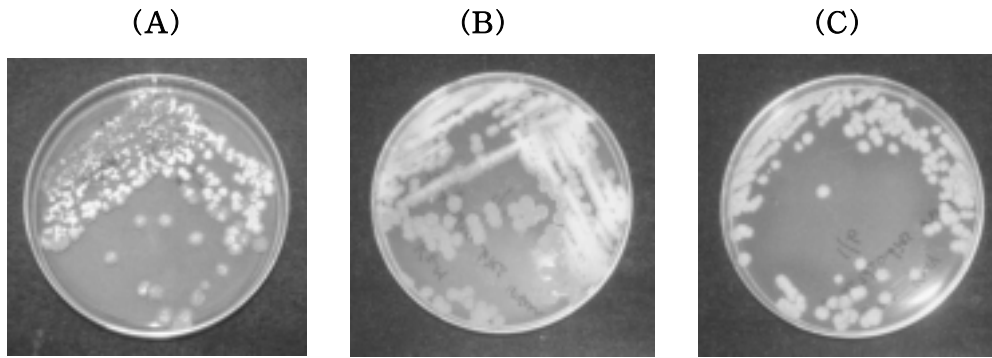


Fig 6. The pathogens used to select scab resistant lines by inoculation onto the BC<sub>2</sub> line tubers.(A): *S. acidiscabies*, (B): *S. turgidiscabies*, (C): *S. acidiscabies*.

Table 18. Increased diameter of symptom of potato tissue after inoculation of *S. scabies*, *S. turgidiscabie* and *S. acidiscabies* onto tubers of 'Dejima' and 'Chubeak'

Species	Cultivars	Increased diameter of symptom(mm)		
		6 days after inoculation	9 days after inoculation	12 days after inoculation
<i>S. scabies</i>	'Dejima'	2.9 <sup>z</sup>	4.2	4.2
	'Chubeak'	2.7	2.9	2.9
<i>S. turgidiscabies</i>	'Dejima'	3.2	3.7	3.7
	'Chubeak'	3.3	3.5	3.5
<i>S. acidiscabies</i>	'Dejima'	2.2	2.6	2.6
	'Chubeak'	2.9	3.2	3.2

<sup>z</sup>Diameter of symptom measured 12 days after inoculation - Diameter of *S. scabies* slice onto the tuber for inoculation.

BC<sub>1</sub>계통과 '대지'와의 여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 더덩이평균 *S. scabies*를 괴경에 접종하여 검정한 결과는 Table 19와 같다. BC<sub>2</sub> 143계통 중 접종 6일 후에 병반지름 증가가 2.0mm이하인 60계통이 저항성을 보였으나 접종 12일 후에는 전체 검정 괴경수의 36%인 51계통이 저항성으로 나타났다.

Table 19. Number of lines as increased diameter of symptom after inoculation of *S. scabies* into potato tuber of BC<sub>2</sub> lines

Investigation time	Number of B <sub>2</sub> lines			No. of resistant lines	Resistant frequency (%)
	R <sup>y</sup>	M <sup>x</sup>	S <sup>w</sup>		
6 days after inoculation	60	51	32	60	42
9 days after inoculation	51	58	34	51	36
12 days after inoculation	51	58	34	51	36

Increased diameter of symptom was diameter of symptom measured 12 days after inoculation - diameter of *S. scabies* slice onto the tuber for inoculation.

R<sup>y</sup> indicates resistant lines (the increased diameter of symptom was 0.0~2.0mm); M<sup>x</sup> indicates moderate lines (the increased diameter of symptom was 2.1~4.0mm) and S<sup>w</sup> indicates susceptible lines (the increased diameter of symptom was 4.1~6.0mm).



Fig. 7. Symptoms of potato scab by inoculation of *S. acidiscabies* into BC<sub>2</sub> line tubers.



접종 12일 후 병반지름이 2.1~4.0mm사이로 증가한 58계통은 저항성 정도가 보통이었으며, 감수성인 계통은 34계통으로 나타났다.

BC<sub>1</sub>계통과 ‘대지’와의 여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 더뎡이병균 *S. turgidiscabies*를 괴경에 접종하여 검정한 결과는 Table 20과 같다. BC<sub>2</sub> 143계통 중 접종 6일 후에 병반지름 증가가 2.0mm이하인 52계통이 저항성을 보였으나 접종 9일 후에는 전체 검정 괴경수의 24%인 34계통으로 저항성 계통이 현저하게 감소하였고 접종 12일 후 조사에서는 더 이상 저항성 계통의 감소는 없었다. 병반지름이 2.1~4.0mm사이로 증가한 48계통은 저항성 정도가 보통이었으며, 감수성인 계통은 61계통으로 나타났다. 저항성으로 선발된 계통들은 더뎡이병균을 상토 및 과중중서 접종에 의한 저항성 검정과 더뎡이병 오염토양 재배에 의한 저항성 검정을 실시하였다.

Table 20. Number of lines as increased diameter of symptom after inoculation of *S. turgidiscabies* into potato tuber of BC<sub>2</sub> lines

Investigation time	Number of B <sub>2</sub> lines			No. of resistant lines	Resistant frequency (%)
	R <sup>y</sup>	M <sup>x</sup>	S <sup>w</sup>		
6 days after inoculation	52	59	32	52	36
9 days after inoculation	34	49	60	34	24
12 days after inoculation	34	48	61	34	24

Increased diameter of symptom was diameter of symptom measured 12 days after inoculation - diameter of *S. scabies* slice onto the tuber for inoculation.

R<sup>y</sup> indicates resistant lines (the increased diameter of symptom was 0.0~2.0mm); M<sup>x</sup> indicates moderate lines (the increased diameter of symptom was 2.1~4.0mm) and S<sup>w</sup> indicates susceptible lines (the increased diameter of symptom was 4.1~6.0mm).



BC<sub>1</sub>계통과 ‘대지’와의 여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 더덩이병균 *S. acidiscabies*를 괴경에 접종하여 검정한 결과는 Table 21과 Fig. 7과 같다.

BC<sub>2</sub> 143계통 중 병반지름 증가가 2.0mm이하인 저항성 계통은 전체 괴경수의 20%인 29계통이었으며 44계통은 저항성 정도가 보통이었다. 반면 감수성인 계통은 70계통으로 나타나 *S. scabies*와 *S. turgidiscabies* 접종시보다 많았다. 특히 제주에서 pH4 정도의 산성토양에서도 생육이 가능한 *S. acidiscabies*가 보고되어(김 등, 1998), 앞으로 *S. acidiscabies*에 의한 감자 더덩이병 발생면적 증가가 예상되어 *S. acidiscabies*에 저항성 품종육성은 토양이 산성인 제주 감자재배에 있어서 중요한 과제로 판단되었다. 선발된 계통들은 더덩이병균을 상토 및 과중중서 접종에 의한 저항성 검정과 더덩이병 오염토양 재배에 의한 저항성 검정을 실시하였다.

BC<sub>2</sub>계통 괴경에 더덩이병 병원성균 접종에 의한 저항성 검정 결과를 종합해 보면 3종의 더덩이병균 모두에 저항성인 계통은 23계통이었으며 나머지 46계통은 2종의 더덩이병균 또는 1종의 더덩이병균에 저항성으로 나타났다.

Table 21. Number of lines as increased diameter of symptom after inoculation of *S. acidiscabies* into potato tuber of BC<sub>2</sub> lines

Investigation time	Number of B <sub>2</sub> lines			No. of resistant lines	Resistant frequency (%)
	R <sup>y</sup>	M <sup>x</sup>	S <sup>w</sup>		
6 days after inoculation	45	58	40	45	31
9 days after inoculation	29	45	69	29	20
12 days after inoculation	29	44	70	29	20

Increased diameter of symptom was diameter of symptom measured 12 days after inoculation - diameter of *S. scabies* slice onto the tuber for inoculation.

R<sup>y</sup> indicates resistant lines (the increased diameter of symptom was 0.0~2.0mm); M<sup>x</sup> indicates moderate lines (the increased diameter of symptom was 2.1~4.0mm) and S<sup>w</sup> indicates susceptible lines (the increased diameter of symptom was 4.1~6.0mm).

#### 4-2. 더듬이병균 상토 및 종서 접종에 의한 저항성 검정

제주도 감자재배시 더듬이병 발생포장에서 가장 많이 분포된 더듬이병균 *S. scabies*를 하우스내 화분 재배시 재배용 상토에 접종하여 검정한 BC<sub>2</sub> 40계통 중 저항성 계통으로 선발된 계통과 더듬이병이 발생한 계통에 대한 결과는 Table 22와 같다.

대조구로 이용된 ‘대지’와 ‘추백’ 및 BC<sub>2</sub> 40계통을 상토접종 결과는 전체적으로 더듬이병 발생이 적었으며 대조구인 ‘대지’는 이병율 28%, 병반면적율 38%, 상품율이 72%였고 ‘추백’은 이병율 6%, 병반면적율 14%, 상품율 94%로 나타났다. BC<sub>2</sub> 40계통 중 K82-23, K82-24, K179-4계통이 대조구인 ‘추백’보다 이병율과 병반면적율이 높았고 상품율은 낮았다. 그러나 나머지 37계통은 더듬이병 병증이 거의 나타나지 않았다.

이러한 결과는 재배 후 상토의 *S. scabies* 농도가  $1.5 \times 10^6$  cfu/ml이었고 이러한 농도는 더듬이병 오염토양과는 달리 균을 상토에 접종했을 때 상토내의 균 밀도가 낮아 더듬이병 발생이 적었기 때문으로 판단되었다.

더듬이병균 *S. scabies*에 과종할 종서를 침지한 후 멸균된 상토에 과종하여 검정한 결과는 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’를 비롯한 모든 검정계통에서 더듬이병 병증이 거의 나타나지 않았다. BC<sub>2</sub> 40계통 중 더듬이병 상토접종 검정에서 더듬이병 병증이 있었던 K82-24, K179-4계통이 약간의 더듬이병 병증이 있었으나 상품율은 100%로 나타났다.

이러한 결과는 과종시 종서에 접종된 더듬이병균이 재배기간동안 더듬이병 균 밀도가 더듬이병이 발생될 수 있는 밀도까지 자라지 못한 결과로 사료되며 이러한 방법으로는 저항성 계통을 선발할 수 없다고 판단되었다.

Table 22. Degree of common scab resistance of potato tuber of BC<sub>2</sub> lines to common scab cultivated in the pot with soil inoculated *S. scabies*

BC <sub>2</sub> line	Level of severity <sup>z</sup>	Rate of infected tuber(%) <sup>a</sup>	Infection area per tuber(%) <sup>y</sup>	Marketable tubers(%) <sup>x</sup>
'Dejima'	1.8	28	38	72
'Chubeak'	0.5	6	14	94
K13-8	0	0	0	100
K82-23	0.6	6	14	94
K82-24	0.5	9	9	91
K90-11	0	0	0	100
K119-7	0	0	0	100
K119-20	0	0	0	100
K119-43	0	0	0	100
K119-48	0	0	0	100
K150-28	0	0	0	100
K179-4	1.2	28	21	72
K192-13	0.2	2	7	100
K192-14	0.2	1	9	100
K192-16	0	0	0	100
K192-33	0	0	0	100
K192-36	0	0	0	100
K193-23	0	0	0	100
K193-41	0	0	0	100
K193-98	0	0	0	100

<sup>z</sup>Level of severity to common scab was 0 : no symptoms of common scab, 1 : little, 2 : moderate, 3 : serious , 4 : very serious.

<sup>a</sup>Rate of infected tuber(%) = infected tuber/total tuber×100

<sup>y</sup>Infection area per tuber(%) = [(0n)+(1n)+(2n)+(3n)+(4n)/number of total investigated tubers×4]×100, n=number of scab infected tubers.

<sup>x</sup>Marketable tubers(%)= number of tuber with symptom degree 0, 1/number of total investigated tubers ×100.

#### 4-3. 더텡이병 이병포장 재배에 의한 저항성 검정

더텡이병 발생이 심한 포장에서 BC<sub>1</sub> 11계통을 모본으로 하고 ‘대지’를 화분친으로 하여 여교잡 결과 육성된 BC<sub>2</sub> 68계통을 대상으로 더텡이병 저항성 검정을 실시한 결과는 Table 23과 같다.

Table 23. Number of common scab resistant lines of potato tuber of BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with ‘Dejima’ as male parent in the field with high incidence of the scab disease

BC <sub>1</sub> lines	No. of BC <sub>2</sub> lines	Number of B <sub>2</sub> lines			No. of resistant lines	No. of susceptible lines
		R <sup>y</sup>	M <sup>x</sup>	S <sup>w</sup>		
K13	5	4	1	0	4	0
K22	1	0	1	0	0	0
K53	7	6	0	1	6	1
K82	4	1	3	0	1	0
K90	1	1	0	0	1	0
K119	16	9	6	1	9	1
K132	4	4	0	0	4	0
K150	3	1	2	1	1	1
K179	2	1	1	0	1	0
K192	20	13	7	0	13	0
K193	5	4	1	0	4	0
Total	68	44	21	3	44	3

Level of severity to common scab was 0 : no symptoms of common scab, 1 : little, 2 : moderate, 3 : serious, 4 : very serious.

R<sup>y</sup> indicates resistant lines (the level of severity was 0.0~1.0); M<sup>x</sup> indicates moderate lines (the level of severity was 1.1~2.0) and S<sup>w</sup> indicates susceptible lines (the level of severity was 2.1~4.0).

BC<sub>1</sub>계통별로 육성된 BC<sub>2</sub>계통들은 전반적으로 더텡이병 발생이 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’보다 적었다(Fig. 8). BC<sub>1</sub> K13계통과 ‘대지’와의 여교잡으로 육성된 BC<sub>2</sub> 5계통 중 4계통은 이병정도가 1.0이하로 나타나 더텡이병 저항성 계

통으로 선발되었고, 1계통은 중간정도의 저항성을 보였다.

검정 계통수가 가장 많은 BC<sub>1</sub> K192계통을 모본으로 육성된 BC<sub>2</sub> 20계통 중 13계통이 저항성 이었고 나머지 계통은 중간정도의 저항성을 보였다. 전체적으로 BC<sub>2</sub> 68계통을 더덩이병이 오염된 포장 재배 후 저항성 계통을 선발한 결과 전체계통의 65%인 44계통이 저항성이었고, 저항성 정도가 보통인 계통은 21계통인 반면 감수성을 보인 계통은 3계통으로 아주 적었다.



Fig. 8. Symptoms of potato common scab after culture in the field with high incidence of the disease (A : 'Dejima', B : resistant lines).

더덩이병에 저항성 형질뿐만 아니라 상품적 가치가 있는 괴경 모양을 가지고 있는 BC<sub>2</sub> 16계통에 대한 병 저항성 정도 및 상품율 등은 Table 24와 같다.

전반적으로 이병정도는 대조구인 '대지'와 '추백'의 3.9와 2.1에 비해 1.0미만으로 아주 높은 저항성을 보였고 이병율도 '대지'의 61%에 비해 10% 미만으로 낮았다. 감자재배 후 상품가치를 나타내는 상품율에 있어서 '대지'는 39%로 아주 저조한 반면, 저항성으로 선발된 계통의 상품율은 90% 이상으로 아주 높았다. 그러나 저항성 계통 중 K193-23과 K193-41계통과 같이 이병정도가 0.4와 0.2로 아주 강한 저항성을 보였지만 생육상태가 불량하고 괴경모양이 아주 긴 형태인 야생종 형질이 나타나 품종으로 육성이 적절하지 않은 계통으로 판단되었다. 반면 K13-8, 90-11, 119-7 등 나머지 계통들은 괴경특성과 모양이 양호하였다.

결론적으로 3가지 방법으로 실시한 더덩이병 저항성 검정을 통해 K13-8, K90-11, K119-7, K119-43, K132-17, K150-28, K192-13, K192-33, K192-36 및 K193-98계통 등 10계통을 더덩이병 저항성 계통으로 최종 선발하였고, 이들

계통들은 농업적 형질평가를 통해 더덴이병 저항성 품종으로 개발이 가능할 것으로 판단되었다.

Table 24. Selection of potato common scab resistant BC<sub>2</sub> lines obtained from crossing of BC<sub>1</sub> lines as female parent with 'Dejima' as male parent in the field with high incidence of the scab disease

BC <sub>2</sub> line	Level of severity <sup>z</sup>	Rate of infected tuber(%) <sup>a</sup>	Infection area per tuber(%) <sup>y</sup>	Marketable tubers(%) <sup>x</sup>
'Dejima'	3.9±0.51	61±13.0	45±8.6	39±13.0
'Chubeak'	2.1±0.40	23± 5.1	27±4.0	80±5.1
K13 - 8	0.9±0.11	8± 5.8	19±2.6	92±5.8
K90- 11	0.6±0.05	1± 1.2	15±1.5	99±1.2
K119- 7	0.8±0.30	9± 7.2	17±5.6	92±7.2
K119-20	0.5±0.35	8± 5.6	12±6.4	96±5.6
K119-43	0.7±0.15	8± 3.8	17±3.0	92±3.8
K119-48	0.5±0.14	4± 5.7	11±1.4	96±5.7
K132-17	0.8±0.11	7± 5.8	18±2.1	93±5.8
K132-19	0.9±0.42	8± 8.4	19±7.1	92±8.4
K150-28	0.8±0.12	6± 3.5	18±1.5	94±3.5
K192-13	0.7±0.10	3± 3.1	15±1.2	96±3.1
K192-16	0.6±0.10	3± 1.2	15±0.6	97±1.2
K192-33	0.7±0.15	8± 6.0	17±2.0	92±6.0
K192-36	0.9±0.12	7± 5.8	18±2.6	93±5.8
K193-23	0.4±0.14	6± 2.8	7±4.2	96±2.8
K193-41	0.2±0.07	4± 2.8	2±1.4	98±2.8
K193-98	0.7±0.10	3± 3.1	15±1.2	97±3.1

<sup>z</sup>Level of severity to common scab was 0 : no symptoms of common scab, 1 : little, 2 : moderate, 3 : serious , 4 : very serious.

<sup>a</sup>Rate of infected tuber(%) = infected tuber/total tuber×100

<sup>y</sup>Infection area per tuber(%) = [(0n)+(1n)+(2n)+(3n)+(4n)/number of total investigated tubers×4]×100, n=number of scab infected tubers.

<sup>x</sup>Marketable tubers(%)= number of tuber with symptom degree 0, 1/number of total investigated tubers ×100.

## 5. 병 저항성 계통의 형태적·유전적 특성 분석

### 5-1. Flow cytometry를 이용한 배수성 검정

체세포잡종 1024(6n)와 대지(4n)와의 여교잡에 의해 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 배수성을 검정하기 위해 flow cytometry를 이용하였는데 flow cytometry는 핵 내의 DNA함량을 비교해서 배수성을 판별하는 방법이다. 배수성 판별에 이용된 계통은 무름병, 더덩이병 저항성으로 선발된 15계통, BC<sub>2</sub>계통 중 병 저항성 계통선발에 이용되었던 29계통과 처음 교잡을 실시했던 체세포잡종 1024 및 ‘대지’ 품종 등 46계통에 대하여 실시하였다.

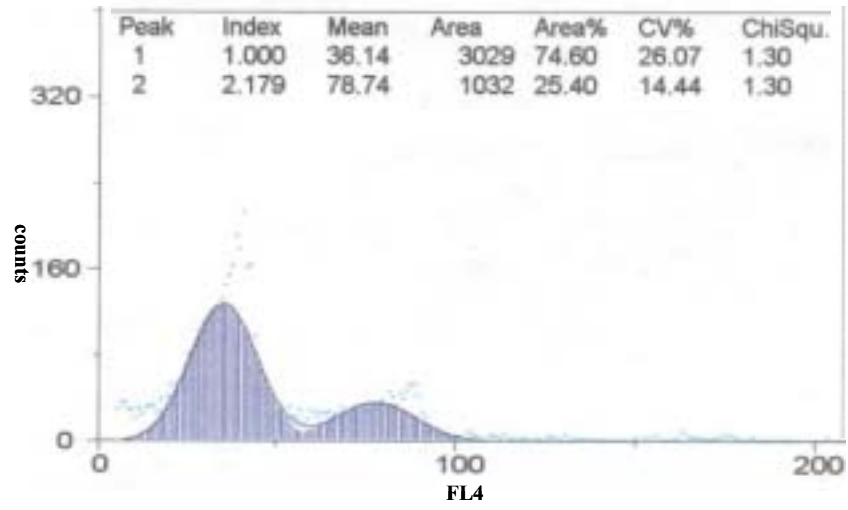
체세포잡종 1024와 ‘대지’의 배수성 검정 결과는 Fig. 9에서 나타난 바와 같이 6배체인 체세포잡종 1024(‘대지’ + *S. brevidens*)는 channel 36.14에서 G<sub>1</sub> peak를 보였으며 channel 78.74에서 G<sub>2</sub> peak가 보였고 4배체인 ‘대지’의 경우 G<sub>1</sub> peak가 channel 26.85, G<sub>2</sub> peak는 57.87에서 보여 6배체인 체세포잡종 1024의 2/3정도의 값에서 peak를 나타내어 체세포잡종 1024는 6배체이고 ‘대지’는 4배체임을 확인할 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 BC<sub>2</sub>계통에 대한 배수성검정시 4배체인 ‘대지’의 G<sub>1</sub> peak가 channel 26.85, G<sub>2</sub> peak는 57.87에서 형성되므로 channel 26 전후에서 G<sub>1</sub> peak가 보인 계통과 G<sub>2</sub> peak인 경우 channel 58 전후에서 보인 계통은 4배체로 선발이 가능하다고 판단되었다.

An(2000)의 보고에 의하면 융합친으로 4배체와 2배체를 사용하여 원형질체 융합에 의해 육성된 체세포잡종 식물체에 대한 flow cytometry를 이용한 배수성을 조사한 결과  $4x + a$ 에서  $8x + a$ 까지 다양한 분포를 보였고 50% 이상은 6배체로 나타났다고 하였다. 특히, 여교잡에 이용되었던 체세포잡종 1024는 배수성이 6배체 식물체라는 보고와 일치하는 결과를 얻었다.

BC<sub>1</sub>계통을 모본으로 하여 4배체인 ‘대지’와의 여교잡에 의해 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 배수성 검정결과는 Fig. 10, Fig. 11과 같다.

Fig. 10에서 C는 G<sub>1</sub> peak가 channel 24.20, G<sub>2</sub> peak는 54.50에서 형성되어 ‘대지’의 G<sub>1</sub> peak가 channel 26.85, G<sub>2</sub> peak는 57.87에서 보인 것과 유사하여 4배체 계통임을 알 수 있었다. 그러나 D는 G<sub>1</sub> peak가 channel 42.50, G<sub>2</sub> peak는 96.17에서 형성되어 6배체인 체세포잡종 1024(‘대지’ + *S. brevidens*)의 G<sub>1</sub> peak가 channel 36.14, G<sub>2</sub> peak가 channel 78.74에서 보인 것보다 높은 channel에서 G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> peak가 형성되어 이러한 계통은 염색체 검정 등 보다 정밀한 배수성 검정을 해야 할 것으로 판단되었다.

A



B

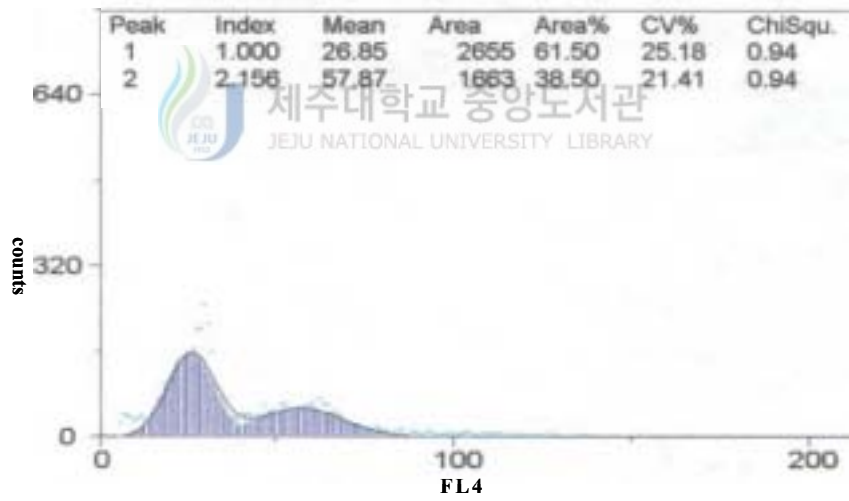
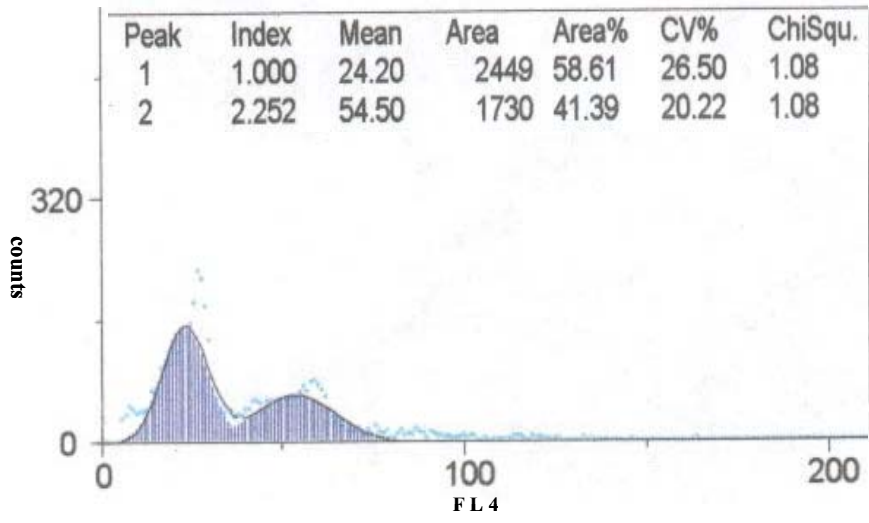


Fig. 9. DNA contents of somatic hybrid ( $2n=6x=72$ ) (A) and 'Dejima' ( $2n=4x=48$ ) (B) as measured by flow cytometry.



C



D

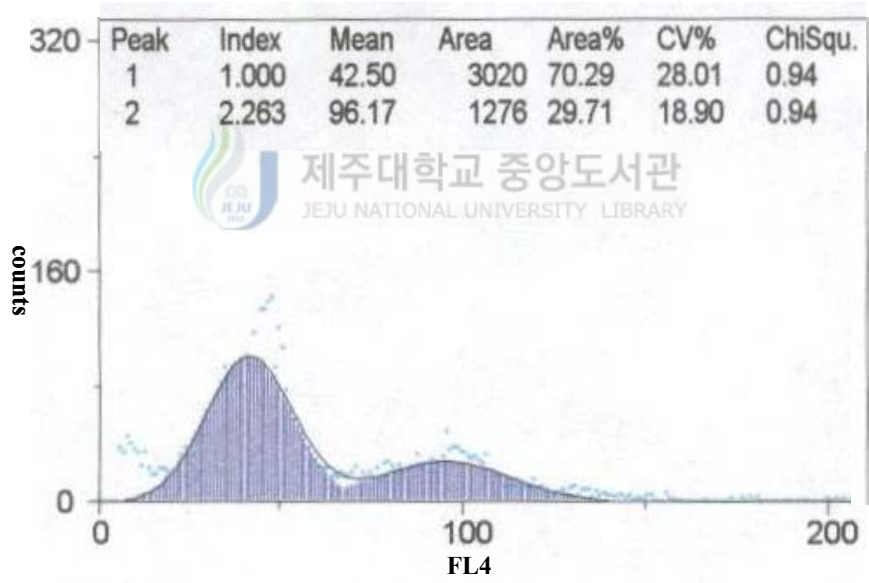


Fig. 10. DNA contents of BC<sub>2</sub> lines as measured by flow cytometry.

BC<sub>2</sub> 44계통에 대한 배수성 검정 결과는 Fig. 11에 나타난 바와 같이 44계통 중 43계통이 channel 20~30 사이에서 G<sub>1</sub> peak가 보여 4배체인 ‘대지’의 G<sub>1</sub> peak가 channel 26.85에서 보인 것과 비슷하여 4배체로 판단이 되었고 1계통은 channel 34에서 G<sub>1</sub> peak가 보여 6배체인 체세포잡종 1024의 channel 36.14에서 G<sub>1</sub> peak가 보인 것과 비슷하여 6배체로 판단되었다. 반면, G<sub>2</sub> peak가 나타난 것을 보면 4배체인 ‘대지’의 G<sub>2</sub> peak가 channel 57.87에서 보인 것과 비교하면 BC<sub>2</sub> 44계통 중 4계통이 channel 50이하에서 G<sub>2</sub> peak가 보여 정확한 배수성 판정이 어려웠고 1계통은 channel 75에서 G<sub>2</sub> peak가 보여 6배체인 체세포잡종 1024의 channel 78.74에서 G<sub>2</sub> peak가 보인 것과 비슷하여 6배체 계통으로 판단되었다.

따라서 본 실험에서 flow cytometry를 이용한 배수성 검정에서 44계통 중 88%, 39계통이 4배체, 1계통은 6배체로 판단되었고 나머지 4계통은 보다 정밀한 배수성 검정이 필요하다고 생각되었다. 또한, 무름병 및 더랭이병으로 선발된 15계통은 4배체로 확인되었다.

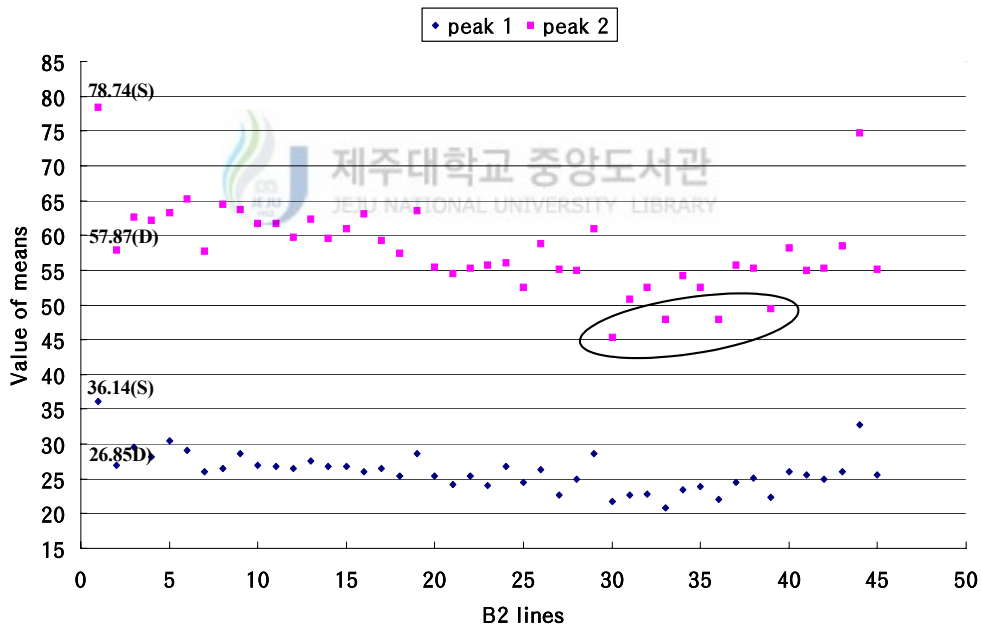


Fig. 11. DNA contents of 46 lines of BC<sub>2</sub> as measured by flow cytometry.  
S : somatic hybrid, D : ‘Dejima’, 3~15 : soft rot and common scab resistant BC<sub>2</sub> lines.

## 5-2. 계통간 형태적 특성조사 및 유연관계 분석

### 5-2-1. 계통간 형태적 특성

육성된 BC<sub>2</sub>계통 중 무름병 저항성 5계통과 더덩이병 저항성 10계통에 대한 형태적 특성을 UPOV(1986) 조사기준 50항목 중 12항목(Table 3)에 대해 조사한 결과는 Table 25와 Table 26과 같다. 무름병 저항성 5계통에 있어서 식물체의 키는 대조구인 ‘대지’와 대체적으로 비슷하였으나 K82-23과 K192-33은 체세포잡종 1024와 같이 경장이 긴 반면 K150-36계통은 경장이 짧았다. 식물체의 형태는 잎들이 열려 있어 줄기를 볼 수 있는 stem type이 3계통이었고, 잎이 닫혀 있어 줄기를 볼 수 없는 leaf type이 1계통이었다. 대조구 ‘대지’와 같이 줄기를 반쯤 볼 수 있는 중간 형태도 1계통이었다. 주지 굵기는 대부분 보통이었으며 줄기의 안토시아닌 색소의 착색정도는 ‘대지’와 같이 색소가 거의 없는 계통과 체세포잡종 1024와 같이 안토시아닌 색소가 있는 계통이 다양하게 나타났다. 잎의 크기 또한 여교잡을 실시한 체세포잡종과 ‘대지’의 중간 형태가 골고루 나타났다. 잎의 겹침정도, 잎의 안토시아닌 정도, 소엽의 병합빈도, 소엽의 안토시아닌 착색유무 등도 체세포잡종과 ‘대지’의 중간 형태를 보였다. 상품성을 좌우하는 괴경모양, 괴경 눈의 깊이, 괴경육색 등에 있어서 체세포잡종 1024의 괴경모양은 아주 긴 형태인데 반해 선발된 계통들의 괴경모양은 K82-23을 제외한 모든 계통에서 짧은 계란형 또는 둥근형으로 이는 여교잡을 통해 ‘대지’의 형질이 도입되어 체세포잡종의 긴 괴경모양이 상품성이 있는 모양으로 개량된 것으로 판단되었다. 이처럼 괴경의 형태적 특성이 같은 BC<sub>2</sub>계통간에도 차이가 나는 것은 4배체 수준의 교잡에서 이형접합성을 나타내어 자식세대에 분리가 심하기 때문으로 사료되었다. 괴경의 눈의 깊이에 있어서 제주지역에서 재배되고 있는 ‘대지’ 품종은 눈의 깊이가 얇은 반면 ‘추백’은 깊은 단점을 가지고 있다. 무름병 저항성 계통으로 선발된 감자는 체세포잡종 1024의 감자와 같이 눈의 깊이가 매우 얇아 상품적 가치가 클 것으로 판단되었다. 감자의 육색은 체세포잡종 1024 및 ‘대지’와 같이 백색계통과 황색계통으로 다양하게 나타났다.

더덩이병 저항성 계통들에 대한 형태적 특성을 조사한 결과는 앞의 무름병 저항성 계통의 결과와 비슷한 경향을 보였다(Table 26). 식물체의 경장이 ‘대지’보다 3계통이 길었고 3계통이 짧았다. 괴경특성에 있어서도 괴경모양은 7계통이 둥근형 이었고 나머지 계통은 긴형 또는 계란형이었다. 괴경육색 또한 백색계통과 황색계통으로 다양하게 나타났다.

Table 25. Morphological characteristics of the resistant lines against soft rot in BC<sub>2</sub> lines<sup>z</sup>

Characteristics	Scal	'Dejima'	'Chubeak'	K82-23	K90-11	K119-35	K150-36	K192-33
Plant : height	1-9	5 (medium)	5 (medium)	7 (tall)	5 (medium)	5 (medium)	3 (short)	7 (tall)
Plant : type	1-3	2 (intermediate)	2 (intermediate)	1 (stem-type)	1 (stem-type)	3 (leaf-type)	2 (intermediate)	1 (stem-type)
Stem :thickness of main stem	3-5	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)	7 (thick)	7 (thick)	5 (medium)
Stem:extension of anthocyanin coloration	1-9	1 (very weak)	3 (weak)	5 (medium)	3 (weak)	1 (very weak)	1 (very weak)	7 (strong)
Leaf : size	1-9	5 (medium)	7 (large)	3 (small)	5 (medium)	7 (large)	7 (large)	5 (medium)
Leaf : silhouette	3-7	3 (closed)	5 (medium)	7 (open)	5 (medium)	7 (open)	5 (medium)	7 (open)
Leaf:extension of anthocyanin coloration of midrib	1-9	1 (very weak)	3 (weak)	1 (very weak)	5 (medium)	1 (very weak)	1 (very weak)	7 (strong)
Leaflet:frequency	3-7	3 (low)	3 (low)	3 (low)	3 (low)	3 (low)	3 (low)	3 (low)
Leaflet:anthocyanin pigmentation of blade of young leaflets at apical rosette	1-9	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)	9 (present)
Tuber : shape	1-6	2 (short-oval)	1 (round)	5 (long)	1 (round)	1 (round)	1 (round)	1 (round)
Tuber : depth of eyes	of 1-9	3 (shallow)	1 (very shallow)	3 (shallow)	1 (very shallow)	5 (medium)	1 (very shallow)	3 (shallow)
Tuber : color of flesh	of 1-5	3 (light yellow)	1(white)	4 (yellow)	2 (cream)	3 (light yellow)	2 (cream)	2 (cream)

<sup>z</sup>Characterization of the somatic hybrid and 'Dejima' was based on UPOV guideline.

Table 26. Morphological characteristics of the resistant lines against potato common scab in BC<sub>2</sub> lines<sup>z</sup>

Characteristics	Scal	'Dejima'	'Chubeak'	K13-8	K90-11	K119-7	K119-43
Plant : height	1-9	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)
Plant : type	1-3	2 (intermediate)	2 (intermediate)	1 (stem-type)	1 (stem-type)	3 (leaf-type)	2 (intermediate)
Stem : thickness of main stem	3-5	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)	5 (medium)	3 (thin)	5 (medium)
Stem : extension of anthocyanin coloration	1-9	1 (very weak)	3 (weak)	5 (medium)	3 (weak)	1 (very weak)	1 (very weak)
Leaf : size	1-9	5 (medium)	7 (large)	7 (large)	5 (medium)	3 (small)	5 (medium)
Leaf : silhouette	3-7	3 (colsed)	5 (medium)	3 (colsed)	5 (medium)	5 (medium)	3 (colsed)
Leaf : extension of anthocyanin coloration of midrib	1-9	1 (very weak)	3 (weak)	3 (weak)	5 (medium)	3 (weak)	1 (very weak)
Leaflet : frequency	3-7	3 (low)	3 (low)	5 (medium)	3 (low)	3 (low)	3 (low)
Leaflet : anthocyanin pigmentation of blade of young leaflets at apical rosette	1-9	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)	1 (absent)
Tuber : shape	1-6	2 (short-oval)	1 (round)	1 (round)	1 (round)	4 (long)	3 (oval)
Tuber : depth of eyes	1-9	3 (shallow)	1 (very shallow)	1 (very shallow)	1 (very shallow)	3 (shallow)	1 (very shallow)
Tuber : color of flesh	1-5	3 (light yellow)	1 (white)	2 (cream)	2 (cream)	3 (light yellow)	3 (light yellow)

Table 26. (continued)

Characteristics	Scal	K132-17	K150-28	K192-13	K192-33	K192-36	K193-98
Plant : height	1-9	3 (short)	7 (tall)	7 (tall)	7 (tall)	3 (short)	3 (short)
Plant : type	1-3	2 (intermediate)	2 (intermediate)	1 (stem-type)	1 (stem-type)	2 (intermediate)	3 (leaf-type)
Stem :thickness of main stem	3-5	3 (thin)	5 (medium)	3 (thin)	5 (medium)	7 (thick)	7 (thick)
Stem:extension of anthocyanin coloration	1-9	9 (very strong)	3 (weak)	1 (very weak)	7 (strong)	7 (strong)	7 (strong)
Leaf : size	1-9	1 (very smal)	7 (large)	1 (very smal)	5 (medium)	5 (medium)	3 (small)
Leaf : silhouette	3-7	7 (open)	5 (medium)	7 (open)	7 (open)	7 (open)	5 (medium)
Leaf:extension of anthocyanin coloration of midrib	1-9	7 (strong)	3 (weak)	1 (very weak)	7 (strong)	3 (weak)	7 (strong)
Leaflet:frequency	3-7	3 (low)	3 (low)	3 (low)	3 (low)	3 (low)	3 (low)
Leaflet:anthocyanin pigmentation of blade of young leaflets at apical rosette	1-9	1 (absent)	1 (absent)	9 (present)	9 (present)	1 (absent)	9 (present)
Tuber : shape	1-6	3 (oval)	1 (round)	1 (round)	1 (round)	1 (round)	1 (round)
Tuber : depth of eyes	1-9	1 (very shallow)	7 (deep)	5 (medkum)	3 (shallow)	1 (very shallow)	3 (shallow)
Tuber : color of flesh	1-5	5 (dark yellow)	2 (cream)	2 (cream)	2 (cream)	3 (light yellow)	2 (cream)

<sup>z</sup>Characterization of the somatic hybrid and 'Dejima' was based on UPOV guideline.

### 5-2-2. 형태적 특성에 의한 유연관계 분석

BC<sub>2</sub>계통 중 무름병 저항성 5계통 및 더넉이병 저항성 8계통 등 13계통과 처음 여교잡을 실시한 체세포잡종 1024와 ‘대지’에 대해 5-2에서 조사된 형태적 형질을 가지고 distance matrix를 작성하였고(Table 27), UPGMA cluster analysis program을 이용하여 dendrogram을 그렸다(Fig. 12). Distance matrix에서 나타난 바와 같이 L1인 ‘대지’와 L6인 K119-43계통이 거리지수가 0.866으로 가장 가까웠으며 L9인 K192-13계통과 L7인 K132-17계통이 거리지수가 가장 멀었다. 이러한 거리지수를 바탕으로 그려진 dendrogram에서 거리지수 2.70을 기준으로는 4개의 군으로 구분되었다.

Table 27. Distance matrix of 15 lines by morphologic characters

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15
L1	0.000														
L2	3.291	0.000													
L3	2.062	3.428	0.000												
L4	1.979	3.379	1.291	0.000											
L5	1.756	3.524	2.273	1.683	0.000										
L6	0.866	3.304	1.780	1.683	1.472	0.000									
L7	3.663	3.905	2.972	2.550	2.858	3.464	0.000								
L8	1.780	3.536	2.102	2.021	2.141	2.179	3.524	0.000							
L9	3.202	3.617	3.651	3.215	2.799	3.240	4.021	3.227	0.000						
L10	3.640	2.327	3.109	2.828	3.488	3.674	3.028	3.175	2.887	0.000					
L11	2.398	3.253	1.780	1.683	2.550	2.309	2.309	2.327	3.629	2.739	0.000				
L12	3.731	2.784	3.162	2.887	3.440	3.674	3.028	3.379	2.944	1.291	2.858	0.000			
L13	2.291	3.524	2.309	2.082	1.683	2.041	2.415	2.398	3.055	3.317	1.871	3.367	0.000		
L14	1.683	3.674	2.398	2.179	2.179	1.936	3.884	1.354	3.227	3.571	2.255	3.708	2.327	0.000	
L15	1.683	3.674	1.658	1.555	2.062	1.323	3.753	2.082	3.379	3.617	2.102	3.617	2.327	1.472	0.000

<sup>2</sup>L1: ‘Dejima’, L2: somatic hybrid 1024, L3: K13-8, L4: K90-11, L5: K119-7, L6: K119-43, L7: K132-17, L8: K150-28, L9: K192-13, L10: K192-33, L11: K192-36, L12: K193-98, L13: K82-23, L14: K119-35, L15: K150-36.

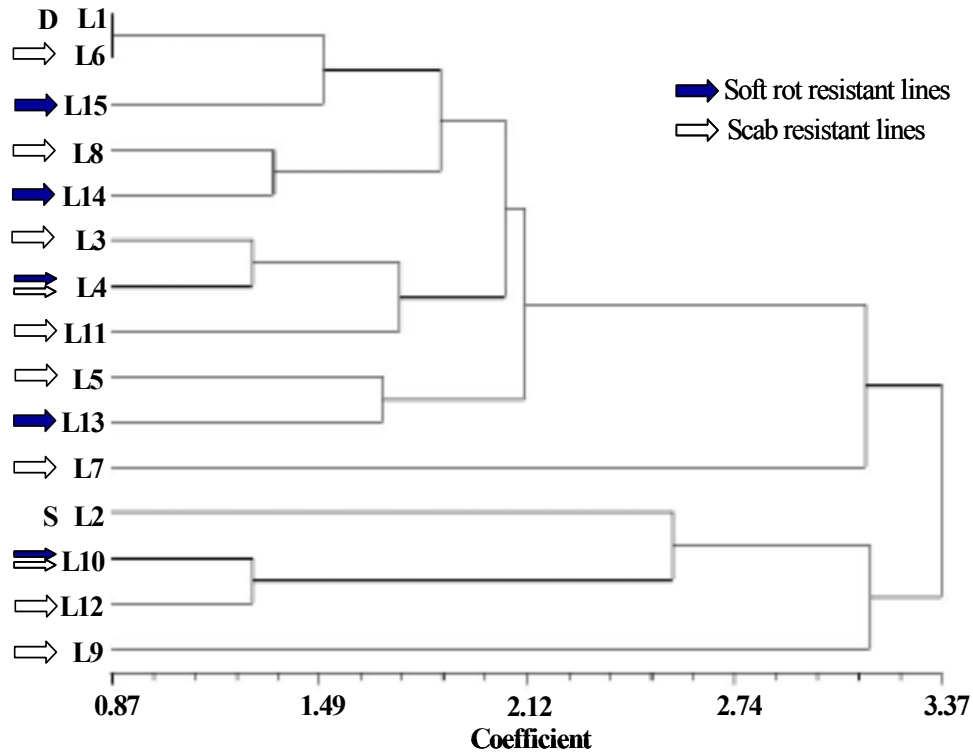


Fig. 12. Dendrogram obtained from the UPGMA cluster analysis based on average distance between clusters coefficient by using morphologic characters. L1: 'Dejima', L2: somatic hybrid 1024, L3: K13-8, L4: K90-11, L5: K119-7, L6: 119-43, L7: K132-17, L8: K150-28, L9: K192-13, L10: K192-33, L11: K192-36, L12: K193-98, L13: K82-23, L14: K119-35, L15: K150-36.

제 1 군은 '대지'를 포함한 10계통이 속하였고, 제 2 군은 더뎡이병 저항성 계통 K132-17이었고, 제 3 군은 체세포잡종 1024와 2계통이 속하였고, 제 4 군은 더뎡이병 저항성계통 192-13이었다. 형태적 특성에 의한 유연관계 분석결과 무름병 저항성 5계통 중 4계통과 더뎡이병 저항성 10계통 중 6계통이 '대지'와 같은 군에 속하였다. 체세포잡종 1024와 같은 군에 속한 계통은 더뎡이병과 무름병에 저항성인 K192-33계통과 더뎡이병 저항성인 K193-98계통 이었다. 반면, K132-17계통과 K192-13계통은 체세포잡종 1024 및 '대지'와는 거리가 멀었고 형태적 특성이 많이 달랐다.



이러한 결과는 달관조사시 구분이 뚜렷한 12개의 형태적 형질만을 이용하여 나타난 결과로서 보다 많은 형질을 가지고 정밀한 검토가 필요하다고 생각되었다.

### 5-3. 계통간 PCR-RAPD을 이용한 유연관계 분석

무름병 및 더듬이병 저항성으로 선발된 15계통을 포함한 BC<sub>2</sub> 42계통, 교잡에 이용되었던 체세포잡종 1024와 ‘대지’ 품종에 대한 유연관계 분석을 위하여 20bp의 서린과학사의 URP primer 12개 중 primer 검색결과 계통간 밴드의 다형성이 높은 5개 primer를 이용하여 RAPD 분석을 수행한 결과 전체 48개의 밴드가 형성되었으며, 그 중 79%, 38개 밴드가 polymorphic하였고, 21%, 10개 밴드가 monomorphic하게 나타났다(Table 28, Fig. 13, Fig. 14). URP 06번의 6개 밴드와 URP 11번의 13개 밴드가 100% polymorphic하게 나타난 primer였다.

Table 28. RAPD banding patterns generated by five URP random primers with 42 BC<sub>2</sub> lines, somatic hybrid 1024 and ‘Dejima’

Random primer code	Primer sequence	GC content (%)	Number of band			Polymorphism(%)
			poly-morphic	mono-morphic	Total	
URP05	5'-GGCAAGCTGG TGGGAGGTAC-3'	65	7	3	10	70
URP06	5'-ATGTGTGCGA TCAGTTGCTG-3'	50	6	0	6	100
URP08	5'-TACATCGCAA GTGACACAGG-3'	50	6	3	9	67
URP10	5'-GATGTGTTCT TGGAGCCTGT-3'	50	6	4	10	60
URP11	5'-GGACAAGAAG AGGATGTGGA-3'	50	13	0	13	100
Total			38	10	48	79

URP primer 05번을 이용하여 4계통, 체세포잡종 1024 및 ‘대지’에 대한 PCR 결과 총 10개의 밴드가 나타났고 그 중 3개의 공통적 밴드, 7개의 다형성 밴드가 나타났다(Fig. 15-A). 1,650bp부근과 850bp부근에서 공통적인 밴드가 형성되었고 300bp와 2,000bp사이에서 다형성 밴드들이 나타났다.

URP primer 06번을 이용한 PCR 산물의 전기영동 결과는 Fig. 15-B에 나타난 것과 같이 총 6개의 밴드가 다형성 밴드로 나타났다. 다형성 밴드는 약 500bp에서 1,500bp사이에 나타났고 500bp와 800bp사이에서 계통간 특이 밴드들이 나타났다.

URP primer 08번을 이용한 PCR 산물의 전기영동 결과는 Fig. 15-C와 같다. 총 9개의 밴드 중 2개의 공통밴드가 약 700bp에서 1,000bp사이에서 나타났고 1개의 공통밴드가 약 400bp부근에서 나타났다. 나머지 6개의 다형성 밴드는 400bp와 700bp 사이에 나타났다. ‘대지’의 밴드패턴과 체세포잡종 1024의 밴드패턴이 아주 다르게 나타났으며 또한 계통들간의 밴드패턴 양상도 다양하게 나타났다.

URP primer 10번을 이용한 PCR 산물의 전기영동 결과는 Fig. 16-D와 같이 총 10개의 밴드 중 4개의 공통적 밴드와 6개의 다형성 밴드가 나타났다. 모든 밴드가 약 400bp에서 2,000bp까지 분포되어 있으며 각 계통별 밴드패턴이 비슷한 그룹들이 나타났다.

URP primer 11번을 이용한 PCR 산물의 전기영동 결과는 Fig. 16-E에 나타난 것과 같이 총 13개의 밴드 중 공통적으로 나타난 밴드는 없어 모두 다형성 밴드였다. 다형성 밴드는 약 400bp에서 1,200bp사이에 나타났고 각 계통별 밴드패턴이 다양하게 나타났다.

선발된 primer를 이용한 PCR 산물의 전기영동 결과를 바탕으로 총 48개의 밴드 중 polymorphic한 38개의 밴드를 이용하여 밴드가 있으면 1, 없으면 0으로 코드화 한 결과를 근거로 similarity matrix를 작성하였고, UPGMA cluster analysis program을 이용한 유연관계 분석자료로 이용하였다.

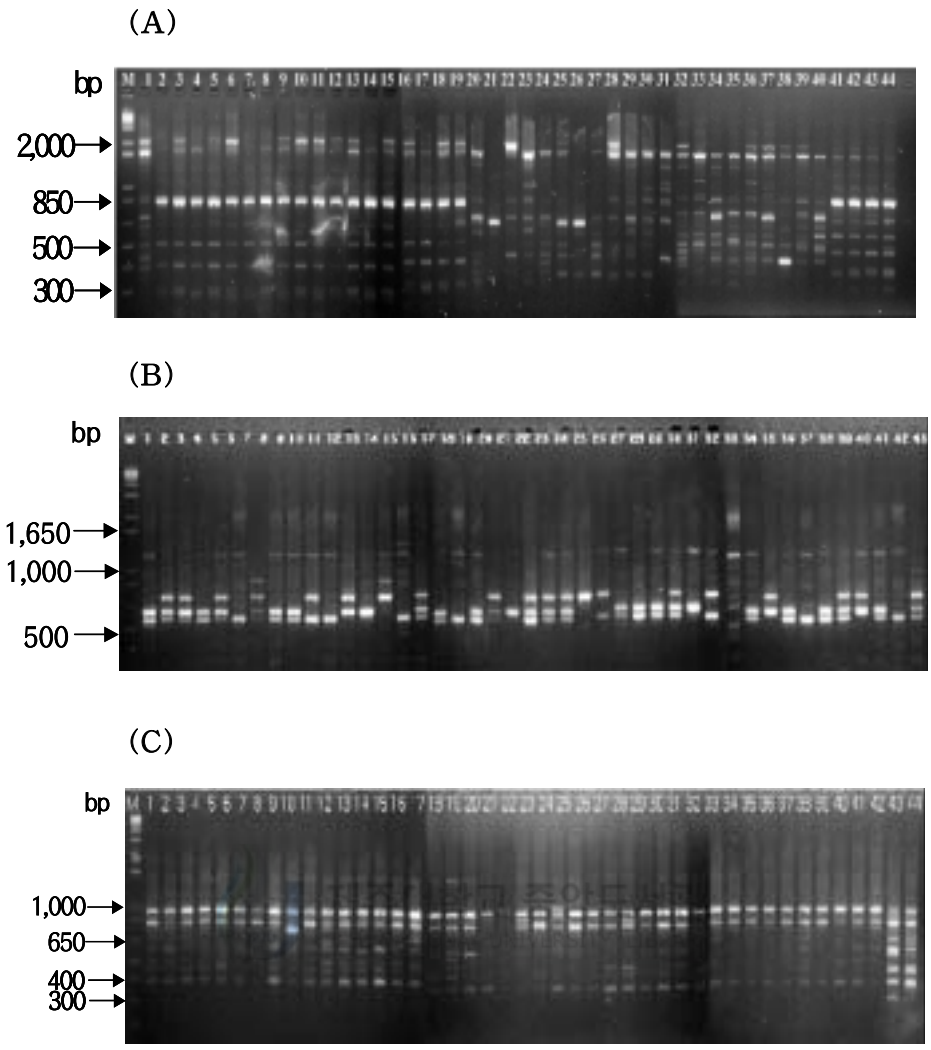


Fig. 13. RAPD profiles of 44 different lines using random primer URP05 (A), URP06 (B) and URP 08 (C). M : DNA size marker (1Kb plus ladder), 1: 'Dejima', 2: K119-2, 3: K90-11, 4: K13-6, 5: K192-16, 6: K192-13, 7: K192-6, 8: K179-1, 9: K192-36, 10: K150-36 11: K192-9, 12: K192-14, 13: K119-35, 14: K119-3, 15: K119-11, 16: K150-28, 17: K192-33, 18: K22-5, 19: K132-17, 20: K13-8, 21: K119-21, 22: K192-7, 23: K193-93, 24: K82-24, 25: K53-14, 26: K82-23, 27: K119-43, 28: K119-40, 29: K192-10, 30: K192-37, 31: K193-23, 32: K179-4, 33: K119-3, 34: K150-39, 35: K53-35, 36: K13-20, 37: K192-38, 38: K192-14, 39: K119-53, 40: K150-1, 41: K119-7, 42: K119-39, 43: K193-98, 44: somatic hybrid 1024.

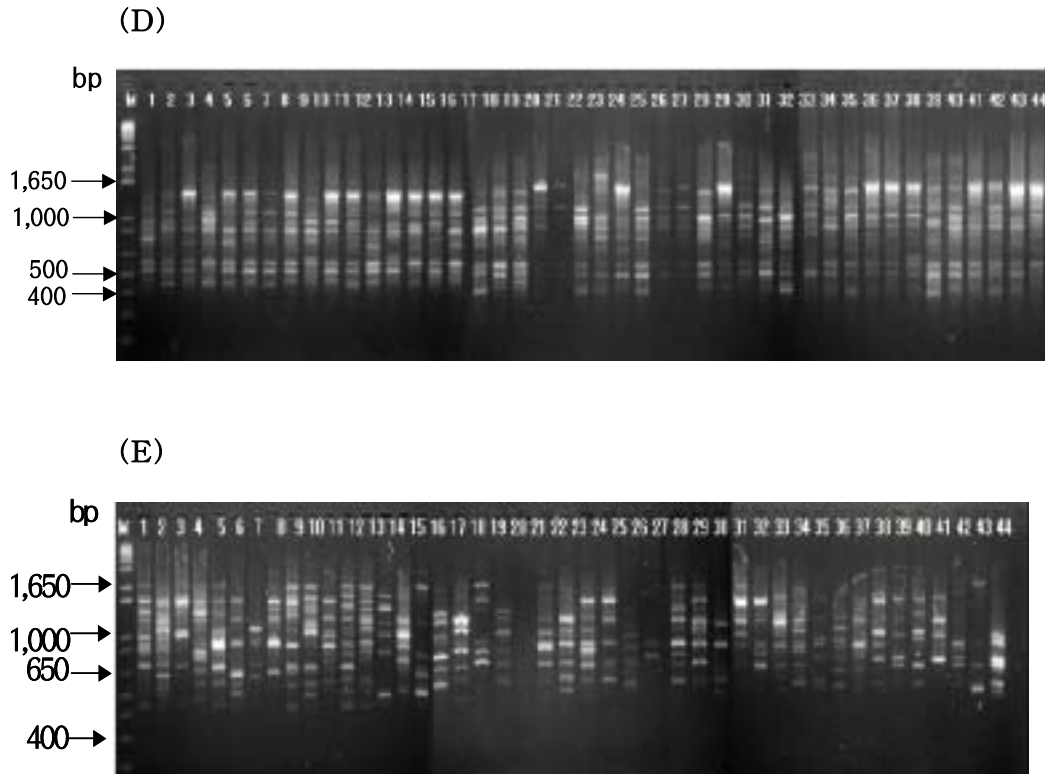


Fig. 14. RAPD profiles of 44 different lines using random primer URP10 (D) and URP11 (E). M : DNA size marker (1Kb plus ladder), 1: 'Dejima', 2: K119-2, 3: K90-11, 4: K13-6, 5: K192-16, 6: K192-13, 7: K192-6, 8: K179-1, 9: K192-36, 10: K150-36 11: K192-9, 12: K192-14, 13: K119-35, 14: K119-3, 15: K119-11, 16: K150-28, 17: K192-33, 18: K22-5, 19: K132-17, 20: K13-8, 21: K119-21, 22: K192-7, 23: K193-93, 24: K82-24, 25: K53-14, 26: K82-23, 27: K119-43, 28: K119-40, 29: K192-10, 30: K192-37, 31: K193-23, 32: K179-4, 33: K119-3, 34: K150-39, 35: K53-35, 36: K13-20, 37: K192-38, 38: K192-14, 39: K119-53, 40: K150-1, 41: K119-7, 42: K119-39, 43: K193-98, 44: somatic hybrid 1024.

Polymorphic 밴드들을 바탕으로 42계통, 체세포잡종 1024 및 대지에 대한 유사도 지수를 구하고 계통간 비교를 위하여 그 수치를 matrix로 작성하여 분석하였다(Table 29). 유사도 지수는 1에 가까울수록 근연관계가 가까운 것으로 수치가 클수록 유전적 거리가 가깝다고 볼 수 있다. 44계통 및 품종간 유사도 지수는 0.2부터 0.8까지로 다양한 분포를 보였다. 유사도 지수가 가장 높은 계통은 K13-6과 무름병과 더뎡이병에 저항성인 K192-33계통이 0.8로 가장

근연관계가 가까웠으며 K22-5계통과 무름병 저항성인 K193-98계통이 0.2로 가장 근연관계가 멀었다.

Table 29. Matrix of genetic similarity among 42 lines, 'Dejima' and somatic hybrid by PCR-RAPD

	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L22	
L01	1.00																					
L02	0.46	1.00																				
L03	0.56	0.57	1.00																			
L04	0.40	0.42	0.53	1.00																		
L05	0.50	0.46	0.56	0.35	1.00																	
L06	0.59	0.56	0.58	0.48	0.43	1.00																
L07	0.41	0.54	0.40	0.35	0.44	0.45	1.00															
L08	0.51	0.52	0.53	0.63	0.36	0.58	0.36	1.00														
L09	0.57	0.53	0.45	0.50	0.49	0.55	0.33	0.50	1.00													
L10	0.43	0.45	0.52	0.42	0.65	0.56	0.34	0.43	0.53	1.00												
L11	0.43	0.50	0.42	0.34	0.34	0.47	0.30	0.43	0.48	0.37	1.00											
L12	0.48	0.37	0.34	0.31	0.37	0.49	0.28	0.35	0.43	0.33	0.40	1.00										
L13	0.56	0.49	0.50	0.50	0.49	0.54	0.35	0.63	0.56	0.49	0.45	0.47	1.00									
L14	0.45	0.53	0.60	0.55	0.37	0.55	0.33	0.55	0.39	0.48	0.44	0.36	0.51	1.00								
L15	0.56	0.53	0.55	0.38	0.41	0.54	0.34	0.46	0.51	0.49	0.49	0.33	0.51	0.51	1.00							
L16	0.44	0.52	0.53	0.44	0.47	0.63	0.40	0.40	0.50	0.52	0.47	0.49	0.50	0.50	0.46	1.00						
L17	0.45	0.48	0.67	0.80	0.40	0.50	0.37	0.66	0.47	0.44	0.31	0.32	0.47	0.57	0.43	0.45	1.00					
L18	0.40	0.46	0.43	0.43	0.35	0.47	0.35	0.51	0.53	0.46	0.55	0.31	0.53	0.44	0.53	0.43	0.40	1.00				
L19	0.67	0.42	0.61	0.52	0.54	0.61	0.44	0.56	0.49	0.55	0.34	0.40	0.61	0.53	0.49	0.56	0.53	0.46	1.00			
L20	0.45	0.41	0.38	0.34	0.41	0.42	0.38	0.38	0.36	0.30	0.33	0.36	0.34	0.33	0.33	0.34	0.35	0.34	0.41	1.00		
L22	0.49	0.34	0.40	0.20	0.48	0.36	0.46	0.22	0.33	0.34	0.30	0.38	0.28	0.22	0.27	0.31	0.21	0.28	0.39	0.42	1.00	
L23	0.49	0.37	0.31	0.28	0.28	0.46	0.38	0.32	0.29	0.27	0.27	0.50	0.37	0.33	0.30	0.34	0.28	0.25	0.41	0.40	0.52	
L24	0.57	0.53	0.45	0.37	0.37	0.55	0.57	0.42	0.39	0.32	0.32	0.33	0.40	0.39	0.36	0.37	0.38	0.37	0.49	0.43	0.47	
L25	0.42	0.29	0.38	0.26	0.20	0.47	0.29	0.34	0.21	0.22	0.25	0.33	0.37	0.31	0.29	0.29	0.26	0.26	0.33	0.36	0.33	
L26	0.35	0.37	0.33	0.25	0.33	0.30	0.38	0.26	0.24	0.32	0.24	0.17	0.20	0.27	0.29	0.21	0.30	0.19	0.33	0.41	0.29	
L27	0.41	0.26	0.27	0.35	0.21	0.32	0.27	0.32	0.26	0.19	0.16	0.24	0.28	0.29	0.24	0.35	0.37	0.21	0.39	0.31	0.23	
L28	0.45	0.32	0.41	0.37	0.37	0.42	0.38	0.38	0.32	0.29	0.29	0.39	0.47	0.32	0.29	0.41	0.38	0.30	0.53	0.39	0.42	
L29	0.46	0.33	0.31	0.27	0.24	0.43	0.34	0.35	0.29	0.20	0.26	0.40	0.34	0.26	0.30	0.24	0.28	0.28	0.38	0.53	0.39	
L30	0.40	0.42	0.31	0.28	0.28	0.44	0.35	0.32	0.33	0.24	0.38	0.41	0.26	0.33	0.34	0.39	0.29	0.32	0.32	0.46	0.35	
L31	0.43	0.37	0.27	0.24	0.38	0.35	0.30	0.32	0.36	0.30	0.26	0.37	0.31	0.32	0.27	0.31	0.24	0.31	0.38	0.41	0.43	
L32	0.53	0.37	0.42	0.34	0.34	0.46	0.34	0.35	0.43	0.41	0.33	0.30	0.31	0.36	0.37	0.38	0.35	0.38	0.45	0.33	0.42	
L33	0.44	0.36	0.37	0.30	0.30	0.34	0.37	0.31	0.29	0.26	0.26	0.33	0.30	0.42	0.33	0.30	0.31	0.24	0.40	0.36	0.33	
L34	0.58	0.46	0.39	0.39	0.43	0.40	0.44	0.40	0.49	0.38	0.29	0.32	0.39	0.38	0.38	0.29	0.37	0.33	0.46	0.45	0.44	
L35	0.44	0.35	0.44	0.36	0.33	0.41	0.36	0.33	0.28	0.28	0.22	0.32	0.30	0.38	0.32	0.26	0.41	0.23	0.43	0.42	0.32	
L36	0.50	0.42	0.39	0.47	0.32	0.47	0.44	0.43	0.44	0.34	0.28	0.44	0.38	0.37	0.38	0.43	0.48	0.38	0.46	0.38	0.39	
L37	0.49	0.28	0.32	0.32	0.23	0.41	0.28	0.37	0.38	0.31	0.28	0.29	0.29	0.24	0.35	0.29	0.33	0.32	0.40	0.22	0.28	
L38	0.59	0.47	0.41	0.37	0.44	0.53	0.41	0.49	0.54	0.39	0.43	0.42	0.46	0.38	0.46	0.41	0.34	0.40	0.51	0.50	0.41	
L39	0.61	0.48	0.66	0.45	0.41	0.59	0.47	0.50	0.47	0.40	0.40	0.46	0.40	0.47	0.51	0.45	0.52	0.37	0.53	0.43	0.42	
L40	0.50	0.42	0.39	0.39	0.39	0.47	0.36	0.47	0.41	0.46	0.35	0.44	0.42	0.49	0.35	0.39	0.44	0.33	0.46	0.41	0.26	
L41	0.46	0.38	0.35	0.25	0.29	0.36	0.31	0.39	0.27	0.24	0.31	0.28	0.32	0.41	0.34	0.25	0.29	0.32	0.38	0.41	0.35	
L42	0.42	0.37	0.31	0.24	0.34	0.35	0.38	0.35	0.33	0.30	0.30	0.28	0.28	0.29	0.33	0.31	0.25	0.34	0.38	0.44	0.38	
L43	0.43	0.31	0.25	0.25	0.32	0.39	0.31	0.36	0.27	0.28	0.24	0.40	0.32	0.30	0.25	0.39	0.26	0.20	0.35	0.45	0.31	
L44	0.34	0.32	0.29	0.29	0.29	0.30	0.25	0.37	0.21	0.28	0.22	0.32	0.27	0.31	0.29	0.26	0.37	0.23	0.33	0.38	0.22	

Table 29, (continued)

	L23	L24	L25	L26	L27	L28	L29	L30	L31	L32	L33	L34	L35	L36	L37	L38	L39	L40	L41	L42	L43	L44	
L01																							
L02																							
L03																							
L04																							
L05																							
L06																							
L07																							
L08																							
L09																							
L10																							
L11																							
L12																							
L13																							
L14																							
L15																							
L16																							
L17																							
L18																							
L19																							
L20																							
L22																							
L23	1.00																						
L24	0.51	1.00																					
L25	0.40	0.53	1.00																				
L26	0.22	0.40	0.36	1.00																			
L27	0.34	0.47	0.43	0.38	1.00																		
L28	0.39	0.35	0.44	0.35	0.38	1.00																	
L29	0.58	0.53	0.50	0.32	0.43	0.44	1.00																
L30	0.50	0.37	0.29	0.29	0.31	0.37	0.42	1.00															
L31	0.44	0.40	0.22	0.21	0.26	0.32	0.45	0.42	1.00														
L32	0.33	0.47	0.32	0.29	0.34	0.39	0.33	0.31	0.44	1.00													
L33	0.36	0.38	0.28	0.35	0.30	0.38	0.33	0.37	0.36	0.43	1.00												
L34	0.41	0.49	0.28	0.38	0.32	0.41	0.50	0.36	0.59	0.53	0.55	1.00											
L35	0.35	0.46	0.47	0.43	0.36	0.42	0.52	0.32	0.39	0.38	0.41	0.51	1.00										
L36	0.41	0.49	0.30	0.26	0.44	0.44	0.38	0.43	0.42	0.53	0.44	0.50	0.39	1.00									
L37	0.32	0.42	0.34	0.30	0.41	0.38	0.35	0.32	0.35	0.52	0.34	0.44	0.41	0.53	1.00								
L38	0.43	0.50	0.35	0.35	0.33	0.38	0.47	0.37	0.47	0.43	0.45	0.64	0.45	0.51	0.42	1.00							
L39	0.43	0.52	0.39	0.35	0.29	0.43	0.44	0.41	0.36	0.51	0.46	0.49	0.55	0.53	0.47	0.59	1.00						
L40	0.35	0.38	0.24	0.34	0.29	0.31	0.32	0.33	0.38	0.45	0.51	0.50	0.44	0.43	0.37	0.55	0.57	1.00					
L41	0.38	0.37	0.37	0.38	0.39	0.49	0.46	0.43	0.46	0.38	0.44	0.50	0.47	0.38	0.36	0.47	0.44	0.46	1.00				
L42	0.33	0.36	0.32	0.41	0.38	0.43	0.37	0.46	0.41	0.44	0.43	0.45	0.38	0.41	0.43	0.43	0.39	0.45	0.72	1.00			
L43	0.38	0.30	0.37	0.29	0.39	0.49	0.38	0.43	0.34	0.31	0.33	0.36	0.39	0.42	0.32	0.44	0.37	0.43	0.54	0.53	1.00		
L44	0.26	0.24	0.34	0.34	0.32	0.42	0.32	0.32	0.28	0.29	0.31	0.33	0.49	0.39	0.33	0.41	0.34	0.44	0.56	0.50	0.61	1.00	

1: 'Dejima', 2: K119-2, 3: K90-11, 4: K13-6, 5: K192-16, 6: K192-13, 7: K192-6, 8: K179-1, 9: K192-36, 10: K150-36 11: K192-9, 12: K192-14, 13: K119-35, 14: K119-3, 15: K119-11, 16: K150-28, 17: K192-33, 18: K22-5, 19: K132-17, 20: K13-8, 21: K119-21, 22: K192-7, 23: K193-93, 24: K82-24, 25: K53-14, 26: K82-23, 27: K119-43, 28: K119-40, 29: K192-10, 30: K192-37, 31: K193-23, 32: K179-4, 33: K119-3, 34: K150-39, 35: K53-35, 36: K13-20, 37: K192-38, 38: K192-14, 39: K119-53, 40: K150-1, 41: K119-7, 42: K119-39, 43: K193-98, 44: somatic hybrid 1024.

각 계통간 유사도 지수를 데이터로 하여 UPGMA cluster analysis program 을 이용하여 dendrogram을 작성한 결과는 Fig. 15와 같다. ‘대지’ 품종과 가장 근연관계가 가까운 계통은 더덩이병 저항성인 K132-17계통이었으며 유사도 지수는 0.67이었다.

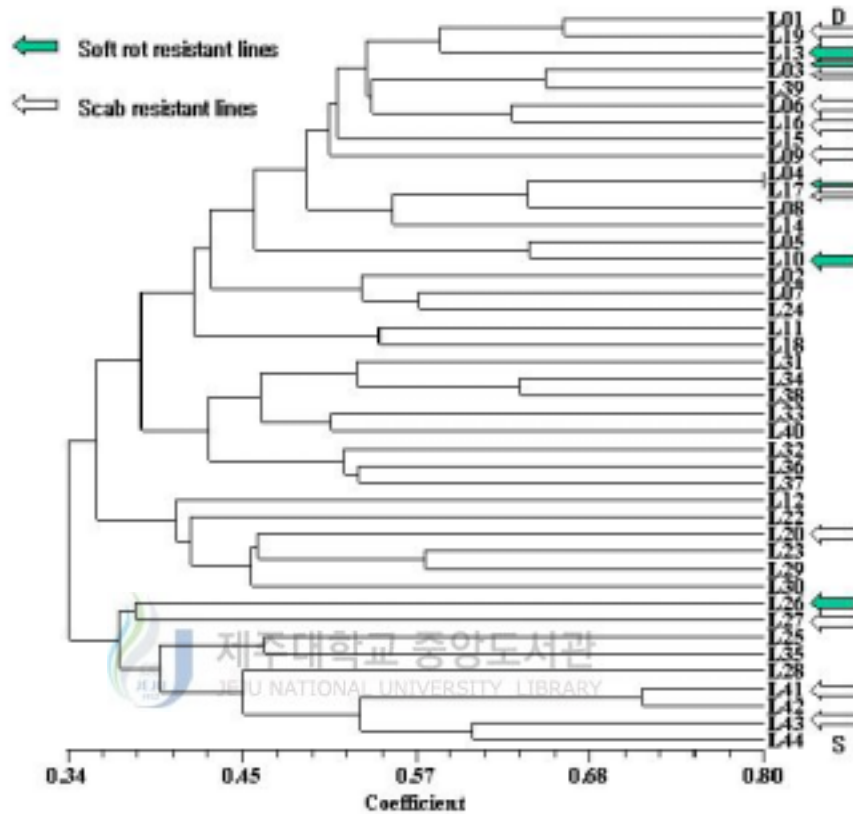


Fig. 15. Dendrogram obtained from the UPGMA cluster analysis based on similarity coefficient by using RAPD bands of 44 lines, ‘Dejima’ and somatic hybrid. 1: ‘Dejima’, 2: K119-2, 3: K90-11, 4: K13-6, 5: K192-16, 6: K192-13, 7: K192-6, 8: K179-1, 9: K192-36, 10: K150-36 11: K192-9, 12: K192-14, 13: K119-35, 14: K119-3, 15: K119-11, 16: K150-28, 17: K192-33, 18: K22-5, 19: K132-17, 20: K13-8, 21: K119-21, 22: K192-7, 23: K193-93, 24: K82-24, 25: K53-14, 26: K82-23, 27: K119-43, 28: K119-40, 29: K192-10, 30: K192-37, 31: K193-23, 32: K179-4, 33: K119-3, 34: K150-39, 35: K53-35, 36: K13-20, 37: K192-38, 38: K192-14, 39: K119-53, 40: K150-1, 41: K119-7, 42: K119-39, 43: K193-98, 44: somatic hybrid 1024.

체세포잡종 1024와 가장 근연관계가 가까운 계통은 더덩이병 저항성인 K193-98계통으로 유사도 지수가 0.61이었다. 유사도 지수 0.45를 기준으로 할 때 공시한 44계통은 12개 군으로 다양한 분포를 보였으며 이중 ‘대지’ 품종이 속한 1군에는 14계통이 속하였으며 이 중 무름병 저항성 계통으로 선발된 5계통 중 4계통이 속하였고 더덩이병 저항성 계통으로 선발된 10계통 중 6계통이었다. 반면 체세포잡종 1024가 속한 12군에는 5계통이 속하였으며 이 중 더덩이병 저항성으로 선발된 2계통이 속하였다. 나머지 더덩이병 저항성 2계통과 무름병 저항성 1계통은 다른 군에 속해 여교잡 모본과는 근연관계가 멀었다. 형태적 특성에 의한 유연관계 분석과 비교해 보면 ‘대지’와 같은군에 속했던 10계통 중 PCR-RAPD분석에서는 5계통만이 속하였으며 체세포잡종 1024에 속했던 2계통 중 1계통만이 속했다. 특히, 형태적 특성에 의한 분석시 같은 군에 속했던 계통이 DNA를 이용한 RAPD분석에서는 유연관계가 먼 다른 계통에 속해 서로 일치하지 않는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 모든 유전적 형질이 표현형으로 나타나는 것은 아니고 형태적 특성 12항목을 바탕으로 분석한 결과라 판단되었다. 또한 병 저항성 계통 선발시 괴경모양 등 ‘대지’와 비슷한 계통들이 선발되었기 때문에 RAPD분석결과 ‘대지’와 같은 군에 속한 계통이 많았던 것으로 판단되었다.

## 6. 병 저항성 계통에 대한 농업적 특성 분석

### 6-1. 무름병 저항성 계통의 농업적 특성

무름병 저항성 검정결과 저항성 품종으로 육성된 5계통에 대한 괴경특성 조사 결과는 Table 30과 같다. 비중은 K82-23이 1.087, K90-11이 1.080으로 높은 반면, 재배품종인 ‘대지’는 1.066으로 가장 낮았다. 감자의 품질에 영향을 주는 전분가는 비중이 높은 K82-23계통과 K90-11계통이 15.4와 13.9로 높았으며, K150-36계통을 제외한 나머지 계통들은 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’의 10.9와 11.6보다 높게 나타났다. 상품성에 있어서 소비자의 기호가 둥근형태를 선호하는 경향이 있어 감자의 모양은 대단히 중요하다. 대조구인 ‘대지’는 짧은 계란형이고, 전분함량이 높은 K82-23계통은 긴형으로 나타난 반면 재배품종인 ‘추백’과 K90-11 등 무름병 저항성 4계통은 둥근형이었다(Fig. 16). 감자 육색에 있어서 ‘대지’를 비롯하여 K82-23, K119-35계통이 황색이었으며, 백색 계통은 ‘추백’, K90-11, K150-36, K192-33으로 나타났다.



Table 30. Tuber characteristics of the resistant lines against potato soft rot in BC<sub>2</sub> lines

BC <sub>2</sub> lines	Specific gravity	Value of starch	Tuber color of flesh	Tuber shape
'Dejima'	1.066	10.9	light yellow	short oval
'Chubeak'	1.069	11.6	white	round
K82-23	1.087	15.4	yellow	long
K90-11	1.080	13.9	cream	round
K119-35	1.072	12.2	light yellow	round
K150-36	1.069	11.6	white	round
K192-33	1.078	13.5	cream	round

무름병 저항성 5계통에 대해 과종 후 55일에 실시한 생육조사 결과는 Table 31과 같다. 주지굵기인 경경은 K119-35계통이 13.1mm로 가장 높았고 추백과 K192-33계통은 11.9mm와 11.8mm로 높았다. 반면 재배품종인 '대지'는 8.7mm로 선발된 계통들보다 주지가 가늘었다. 경장은 K82-23계통이 50cm로 가장 길었으며 K192-33계통이 46cm이었다. 나머지 계통들은 32~39cm로 비교적 경장이 짧았다. 경수는 대조구인 '대지'가 가장 많은 3개였고 K150-36계통이 1.3개로 가장 적었다. 일반적으로 감자재배시 경수가 많으면 괴경수는 많지만 괴경크기가 작아지는 경향이 있다고 알려져 있다. 측지수는 K192-33계통이 4.1개로 가장 많았으며 나머지 계통은 1~2개 사이의 측지가 발생하였다. 이와 관련하여 엽수도 분지수가 가장 많은 K192-33계통이 1주당 엽수가 37.4개로 가장 많았다. 경수 및 엽수가 많은 계통들은 엽수가 1주당 30개 내외였으며 분지수 및 경수가 적은 K150-36은 1주당 엽수가 13.9개였다.

결과를 종합하면 과종후 55일 후의 생육상황은 K119-35계통과 K192-33계통은 경경, 경장, 경수 등의 생육특성이 우수하여 품종으로 육성이 가능할 것으로 판단되었다.

Table 31. Growth and development characteristics at 55 days after sowing of soft rot resistant BC<sub>2</sub> lines

BC <sub>2</sub> lines	Stem diameter(mm)	Plant height(cm)	No. of stem	No. of ramification	No. of leaf
'Dejima'	8.7c <sup>z</sup>	33c	3.0a	0.3b	30.5a
'Chubeak'	11.9ab	38c	2.3abc	1.1b	30.6a
K82-23	10.8b	50a	1.9bc	1.7b	35.7a
K90-11	9.3c	35c	2.7b	1.2b	26.7a
K119-35	13.1a	39bc	1.8bc	2.3ab	31.5a
K150-36	9.0c	32c	1.3c	0.3b	13.9b
K192-33	11.8ab	46ab	2.4ab	4.1a	37.4a

<sup>z</sup>Mean separation by DMRT, at 5% level.

무름병 저항성 5계통에 대해 파종 후 75일에 실시한 생육조사 결과는 Table 32와 같다. 주지꿍기인 경경은 대부분 계통에서 파종후 55일에 조사한 것과 비슷하였고 K82-23과 K150-36계통이 0.6mm증가하였다. 경장은 K90-11계통을 제외한 나머지 계통에서 파종 후 55일에 조사한 것보다 2~6cm정도 더 자랐고 대조구인 '대지'와 '추백'이 2cm와 3cm증가한 반면 K150-36계통은 6cm가 더 자랐다. 경수, 분지수, 엽수는 파종후 55일과 거의 비슷하였다. 전체적으로 계통별 생육상황은 파종후 55일에 조사한 결과와 같이 K119-35계통과 K192-33계통이 경경, 경장, 경수 등이 양호하였고 나머지 계통들도 같은 경향을 보였다. 파종 후 55일과 비교하여 가장 큰 변화가 있었던 조사항목은 경장이었다.

Table 32. Growth and development characteristics at 75 days after sowing of soft rot resistant BC<sub>2</sub> lines

BC <sub>2</sub> lines	Stem diameter(mm)	Plant height(cm)	No. of stem	No. of ramification	No. of leaf
'Dejima'	8.7c <sup>z</sup>	35c	3.0a	0.5c	33.3ab
'Chubeak'	12.0b	41bc	2.7ab	1.2b	33.0ab
K82-23	11.4b	53a	1.9bc	4.6a	37.0ab
K90-11	9.4c	35c	2.7ab	1.5bc	27.1b
K119-35	13.4a	45ab	1.8bc	2.7ab	32.0ab
K150-36	9.6c	38bc	1.4c	0.6c	17.0c
K192-33	11.9b	47ab	2.6ab	4.4a	38.0a

<sup>z</sup>Mean separation by DMRT, at 5% level.

무름병 저항성으로 선발된 5계통과 제주의 대표적인 재배품종인 '대지'와 '추백'에 대해 파종 95일 후 수량성을 비교한 결과는 Table 33과 같다.

총 수량에 있어서 K192-33계통 5,552kg/10a, K119-35계통 5,010kg/10a로 대조구인 '대지' 4,299kg/10a과 '추백' 4,793kg/10a보다 많았다. 반면 K90-11계통은 2,788kg/10a로 총 수량이 아주 적었다. K82-23계통 3,386kg/10a과 K150-36계통 3,906kg/10a의 총 수량을 보였지만 대조구인 '대지'와 '추백'의 총 수량보다 적었다. 상서중에 있어서는 총 수량이 가장 많았던 K192-33계통이 4,365kg/10a로 가장 많았으며 그 다음이 대조구인 '대지' 품종이 3,719kg/10a로 나타났다. 그러나 K119-35계통은 총 수량이 5,010kg/10a으로 높았으나 상서중은 3,541kg/10a로 '대지' 품종보다 조금 적게 나타났다. 총 수량에 대한 상서율을 보면 대조구인 '대지'가 87%로 가장 높았으며 K192-33계통이 79%로 높게 나타났다. K90-11계통은 상서율이 60%로 가장 낮았으며 대조구인 '추백'과 K119-35계통이 77%와 71%로 비교적 높게 나타났다.

수량성을 종합해 보면 K192-33과 K119-35계통은 수량성도 대조구보다 많았으며 상서율도 70%이상 되어 품종으로 육성이 가능하다고 판단되었다.

Table 33. Yield performance at 95 days after planting in soft rot resistant lines.

lines	Classify yield(kg/10a)						Total yield (kg/10a)	Marketable yield (kg/10a)	Marketable rate(%)
	Below 30g	31~ 50g	51~ 80g	81~ 150g	151~ 250g	Above 251g			
'Dejima'	251	65	264	714	2,496	509	4,299bcd <sup>z</sup>	3,719ab	87
'Chubeak'	232	511	376	1,354	1,268	1,052	4,793abc	3,674ab	77
K82-23	245	269	669	1,463	607	133	3,386de	2,202c	65
K90-11	280	344	504	958	702	0	2,788e	1,660c	60
K119-35	339	413	717	1,462	1,154	925	5,010ab	3,541ab	71
K150-36	341	342	535	1,318	820	550	3,906dc	2,688bc	69
K192-33	152	244	791	2,502	732	1,131	5,552a	4,365a	79

<sup>z</sup>Mean separation by DMRT, at 5% level.

무름병 저항성으로 선발된 5계통에 대한 병 발생 및 열개서 비율을 조사한 결과는 Table 34과 같다. 무름병 발생은 재배기간 중 대조구를 비롯한 모든 계통에서 발생이 없었다. 이는 재배기간 9월 중순부터 11월 초순까지 무름병 발생시기에 강우가 없어 병 발생이 없었던 것으로 사료되었다.

Table 34. Comparison of occurrence of soft rot and percent of dehiscence tuber of soft rot resistant lines in the field cultivation

Lines	'Dejima'	'Chubeak'	K82-23	K90-11	K119-35	K150-36	K192-33
Symptoms of soft rot	<sup>z</sup> -	-	-	-	-	-	-
Dehiscence tuber rate(%)	10	6	0	0	3	6	11

<sup>z</sup>- : no symptoms of soft rot

수확된 괴경 중 열개서(裂開薯) 비율을 보면 대조구인 '대지'가 10%로 나타난 반면 무름병 저항성 계통은 K150-33계통이 11%로 높은 계통을 제외한 나머지 계통들은 6%이하로 낮았다. 열개서는 토양수분과 밀접한 관계가 있으며 11월 하순 계속되는 강우로 대조구를 비롯한 몇몇 계통에서 열개서가 발생한 것으로 판단되며 지속적인 검토가 필요하다고 사료되었다.

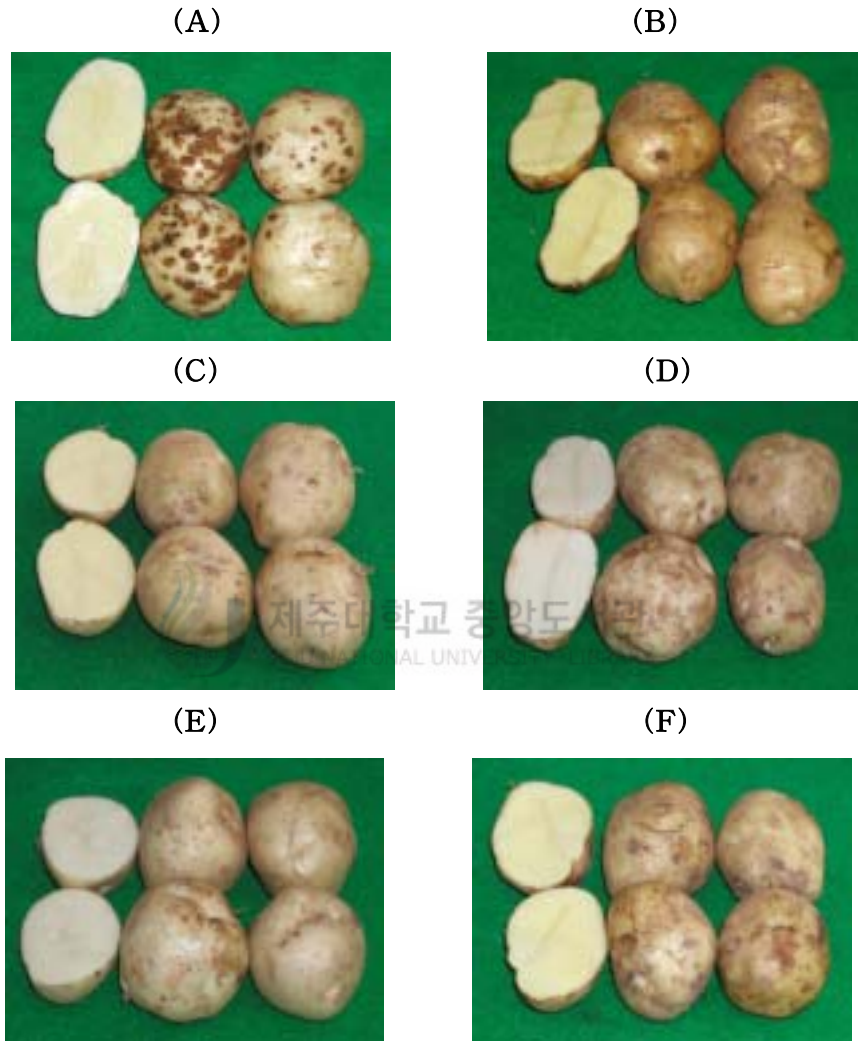


Fig. 16. Tuber morphological characteristics of the resistant BC<sub>2</sub> lines against soft rot lines. (A) : 'Dejima', (B) : K82-23, (C) : K90-11, (D) : K119-35, (E) : K150-36, (F) : K192-33.

이상의 결과를 종합해 보면 총 수량에 있어서 K192-33과 K119-35계통이 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’에 비해 아주 높았고 상서율도 70%이상 되어 품종으로 육성이 가능하다고 판단이 되고 K82-23계통과 K150-36계통은 총 수량은 대조구보다 적었지만 더뎡이병 강하고 열개서 비율이 적어 지속적인 농업적 형질평가가 필요한 계통으로 판단되었다.

## 6-2. 더뎡이병 저항성 계통의 농업적 특성

더뎡이병 저항성 검정으로 육성된 10계통에 대한 괴경특성 조사결과는 Table 35와 같다. 비중은 K13-8계통이 1.086으로 가장 높았고, 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’보다 높은 계통은 6계통이었고 4계통은 비슷하였다.

Table 35. Tuber characteristics of the resistant lines against potato common scab in BC<sub>2</sub> lines

BC <sub>2</sub> lines	Specific gravity	Value of starch	Tuber color of flesh	Tuber shape
‘Dejima’	1.066	10.9	light yellow	short oval
‘Chubeak’	1.069	11.6	white	round
K13-8	1.086	15.2	cream	round
K90-11	1.080	13.9	cream	round
K119-7	1.064	10.5	yellow	long
K119-43	1.067	11.1	light yellow	oval
K132-17	1.080	13.9	light yellow	oval
K150-28	1.070	11.8	light yellow	round
K192-13	1.061	9.9	cream	round
K192-33	1.078	13.5	cream	round
K192-36	1.066	10.9	light yellow	short oval
K193-98	1.079	13.7	cream	round

전분가에 있어서도 비중이 가장 높았던 K13-8 계통이 15.2로 가장 높았고 K90-11, K132-17계통이 13.9로 양호한 반면 K192-13은 9.9로 가장 낮았다. 감자 모양에 있어서 '추백'과 같은 둥근형은 K13-8 등 6계통이었고 K192-36계통이 '대지'와 같은 짧은 계란형이었다. 반면 K119-43과 K132-17계통은 계란형이었고 K119-7은 긴형으로 상품적 가치는 떨어지는 계통으로 판단되었다(Fig. 17).

감자 육색에 있어서 황색계통은 대조구 '대지'를 비롯하여 K119-7, K119-43, K132-17, K150-28, K192-36 등 5계통이었고, '추백'과 같은 백색 계통은 K13-8, K90-11, K192-13, K192-33, K193-98 등 5계통이었다.

더랭이병 저항성 10계통에 대해 과종 후 55일에 실시한 생육조사 결과는 Table 36과 같다.

Table 36. Growth and development characteristics at 55 days after sowing of potato common scab resistant BC<sub>2</sub> lines

BC <sub>2</sub> lines	Stem diameter(mm)	Plant height(cm)	No. of stem	No. of ramification	No. of leaf
'Dejima'	8.7bc <sup>z</sup>	33def	3.0abc	0.3d	30.5abcd
'Chubeak'	11.9a	38bcd	2.3bc	1.1bcd	30.6abcd
K13-8	9.4b	38bcd	3.7ab	2.4b	43.1a
K90-11	9.3b	35cde	2.7abc	1.2bcd	26.7bcde
K119-7	7.2c	34cde	3.7ab	2.2bc	29.3abcd
K150-28	9.4bc	49a	4.0a	0.5cd	40.5ab
K192-13	10.0ab	43abc	1.5c	0.0d	15.2e
K192-33	11.8a	46ab	2.4abc	4.1a	37.4abc
K192-36	9.7ab	24f	2.1bc	0.0d	19.7de
K193-98	9.8ab	27ef	2.4abc	1.3bcd	23.8cde

<sup>z</sup>Mean separation by DMRT, at 5% level.

주지킴기인 경경은 대조구인 '추백'의 11.9mm보다는 대부분 적었지만 '대지'의 8.7mm보다는 대부분 굵었으며, 특히 K192-33계통은 11.8mm로 선발계통 중 가장 굵었다. 경장은 K150-28계통이 49cm로 가장 길었으며 K192-33계통이 46cm로 양호하였다. 반면 K192-36, K193-98계통은 24cm와 27cm로 대조구 '대지'의 33cm보다 짧았다. 나머지 계통들은 '추백'과 비슷한 34~43cm로 나타났다. 선발계통 중 생육상태가 가장 저조한 K119-7계통은 경경이 7.2mm, 경장 34cm였다. 경수는 K150-28계통이 평균 4.0개로 가장 많았으며 K192-13계통이 1.5개로 가장 적었다. 일반적으로 가을 상품용 재배시 경수가 3개정도가 적당하다고 알려져 있는데 더덩이병 저항성으로 선발된 계통은 K192-13을 제외한 계통들은 경수가 평균 2.1개에서 4.1개까지 분포되어 있었고 이들은 상품용 재배에 알맞는 것으로 판단되었다. 측지수는 K192-33계통이 4.1개로 가장 많았으며 나머지 계통은 측지가 발생하지 않은 K192-13, K192-36 계통을 제외한 모든 계통에서 측지가 발생하였다. 엽수에 있어서는 경수 3.7개와 분지수 2.4개로 나타난 K13-8계통이 1주당 평균 43.1개로 가장 많았으며 K192-13계통이 15.2개로 가장 적었다.

결과를 종합하면 파종 후 55일 후의 생육상황은 대조구인 '대지'보다 대부분 양호하였으며 K150-28계통과 K192-33계통이 경경, 경장, 경수 등 농업적 특성이 우수하여 품종으로 육성 가능성이 크다고 판단되었다.

파종 후 75일에 실시한 생육조사 결과는 Table 37과 같이 파종 후 55일에 조사한 결과보다 경경은 0.1~2.2mm, 경장은 1~7cm, 경수는 0~0.7개, 측지수는 0.2~1.6개, 엽수는 0~2.8개 증가하였다. 경경에 있어서 K119-7계통이 파종 후 55일 조사에 비해 2.2mm 증가하여 9.4mm로 가장 큰 증가를 보였고 나머지 계통은 비슷한 결과가 나타났다. 경장은 K150-28계통이 파종 후 55일 조사시 49cm에서 56cm로 7cm 증가하였고 나머지 계통들은 비슷하였다. 경수, 측지수 및 엽수에 있어서도 55일 조사결과와 큰 차이가 없었다.

이상의 결과로 볼 때 감자의 괴경 형성 비대기가 파종 후 50일 전후로 알려져 있는데 이 시기에 감자의 영양생장이 멈추고 괴경 형성 및 비대기로 접어들어 생육은 크게 진행되지 않은 것으로 판단되었다.



Table 37. Growth and development characteristics at 75 days after sowing of potato common scab resistant BC<sub>2</sub> lines

BC <sub>2</sub> lines	Stem diameter(mm)	Plant height(cm)	No. of stem	No. of ramification	No. of leaf
'Dejima'	8.7d <sup>z</sup>	35fe	3.3abcd	0.5d	33.3abcd
'Chubeak'	12.0a	41bcd	2.7bcd	1.2cd	33.0bcd
K13-8	9.5cd	39cd	3.7abc	2.6bc	44.3a
K90-11	9.4cd	38de	2.7bcd	1.5cd	27.6cde
K119-7	9.4cd	39cd	3.8ab	3.8ab	39.3ab
K150-28	10.0bc	56a	4.3a	0.6d	43.6ab
K192-13	11.0ab	45bc	2.2cd	0.2d	23.3de
K192-33	11.9a	47b	2.6bcd	4.4a	38.0abc
K192-36	10.0bc	26g	2.3cd	0.4d	21.7e
K193-98	9.9bcd	28fg	2.5bcd	1.5cd	25.6de

<sup>z</sup>Mean separation by DMRT, at 5% level.

더랭이병 저항성으로 선발된 9계통과 대조구인 '대지'와 '추백'에 대해 과종 95일 후 수량성을 비교한 결과는 Table 38과 같다.

총 수량에 있어서 K192-33계통 5,552kg/10a, K192-13계통 5,154kg/10a로 대조구인 '대지' 4,299kg/10a과 '추백' 4,793kg/10a보다 많았다. 또한 K13-8계통도 4,575kg/10a로 '대지'보다 수량이 많았다. 반면 K90-11, K119-7, K119-43, K150-28, K193-98계통들은 총 수량이 3,000kg/10a이하로 나타났고 또한 상서율도 70%이하로 저조하여 품종으로 육성엔 적합하지 않은 계통으로 판단되었다. K192-36계통은 총 수량이 3,087kg/10a이었고 상서율도 76%로 높아 지속적인 농업적 형질평가가 필요한 계통으로 판단되었다.

상서율에 있어서는 총 수량이 가장 많았던 K192-33계통이 4,365kg/10a로 가장 많았으며 그 다음이 대조구인 '대지' 3,719kg/10a, 추백 3,674kg/10a과 K192-13계통 3,648kg/10a로 나타났다. 총 수량에 대한 상서율을 보면 대조구

인 ‘대지’가 87%로 가장 높았으며 K192-33계통이 79%로 높게 나타난 반면 K13-8계통, K150-28계통 및 K193-98계통들은 상서율이 50%이하로 아주 낮았다.

Table 38. Yield performance at 95 days after planting in potato common scab resistant lines

lines	Classify yield(kg/10a)						Total yield (kg/10a)	Marketable yield (kg/10a)	Marketable rate(%)
	Below 30g	31~ 50g	51~ 80g	81~ 150g	151~ 250g	Above 251g			
‘Dejima’	251	65	264	714	2,496	509	4,299c <sup>z</sup>	3,719a	87
‘Chubek’	232	511	376	1,354	1,268	1,052	4,793abc	3,674a	77
K13-8	351	295	1,641	1,937	351	0	4,575bc	2,288b	50
K90-11	280	344	504	958	702	0	2,788d	1,660bc	60
K119-7	249	162	369	855	655	0	2,290d	1,510bcd	66
K119-43	177	233	400	1,011	1,063	0	2,884d	2,074b	72
K150-28	617	736	742	408	255	0	2,758d	663d	24
K192-13	332	374	800	2,470	1,178	0	5,154ab	3,648a	71
K192-33	152	244	791	2,502	732	1,131	5,552a	4,365a	79
K192-36	219	120	397	812	1,539	0	3,087d	2,351b	76
K193-98	287	597	937	1,003	0	0	2,824d	1,003cd	36

<sup>z</sup>Mean separation by DMRT, at 5% level.

더텡이병 저항성으로 선발된 계통에 대한 포장재배에 의해 수확된 괴경의 더텡이병 발생정도를 조사한 결과는 Table 39와 같다.

대조구인 ‘대지’는 이병정도가 2.7로 나타나 더텡이병 발생이 많은 반면 ‘추백’은 이병정도가 1.3으로 ‘대지’보다 더텡이병에 저항성으로 나타났다. 이러한 결

과는 더뎡이병 이병포장 재배에 의한 저항성 검정 결과와 같았다.

반면 저항성으로 선발된 계통들은 이병정도가 K13-8계통을 제외한 모든 계통들은 이병정도가 1.0이하로 저항성으로 나타났다. 특히 수량성이 높았던 K192-33계통과 K192-13계통은 더뎡이병 이병정도가 0.4와 0.1로 아주 높은 저항성을 보였다.

Table 39. Comparison of occurrence common scab of selected scab resistant lines after field cultivation

BC <sub>2</sub> line	Level of severity <sup>z</sup>	Rate of infected tuber(%) <sup>a</sup>	Infection area per tuber(%) <sup>y</sup>	Marketable tubers(%) <sup>x</sup>
'Dejima'	2.7±0.24	77±8.9	69±6.2	23±8.9
'Chubeak'	1.3±0.31	30±6.7	34±7.6	70±6.7
K13-8	1.3±0.31	30±6.7	34±7.6	70±6.7
K90-11	1.0±0.04	23±4.4	26±1.3	77±4.4
K119-7	0.7±0.19	11±5.8	15±4.2	84±5.8
K119-43	0.9±0.24	19±6.4	22±6.2	81±6.2
K150-28	0.4±0.13	12±3.6	10±3.1	88±3.6
K192-13	0.1±0.11	3±4.4	4±3.6	97±4.4
K192-33	0.4±0.13	9±5.8	14±4.4	91±5.8
K192-36	0.4±0.40	8±10.2	10±10.2	92±10.2
K193-98	0.2±0.07	6±2.2	5±1.3	94±2.2

<sup>z</sup>Level of severity to common scab was 0 : no symptoms of common scab, 1 : little, 2 : moderate, 3 : serious , 4 : very serious.

<sup>a</sup>Rate of infected tuber(%) = infected tuber/total tuber×100

<sup>y</sup>Infection area per tuber(%) = [(0n)+(1n)+(2n)+(3n)+(4n)/number of total investigated tubers×4]×100, n=number of scab infected tubers.

<sup>x</sup>Marketable tubers(%)= number of tuber with symptom degree 0, 1/number of total investigated tubers ×100.

더텅이병 이병율에 있어서 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’의 77%와 30%에 비해 저항성 계통들은 3~30%였으며, 특히 수량성이 높은 K192-33계통과 K192-13계통은 9%와 3%로 나타나 더텅이병에 감염된 괴경수가 아주 적었다.

각 계통별 열개서 비율을 조사한 결과는 Table 40과 같다. 총 괴경수에 대한 열개서 비율은 총 수량이 가장 많았던 K192-33계통이 11%로 대조구인 ‘대지’의 10%보다 조금 높았으며 나머지 계통들은 9%이하로 낮았다.

Table 40. Comparison of percent of dehiscence tuber of selected scab resistant lines after field cultivation

Lines	Dej- ima	Chu- beak	K13- 8	K90- 11	K119 -7	K119 -43	K150 -28	K192 -13	K192 -33	K192 -36	K193 -98
Dehiscence tuber rate(%)	10	6	4	0	4	1	0	7	11	9	0

이상의 결과를 종합해 보면 K192-13계통, K192-33계통과 K13-8계통은 총 수량에 있어서 대조구 ‘대지’보다 많았고 더텅이병에 강하여 저항성 품종으로 육성이 가능할 것으로 생각되었고, 특히 K192-33계통은 무름병에도 저항성으로 선발된 계통으로 복합 병 저항성 품종으로 육성이 가능할 것으로 판단되었다.

앞으로 선발된 계통은 품종등록을 위한 지역적응시험 등을 통해 정밀한 농업적 특성 평가 및 상품가치 등을 검토하여야 할 것으로 판단되었다.



Fig. 17. Tuber morphological characteristics of the resistant lines of potato common scab in BC<sub>2</sub> lines. (A):'Dejima', (B):'Chubeak', (C):K13-8, (D):K90-11, (E):K119-7, (F):K119-43, (G):K132-17, (H):K150-28, (I):K192-13, (J):K192-33, (K):K192-36, (L):K193-98.

## V. 종합고찰

제주 감자농업의 지역 경제적 위치는 재배면적 7,000ha, 생산량 12만톤, 조수익 1,000억원에 이르는 제2의 소득작물로 전국 재배면적의 30%를 차지하는 작물이다(김, 2000). 재배 작형 별로 보면 가을감자 씨감자용으로 재배하는 봄재배 14%, 제주의 온난한 기후를 이용하여 감자 단경기인 1~5월에 출하를 목표로 재배하는 가을재배 60%, 겨울재배 26%를 차지하고 있다. 그러나 제주 감자재배시 가장 큰 문제는 2기작으로 재배 가능한 다양한 품종이 없어 '대지'가 90%, '추백' 8%, 기타 2%로 한 품종에 집중되어 있다는 점이다. 더구나 '대지'는 감자재배 시 무름병 및 더덩이병에 약하여 심각한 문제로 대두되고 있다. 이러한 병 저항성 품종육성을 위해 *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*로부터 유래된 재배종 감자는 병 저항성 형질이 없어 야생종 감자의 병 저항성 형질을 재배종으로 도입하는 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 병 저항성 형질은 갖고 있지만 재배종 감자와 교배가 되지않는 야생종 *S. brevidens*와 제주의 주 품종인 '대지'와의 원형질체 융합으로 얻어진 체세포잡종 1024를 이용하여 '대지'와의 여교잡을 통해 무름병과 더덩이병 저항성 계통을 육성하였고, 이들에 대한 형태적, 유전적 특성 분석과 농업적 형질평가를 실시하였다.

여교잡에 이용된 체세포잡종 1024의 형태적 특성에 있어서는 6배체인 체세포잡종 1024는 4배체 재배품종인 '대지'보다 생육이 왕성하여 경장이 길었으며 잎도 넓고 큰 형태를 보였고 줄기에는 안토시아닌 색소를 가지고 있었다. 또한 상품성에 영향을 미치는 감자모양에 있어서 체세포잡종 1024의 괴경은 아주 길고 기형이었으며 상품용으로서의 이용가치가 없었던 반면 여교잡으로 이용된 '대지'는 괴경모양이 짧은 계란형으로 양호하였다.

이러한 결과로 볼 때 '대지'와의 여교잡을 통한 병 저항성 형질도입도 중요하지만 감자의 형태적 특성이 상품적 가치가 있는 형태로 바뀌 나가는 육종작업이 필요하다고 판단되었다.

병 저항성 형질을 도입하기 위해 체세포잡종 1024의 괴경을 배지경 양액재배를 이용하여 재배하였다. 수량성은 파종 90일, 120일 후 조사한 결과는 체세포잡종 1024는 파종 후 90일에는 주당 괴경수가 2.7개였고, 주당 괴경의 무게도 87g으로 대조구인 '대지'의 4.3개, 268g보다 아주 적었지만 파종 120일 후 결과는 주당 괴경수가 4.2개, 주당 무게가 452g로 현저히 증가하였다. 이러한

결과는 ‘대지’의 숙기가 100일정도 인데 반해 체세포잡종 1024의 숙기는 120일 이상으로 만생중에 가까웠다.

체세포잡종 1024를 모본으로 ‘대지’를 화분친으로 하여 여교잡에 의한 병 저항성 형질도입시 체세포잡종 식물체의 임성은 가장 중요한 요인이 된다. 체세포잡종 1024을 모본으로 ‘대지’를 화분친으로 129개의 체세포잡종 1024의 꽃에 ‘대지’의 화분을 가지고 수분한 결과 결실율은 32%였으며 과당 종자수는 27개였다. 이러한 결과로 체세포잡종 1024을 이용하여 교잡에 의한 병 저항성 형질도입이 가능하다는 결론을 얻었다. 체세포잡종 식물체의 불임을 극복하는 방안으로는 Brown과 Thorpe(1995)는 체세포잡종 식물체와 융합친 간의 재원형질체 융합과 체세포잡종 식물체의 세포 현탁배양을 통해 야생종 감자의 일부 염색체를 제거함으로써 임성을 회복할 수 있다고 보고하였다.

체세포잡종 1024는 도입하고자 하는 유용한 형질을 가지고 있지만 상업품종으로 바로 이용하기에는 문제가 있었다. 체세포잡종 식물체가 가지고 있는 병 저항성 유전자를 유지하면서 열악한 특성을 제거하기 위해서는 재배품종과 여교잡 육종법을 이용해야 한다(Yamada 등, 1998, Thieme 등, 1997).

병 저항성 형질을 도입하고자 체세포잡종 1024와 ‘대지’와의 여교잡에 의해 육성된 BC<sub>1</sub>계통을 한 계통으로 분류하고 K1, K2 . . . 등으로 명명하여 이를 다시 ‘대지’를 화분친으로 하여 여교잡을 실시하였다. BC<sub>1</sub>계통들에 대한 교잡을 등의 결과는 전체적으로 생육 및 개화상태가 양호한 16계통 220개의 꽃 중 117개의 과실을 얻어 결실율은 53%였고, 과실당 평균 종자수는 30개였다. 그러나 각 계통별 결실율을 보면 가장 우수한 결과를 보인 계통은 K90계통이 10개를 교잡한 결과 8개, K192계통이 25개중 20개의 과실을 얻어 80%로 가장 높은 결실율을 보인 반면 K48계통이 12개를 교잡한 결과 1개의 과실을 얻어 8%로 매우 저조하였다. 이러한 계통간의 차이는 유전적 원인에 의한 경우도 있겠지만 식물체의 생육상태에 따라 달라지므로 여교잡 육종모본 및 부분으로 이용할 육종재료의 재배가 아주 중요하고 교배 후 종자의 충실도를 높이기 위해 땅속의 괴경을 제거하는 작업을 병행하여야 할 것으로 판단 되었다.

2번의 여교잡을 통해 육성된 3,000여 BC<sub>2</sub>계통에 대한 병 저항성 검정에 의한 계통 선발, 형태적, 유전적 특성 검정 및 병 저항성으로 선발된 계통에 대한 농업적 형질 평가를 실시하였다.

먼저 병 저항성 검정을 위해 3,000여개의 많은 BC<sub>2</sub>계통 중 저항성 계통을 선발을 통해 계통수를 줄이는 것이 중요하여 이들을 MS배지에 파종하여 얻



은 배양묘를 가지고 배양단계에서 무름병 균을 접종하여 저항성 계통을 선발하였다. 무름병균 접종 적정농도를 선발하기 위해 ‘대지’ 배양묘를 이용하여 무름병 병증이 나타나는  $3.3 \times 10^6$  cfu/ml 농도를 선발하여 이를 3,000여 BC<sub>2</sub> 배양계통에 접종한 결과 대부분이 무름병에 의해 고사하였고 220계통이 병증이 없고 생육상태가 양호하여 저항성 계통으로 선발하였다.

Austin 등(1988)은 *S. brevidence* 계통을 원형질체 융합친으로 이용하여 만든 체세포잡종 1024는 감자 무름병에 강한 저항성을 가지고 있다고 보고 하였는데 본 연구에서 배양계통에 대한 무름병 저항성으로 선발된 계통은 체세포잡종 1024의 저항성 유전자가 도입된 것으로 줄기, 잎 및 괴경에 대한 무름병 저항성 검정을 통해 저항성 품종으로 육성이 가능 할 것으로 판단되었다.

감자 무름병의 특징은 잎이나 줄기에 수침상 압록색 부패를 일으키며 고온 다습하에서 급격히 병증이 확대되며, 내부가 물러 썩는 병(Lim, 1999)으로 전 세계적으로 감자 재배지마다 많이 발생하는 세균병이다. 무름병 균 줄기 및 잎 접종에 의한 저항성 검정은 바늘을 이용하여 식물체의 잎과 줄기 각 3곳에 상처를 내어 무름병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*을 스프레이하여 접종하였고, 상대습도 80%와 온도 24℃ 이상 높이기 위하여 점적관을 이용하여 바닥에 물을 공급하였고 터널을 만들어 비닐멀칭을 하였다. 검정결과 ‘대지’와 여교잡을 실시한 BC<sub>1</sub>계통에 따라 육성된 BC<sub>2</sub>계통의 저항성 정도가 다양하게 나타났고 전체적으로 226계통중 121계통이 저항성으로 선발되어 54%Fig. 저항성을 보였다.

Watanabe 등(1995)은 저항성 계통과 감수성 계통간의 상호 교배를 했을 때 각기 다양한 저항성이 나타나는데 이는 male의 인자형에 대한 female의 상호 작용과 조합능력 차이에 따른 것이라고 보고하고 있다. 본 연구의 결과는 BC<sub>2</sub> 계통들이 다양한 저항성 또는 감수성으로 나타난 것으로 볼 때 병에 대한 방어는 여러 유전자가 관련되어 복잡한 기작에 의한 것으로 판단되었다.

무름병 균 괴경 접종에 의한 저항성 검정에 있어서 An(2000)의 보고에 의하면 야생종 *Solanum brevidens*와 ‘대지’와의 원형질체 융합으로 만들어진 체세포잡종 1024의 괴경은 재배품종인 ‘대지’와 ‘수미’에 비해 무름병에 저항성을 가지고 있다고 보고하였다. 무름병 저항성 계통을 육성하기 위해 병 저항성 체세포잡종을 이용한 본 연구결과 159계통중 78계통이 저항성으로 선발되었고 49%의 저항성을 보였다. 이러한 결과는 체세포잡종과 ‘대지’와의 여교잡에 의해 만들어진 BC<sub>2</sub>계통 중 야생종의 무름병 저항성 형질이 교잡에 의해 도입된 계통은 저



항성을 보이는 것으로 사료된다. 무름병 저항성 검정 결과를 종합해 보면 220계통 중 줄기 및 잎에 저항성 121계통, 괴경에 저항성 78계통이 선발되었고, 특히 이들 중 45계통만이 줄기, 잎 및 괴경 모두에서 저항성을 보여 줄기에 저항성인 계통이 괴경에도 저항성을 갖는 것은 아닌 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 식물체 기관별 병 저항성 기작은 다르다고 판단되고 이러한 기작 연구는 앞으로 계속 되어야 할 것으로 사료되었다. 저항성으로 선발된 계통 중 괴경특성 및 모양 등을 검토하여 최종 5계통을 무름병 저항성 계통으로 선발하였고 이들 계통은 무름병 저항성 품종으로 육성하기 위해 농업적 형질 및 상품적 가치 평가 등을 실시하였다.

더듬이병을 일으키는 병은 *Streptomyces scabies*(Lambert와 Loria, 1989a)를 비롯한 *S. acidiscabies*(Lambert와 Loria, 1989b; Loria 등, 1986), *S. aureofaciens*(Faucher 등, 1993), *S. caviscabies*(Goyer 등, 1996), *S. turgidiscabies*(Miyajima 등, 1998) 등 다수가 보고되어 있고, 제주도에서는 *Streptomyces scabies* 37.7%, *S. acidiscabies* 18.0%, *S. turgidiscabies* 14.8% 비율로 분포되어 있고 29.5%가 동정하지 못하였다고 보고되어 있다(홍, 2001). 본 연구에서는 BC<sub>2</sub>계통에 대한 더듬이병 검정은 첫째, 저항성 검정을 할 괴경에 더듬이병 균 *S. scabies*, *S. turgidiscabie* 및 *S. acidiscabies*을 접종하여 저항성 검정을 하였고 둘째, 화분재배를 이용하여 제주도 토양에 가장 많이 분포되어 있는 *S. scabies*을 재배상토 및 파종할 괴경에 접종하여 저항성 검정을 하였고 셋째, 더듬이병균이 오염된 포장재배에 의해 저항성 계통을 선발하여 괴경특성 및 괴경모양 등을 검토하여 품종화가 가능한 10계통을 선발하였다.

BC<sub>2</sub>계통에 대해 괴경 접종에 의한 저항성 검정은 Conn 등(1991)의 방법으로 실시한 결과 무름병 검정과 달리 저항성 계통이 적었고 저항성율도 36% 이하로 낮았다. 3종의 더듬이 병원성균 *S. scabies*, *S. turgidiscabie* 및 *S. acidiscabies* 모두에 저항성 계통은 23계통이었다. 이러한 결과는 병원균에 따라 저항성을 보이는 계통이 다른 것은 각 균에 대한 저항성 기작이 다르다고 판단되어 계속적인 병 방어 기작에 관한 연구가 필요하다고 생각되었다.

더듬이병균 상토 및 종서 접종에 의한 저항성 검정은 제주에서 더듬이병 발생포장에 가장 많이 분포된 더듬이병균 *S. scabies*를 이용하여 검정결과 ‘대지’에서도 병반이 적었고 거의 모든 계통에서 병증이 나타나지 않았다. 이러한 결과는 재배 후 상토의 *S. scabies* 농도가  $1.5 \times 10^6$ cfu/ml로 나타나 이러한 농도는 더듬이병 발생에는 균 밀도가 낮아 더듬이병 발생이 적어 이러한 방법으

로 저항성 계통을 선발하는 것은 어렵다고 판단되었다.

더덩이병 이병포장재배에 의한 저항성 검정결과 재배품종인 '대지'의 이병율이 61%, '추백'은 23%인 반면 저항성으로 선발된 44계통은 10% 미만으로 큰 차이를 보였다. 홍(2001)의 보고에 의하면 제주에서 더덩이병 발생은 '대지'인 경우 가을감자에서 조사포장 93%에서 더덩이병이 발생하였고, 이병율은 0~90%까지 이병율을 보였다고 하였다. 이처럼 제주의 주 품종인 '대지'가 더덩이병에 약하여 최근 감자재배에 있어서 큰 문제가 되고 있고 이를 해결 할 방법은 저항성 품종육성과 이를 재배하는 것이 가장 바람직한 방법이라는 결론을 얻었다. 또한 여러 연구자의 보고에 의하면 더덩이병 방제에 있어서 화학적 방제나 생물학적 방제가 어렵고 저항성 품종재배가 가장 효과적이라는 보고가 이를 증명하고 있다.

현재 재배되고 있는 품종 대부분이 4배체로서 체세포잡종 1024(6n)와 대지(4n)와의 여교잡에 의해 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대한 배수성 검정은 상당히 중요하다. 육성된 모든 계통에 대해 배수성 검정은 하지 못했지만 병 저항성 계통으로 선발된 계통을 포함한 44계통, 체세포잡종 1024 및 '대지'에 대한 배수성 검정을 flow cytometry를 통한 DNA함량 측정으로 검정하였다. 체세포잡종 식물체에 있어서 An(2000)의 보고에 의하면 융합친으로 4배체와 2배체를 사용하여 원형질체 융합에 의해 육성된 체세포잡종 식물체에 대한 flow cytometry를 이용한 배수성을 조사한 결과  $4x + a$ 에서  $8x + a$ 까지 다양한 분포를 보였고 50% 이상은 6배체로 나타났다고 하였다. 특히, 본 연구에서 여교잡 모본으로 이용되었던 체세포잡종 1024는 배수성이 6배체 식물체라는 보고와 일치하는 결과를 얻었다. 44계통 중 88%인 39계통이 4배체였고 1계통은 6배체로 나타났으며 나머지 4계통은 정확한 배수성 판정이 어려워 염색체 검정 등 정밀한 배수성 검정이 필요하다고 판단되었다.

병 저항성으로 선발된 계통에 대한 형태적 특성을 UPOV(1986) 조사기준 50항목 중 육안으로 구별이 뚜렷한 12항목에 대해 조사한 결과 여교잡 모본인 체세포잡종 1024와 화분친인 '대지'와는 형태적 특성이 크게 달랐다. 이는 6배체인 체세포잡종과 4배체인 '대지'의 교잡에 의한 BC<sub>2</sub>계통 육성 시 유전자가 극도의 이형접합성으로 유전 분리가 매우 심하게 일어나 표현형이 매우 다르게 나타난 결과라 생각된다. 또한 식물체에서의 형태적 변이는 식물체 염색체의 소실(Preisner 등, 1991), 염색체의 구조적인 재조합(Creissen과 Karp, 1985) 등의 원인으로 보고하고 있다. 이러한 결과를 바탕으로 무름병 저항성

5계통 및 더덩이병 저항성 8계통 등 13계통과 처음 여교잡을 실시한 체세포잡종 1024와 ‘대지’에 대해 형태적 형질을 가지고 distance matrix를 작성하여 UPGMA cluster analysis program을 이용하여 dendrogram을 그려 유연관계를 분석한 결과 거리지수가 0.866~4.021로 나타나 이러한 수치는 상당히 근연관계가 먼 것으로 이는 달관조사시 구분이 뚜렷한 12개의 형태적 형질만을 이용하여 나타난 결과로서 많은 형질을 가지고 보다 정밀한 검토가 필요하다고 생각된다.

계통간 PCR-RAPD 분석을 통한 유연관계 분석을 위해 URP primer 선정은 20bp oligomer로 구성된 URP primer를 이용하였다. 이 primer는 annealing 온도를 55℃ 이상에서 실시할 수 있어 재현성이 뛰어나다는 점과 32종의 식물, 동물 및 미생물에 다양한 밴드양상을 보여준다는(Kang 등, 1997) 장점이 있다. 본 연구에서 URP primer 12개 중 primer 검색결과 계통간 밴드의 다형성이 높은 5개 primer를 이용하여 BC<sub>2</sub> 42계통, 교잡에 이용되었던 체세포잡종과 ‘대지’ 품종에 대해 PCR-RAPD에 의한 유연관계 분석결과 유사도 지수는 0.2부터 0.8까지로 다양한 분포를 보였고 UPGMA cluster analysis program을 이용하여 dendrogram을 작성한 결과 유사도 지수 0.45를 기준으로 할 때 공시한 44계통은 12개 군으로 분류가 되었고 이 중 ‘대지’ 품종이 속한 군에는 14계통, 체세포잡종 1024가 속한 군에는 5계통이 속하였다. 이러한 결과는 박(1996) 등이 RAPD기법을 이용하여 감자 육성계통으로 대관56호외 9계통과 도입품종인 ‘Superior’외 13품종 등 25품종 및 계통에 대해 유연관계를 분석하여 감자 품종육성 기초자료로 이용한 것처럼 병 저항성 계통 선발시 활용이 가능할 것으로 생각되었다.

저항성 계통으로 육성된 15계통에 대한 괴경특성 조사 결과에 있어서 비중 및 전분가는 1계통을 제외한 나머지 계통들은 대조구 ‘대지’보다 높았으며 무름병 저항성 품종으로 선발된 K82-23계통은 전분가가 14.4로 ‘대지’의 10.9보다 아주 높았다. 괴경모양은 대부분이 둥근형 및 계란형이었고 육색은 황색과 백색이었다. 이러한 감자 모양 및 육색은 현재 소비자의 기호가 둥근형태를 선호하는 경향이 있어 충분한 상품적 가치가 있을 것으로 판단된다.

무름병 및 더덩이병 저항성으로 선발된 계통에 대해 파종 후 55일과 75일에 생육조사를 한 결과 경경은 8.7~13.4mm로 다양하게 나타났고, 26~56cm로 계통간 큰 차이를 보였다. 경수 또한 1.3~4.3개, 측지수는 0.2~4.4개로 나타났고, 파종 후 75일에 실시한 생육조사 결과는 파종 후 55일 조사한 결과와 큰

차이는 없었고 이는 감자의 괴경 형성 비대기가 과종 후 50일 전후로 알려져 있는데 이 시기에 감자의 영양생장이 멈추고 괴경형성 및 비대기로 접어들어 생육은 더 이상 진행되지 않은 것으로 판단되었다. 또한 저항성으로 선발된 계통들의 생육조사 결과로 볼 때 2계통을 제외한 나머지 계통들은 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’에 비해 양호하여 제주에 적합한 품종으로 개발이 가능하다고 판단되었다.

무름병 및 더뎡이병 저항성으로 선발된 계통에 대해 과종 후 95일에 실시한 수량조사 결과 무름병 및 더뎡이병에 저항성을 보인 K192-33계통의 총 수량은 5,552kg/10a 이었고, 무름병 저항성으로 선발된 K119-35계통은 5,010kg/10a로 대조구인 ‘대지’ 4,299kg/10a과 ‘추백’ 4,793kg/10a보다 많았고 상서율도 70%이상 높았다. 더뎡이병 저항성으로 선발된 9계통 중 K192-13계통은 5,154kg/10a로 대조구인 ‘대지’와 ‘추백’보다 많았다. 또한 K13-8계통도 4,575kg/10a로 ‘대지’보다 수량이 많았다. 또한 이들 계통은 더뎡이병에 아주 저항성이었고 상서율도 70%이상 높아 더뎡이병 저항성 품종으로 육성이 가능한 계통으로 판단되었다. 특히 K192-33계통은 무름병 및 더뎡이병 저항성으로 선발된 계통으로 수량이 많고 복합 병 저항성으로 나타나 제주에 적합한 품종으로 육성이 가능하다고 판단되었다. 앞으로 선발된 우수한 계통들은 품종등록을 위한 지역적응시험과 감자의 질을 판단하는 성분분석 등 정밀한 농업적 특성 및 상품가치 평가 등을 통해 품종으로 육성되어야 할 것이다.



## VI. 적 요

제주 감자재배의 주 품종인 ‘대지’에 문제가 되고 있는 무름병과 더덩이병 저항성 품종을 육성하고자 이들 병에 저항성 형질은 갖고 있지만 재배종 감자와 교배가 되지 않는 야생종 *S. brevidens*와 ‘대지’와의 원형질체 융합으로 얻어진 중간 체세포잡종 1024를 모본으로 하여 ‘대지’와의 교잡을 통해 무름병 저항성 계통과 더덩이병 저항성 계통을 육성하였고, 이들에 대한 형태적, 유전적 특성 분석과 농업적 형질평가를 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 6배체인 체세포잡종 1024의 형태적 특성은 4배체 재배품종 ‘대지’보다 경장이 길었으며 잎도 넓고 큰 형태를 보였고, 줄기에는 안토시아닌 색소를 가지고 있었다. 감자 모양은 아주 긴 형태의 기형서였고, 눈의 깊이는 매우 얇았다.

배지경 양액재배시 체세포잡종 1024의 수량성은 과종후 90일에는 주당 괴경수가 2.7개였고, 주당 괴경의 무게도 87g으로 대조구인 ‘대지’의 4.3개, 268g보다 아주 작았지만, 과종 후 120일에는 주당 괴경수가 4.2개, 주당 무게가 452g로 현저히 증가하였다

2. 체세포잡종 1024의 교잡율을 알아보기 위해 129개의 체세포잡종 1024의 꽃에 ‘대지’의 화분을 교배한 결과 결실율은 32% 였으며, 과실당 종자수는 27개였다. 이 종자에서 얻어진 BC<sub>1</sub> 16계통 220개의 꽃에 ‘대지’화분을 여교잡 시킨 결과 117개의 과실을 얻어 결실율은 53%였고, 과실당 평균 종자수는 30개였다.

3. BC<sub>1</sub>계통과 ‘대지’와의 여교잡으로 육성된 3,000여 배양계통에 대한 무름병 저항성 검정은 ‘대지’ 배양묘에서 선발된 무름병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* 적정농도  $3.3 \times 10^6$ cfu/ml를 접종한 결과 220계통이 무름병 증상이 없었고 생육상태가 양호하여 저항성 계통으로 선발하였다.

4. BC<sub>2</sub>계통을 대상으로 줄기 및 잎에 대한 무름병 저항성 계통을 선발하기 위해 바늘로 식물체 잎과 줄기에 상처를 내어 감자 무름병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* 농도를  $3.6 \times 10^6$ cfu/ml로 접종한 결과 226계통 중 118계통이 저항성으로 선발되었다.

5. BC<sub>2</sub>계통을 대상으로 괴경에 대한 무름병 저항성 계통을 선발하기 위해 괴경을 1/2로 절단하여 절단면에 6mm편치로 5mm깊이 구멍을 뚫어 감자 무름병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* 4×10<sup>6</sup>cfu/ml 농도로 30μl를 접종한 결과 159계통 중 78계통이 저항성으로 선발되었다.
6. 무름병 저항성 검정을 종합해 보면 121계통이 줄기 및 잎에 저항성으로 선발되었고, 78계통이 괴경에 저항성으로 선발되었다. 특히, 이들 계통 중 45계통은 줄기, 잎 및 괴경 모두에 저항성을 보였고 이 중 괴경특성 및 모양이 양호한 5계통을 무름병 저항성 계통으로 최종 선발하였다.
7. BC<sub>2</sub>계통을 대상으로 검정할 괴경을 1/2로 절단하여 더덩이병원균 *S. scabies*, *S. turgidiscabie* 및 *S. acidiscabies*를 접종한 결과 143 계통 중 23계통이 이들 모두에 저항성으로 선발되었으며, 나머지 46계통은 2종의 더덩이병원균 또는 1종의 더덩이병원균에 저항성으로 나타났다.
8. 더덩이병원균 *S. scabies*를 재배상토 및 과중중서에 접종하여 저항성 검정결과 더덩이병에 약한 ‘대지’에서도 병반이 적었고 거의 모든 검정계통에서 병증이 나타나지 않아 이러한 방법으로 저항성 계통선발은 어렵다고 판단되었다.
9. 더덩이병 이병포장 재배에 의한 저항성 검정결과 재배품종인 ‘대지’의 이병율은 61%, ‘추백’은 23%인 반면, 저항성으로 선발된 44계통은 10% 미만이었다. 더덩이병 저항성 검정을 통해 선발된 저항성 계통 중 괴경특성 및 모양이 양호한 10계통을 더덩이병 저항성 계통으로 최종 선발하였다.
10. 체세포잡종 1024(6n)와 대지(4n)와의 여교잡에 의해 육성된 BC<sub>2</sub>계통에 대해 flow cytometry를 통한 DNA함량을 측정하여 배수성을 검정한 결과 44계통 중 88%인 39계통이 4배체로 확인되었고, 1계통은 6배체로 나타났으며 나머지 4계통은 정확한 배수성 판정이 어려웠다.
11. 무름병 및 더덩이병 저항성으로 선발된 15계통에 대한 형태적 특성을 UPOV 조사기준 50항목 중 12항목에 대해 조사한 결과 여교잡 모본인 체세포잡종 1024와 부분인 ‘대지’와는 형태적 특성이 크게 달랐고 대부분 중간의 형태적 특성이 나타났다.



12. 무름병 및 더뎡이병 저항성으로 선발된 15계통의 형태적 형질을 가지고 유연관계 분석결과 거리지수 2.70을 기준으로 '대지'와 같은 군에 속한 계통은 10계통이었고, 체세포잡종 1024와 같은 군에 속한 계통은 2계통이었다. 나머지 계통은 체세포잡종 1024 및 '대지'와는 거리가 멀었고 형태적 특성이 많이 달랐다.

13. 계통간 PCR-RAPD을 통한 유연관계 분석을 위해 12개의 URP primer 중 계통간 밴드의 다형성이 높은 5개 primer를 선발하였다. 이를 이용한 PCR-RAPD 분석결과 유사도 지수는 0.2부터 0.8까지 다양한 분포를 보였고, 이를 바탕으로 dendrogram을 그려 유연관계를 분석한 결과 '대지' 품종이 속한 군에는 14계통, 체세포잡종 1024가 속한 군에는 5계통이었다. 나머지 계통들은 중간의 유전적 특성을 보였다.

14. 무름병 및 더뎡이병 저항성 계통으로 육성된 15계통에 대한 괴경특성 조사 결과 전분가는 대조구인 '대지'의 10.9와 추백의 11.6에 비해 무름병 저항성 K82-23계통은 15.4로 가장 높았고, 더뎡이병 저항성 계통 중 K13-8계통이 15.2로 높았다. 괴경모양은 둥근형 또는 계란형이었고, 육색은 황색 또는 백색 계통이었다.

15. 무름병 및 더뎡이병 저항성으로 선발된 15계통에 대해 파종 후 55일과 75일에 실시한 생육조사 결과 이들 병에 저항성을 보인 K192-33계통이 경경 11.8mm, 경장 46cm, 경수 2.4개, 측지수 4.1개, 엽수 37.4개로 가장 양호한 반면 K90-11 등 4계통은 저조하였다.

16. 무름병 및 더뎡이병 저항성으로 선발된 계통에 대해 파종 후 95일에 실시한 수량조사 결과 무름병 및 더뎡이병에 저항성을 보인 K192-33계통의 총 수량은 5,552kg/10a 이었고, 무름병 저항성으로 선발된 K119-35계통은 5,010kg/10a로 대조구인 '대지' 4,299kg/10a과 '추백' 4,793kg/10a보다 많았고 상서율도 70%이상 높았다. 더뎡이병 저항성으로 선발된 9계통 중 K192-13계통은 5,154kg/10a로 대조구인 '대지'와 '추백'보다 많았다.

## VII. 인 용 문 헌

- Abbott, A.J. and R.K. Atkin. 1987. Improving vegetatively propagated crops. Academic Press. New York.
- A1-Atabee, J.S., B.J. Mulligan, and J.B. Power. 1990. Interspecific somatic hybrids of *Rudbeckia hirta* and *R. laciniata*(Compositae). Plant Cell Report 8:517-520.
- Agrios, G.N. 1978. Plant Pathology 2nd ed. Academic Press. New York. pp. 78-154.
- An. G., B.D. Waston, and C.C. Chiang. 1996. Transformation of tobacco, tomato, potato, and *Arabidopsis thaliana* using a binary Ti vector system. Plant Physiol. 81:301-305.
- An, Y.K. 2000. Introgression of resistance to PLRV, PVY, soft rot and late blight through interspecific somatic hybridization in potato. Ph.D. Thesis. Seoul National University. pp. 16-100.
- Austin, S., E. Lojkowska, M.K. Ehlenfeldt, A. Kelman, and J.P. Helgeson. 1988. Fertile interspecific somatic hybrids of *Solanum*: A novel source of resistance to Erwinia soft rot. Phytopathology 78:1216-1220.
- Austin, S., J.D. Pohlivan, C.R. Brown, H. Mojtahedi, G.S. Santo, D.S. Douches, and J.P. Helgeson. 1993, Interspecific somatic hybridization between *Solanum tuberosum* L. and *S. bulbocastanum* Dun. as a means of transferring nematode resistance. American Potato Journal 70:485-495.
- Bates, G.W. and C.A. Hasenlcampf. 1984. Culture of plant somatic hybrids following electrical fusion. Theor. Appl. Gene. 70:227-223.



- Bloch, W. 1991. A biochemical perspectives of the polymerase chain reaction. *Biochemistry* 30:2735-2747.
- Bradshaw J.E. and G.R. Mackey. 1994. *Potato Genetics*. CAB International. Wallingford.
- Brown, C.R., H. Mojtahedi, and G.S. Santo. 1995. Introgression of resistance to Columbia and Northern root-knot nematodes from *Solanum bulbocastanum* into cultivated potato. *Euphytica* 83:71-78.
- Brown, D.C.W. and T A. Thorpe. 1995. Crop improvement through tissue culture. *World Journal of Microbiology & Biotechnoloy* 11:409-415.
- 조재영 등. 1999. 전작. 향문사. pp. 407-409.
- Carr-Nkv. 1989. Potato quality control with irrigation. *Water Irrig. Rev.* 9: 28-29.
- Carroll, C.P. and R.J. Low. 1975. Flowering behaviour and seed fertility in dihaploids *Solanum tuberosum*. *Potato Res.* 18:416-427.
- Carroll, C.P. and R.J. Low. 1976. Aspects of male fertility in group Tuberosum dihaploids. *Potato Res.* 19:109-121
- 차광홍, 김영옥, 조백호. 1993. 감자더텅이병 생태 및 방지에 관한 연구. 전남 농촌진흥시험연구보고서 pp. 453-457.
- 전홍석. 1993. RAPD 기술을 이용한 호박의 종간 및 품종간 비교분석. 서울대학교 석사학위논문. p. 42.
- Conn, K.L., E. Leci., G. Kritzman, and G. Lazarovits. 1991. A quantitative method for determining soil populations of *Streptomyces* and differentiating potential of potato scab-inducing strains. *Plant Dis.* 82:631-638.

- Cooper, B.S., M.L. M.H. Fleming, M.S. Phillips, M.S. Powell, and A. Kumar. 1994. Synthesis of intraspecific somatic hybrids of *Solanum tuberosum*: Assessments of morphological, biochemical and nematode (*Globodera pallida*) resistance characteristics. J. Exp. Bot. 45:1319-1325.
- Creissen, G.P. and A. Karp. 1985. Karyotypic changes in potato plants regenerated from protoplasts. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 4:171-182.
- De Block, M. 1988. Genotype-independent leaf disc transformation of potato (*Solanum tuberosum*) using *Agrobacterium tumefaciens*. Theor. Appl. Genet. 76:767-774.
- De Jong, H. and P.R. Rowe. 1971. Inbreeding in cultivated diploid potatoes. Potato Res. 14:74-83.
- Douches, D.S., D. Maas, K. Jastrzebski, and R.W. Chase. 1996. Assessment of potato breeding progress in the USA over the last century. Crop Science 36:1544-1522.
- Evans, D.A. and W.R. Sharp. 1986. Applications of somaclonal variation. Bio/Technology 4:528-533.
- Faucher, E., B. Otrysko, E. Paradis, N. Hoage, and C. Beaulien. 1993. Characterization of *Streptomyces* causing russet scab in Quebec. Plant Dis. 77:1217-1220.
- Faucher, E., T. Savard, and C. Beaulieu. 1992. Characterization of *Actinomyces* isolated common scab lesions on potato tubers. Can. J. Plant Pathol. 14:197-202.
- Gibson, R.W., E. Pehu, R.D. Woods, and M.G.K. Jones. 1990. Resistance to potato virus Y and potato virus X in *Solanum brevidens*. Ann. Appl. Biol. 116:151-156.

- Gleba, Y.Y. and L.R. Shlumukov. 1990. Somatic hybridization and cybridization. pp. 316-345. In: S.S. Bhojwani.(ed.). Tissue culture application and limitation. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Goyer, C., E. Faucher and C. Beaulieu. 1996. *Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Quebec, Can. Int. J. sys. Bacteriol. 46:635-639.
- Grosser, J.W., Gmitter, F.G., Jr., Tusa, and J.L. Chandler. 1990. Somatic hybrids plant from sexually incompatible woody species ; *Citrus veticulata* and *Citropsis gillrtiana*. Plant Cell Report 8:656-659.
- Haberlach, G.T., B.A. Cohen, N.A. Reichert, M.A. Bear, L.E. Towill, and J.P. Helgeson. 1985. Isolation, culture and regeneration of protoplast from potato and several related *Solanum* species. Plant Sci. Lett 88:123-128.
- Hahm, Y.I. 1995. Major disease and insect of potato in Korea. '95 Symposium on Improvement of Potato Industry in Korea. pp. 59-85.
- 한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목록 제3판 pp. 23-25.
- Hamann, U. 1961. Merkmalbestand und verwandtschaftsbeziehungen der farinosae. ein beitragzum system der monokotyledonen. Willdenowia 2:639-768.
- Harneman, Jr. R.E. and S.J. Peloquin. 1967. Crossability of 24-chromosome potato hybrids with 48-chromosome cultivars. Eur. Potato J. 10:62-73.
- Hawkes, J.G. 1994. Origins of cultivated potatoes and species relationships. pp. 467-497. In: J. E. Bradshaw and G. R. Mackay (eds.). Potatoes Genetics. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Helgeson, J.P., G.T. Haberlach, M.K. Ehlenfeldt, G. Hunt, J.D. Pohlman, and S. Austin, 1993. Sexual progeny of somatic hybrids between potato and *Solanum brevidens*: Potential for use in breeding programs. *American Potato Journal* 70:437-452.
- Helgeson, J.P., Z.G.J. Hunt, G.T. Haberlach, and S. Austin. 1986. Somatic hybrids between *Solanum brevidens* and *Solanum tuberosum*: Expression of a late blight resistance gene and potato leafroll resistance. *Plant Cell Reports* 3:212-214.
- Hermundstad, S.A. and S.J. Peloquin. 1985. Germplasm enhancement with potato haploids. *J. Heredity* 76:463-467.
- Hide, G.A. and P.J. Read. 1991. Effects of rotation length, fungicide treatment of seed tubers and nematocide on diseases and the quality of potato tubers. *Ann. Appl. Biol.* 119:77-87.
- 홍순영, 강상훈, 송정흡, 이광석, 진석천, 허태현, 임성언, 김영휘. 2000. 주요농작물 병해종류조사. 제주농업시험연구보고서 pp. 389-403.
- 홍순영, 임성언, 강상훈, 정순경. 1996. 제주지역에서 발생하는 감자 더덩이병의 특징(Abstract). *한식병지* 12:488.
- 홍순영. 2001. 제주지역 감자 더덩이병 발생특성 및 방제. 박사학위 논문. 제주대학교 대학원. pp. 31-54.
- Hooker, W.J. 1990. *Compendium of potato disease*. APS press. pp. 33-34.
- Hooker, W.J. 1981. *Compendium of potato diseases*. Michigan State University. American Phytopathological Society p. 125.
- Hooker, W.J. 1956. Survival of *Streptomyces scabies* in peat soil planted with various crops. *Phytopathology* 46:677-681.

- Horsman, K.J., E.M. Bergervoet, and E. Jacobsen. 1997. Somatic hybridization between *Solanum tuberosum* and species of the *S. nigrum* complex: Selection of vigorously growing and flowering plants. *Euphytica* 96:345-352.
- Iwanaga, M. and P. Schmiediche. 1989. Using wild species to improve potato cultivars. CIP circular 17(2):1-7.
- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.*, 44:223-270.
- Jones, R.A.C. 1979. Resistance to potato leaf roll virus in *Solanum brevidens*. *Potato Res.* 22:149-152.
- Kang, H.W., Y.G. Cho, and M.Y. Eun. 1997. DNA fingerprint of rice varieties (*Oryza sativa* L.) using primers designed from repetitive sequence of Korean red rice and its application to other organisms. International Conference on Plant and Animal Genome VI. San Diego, CA, U. S. A.
- Kang, H.W., Y.G. Cho, U.H. Yoon, and M.Y. Eun. 1988. A rapid DNA extraction method for RFLP and analysis from a single dry seed. *Plant Molecular Biology Rept.* 16(1):90-92.
- Kawchuck, L.M., D.R. Lynch, J. Thomas, B. Penner, D. Sillito, and F. Kulcsar. 1996. Characterization of *Solanum tuberosum* simple sequence repeats and application to potato cultivar identification. *Amer. Potato. J.* 73:325-335.
- 김현준, 신관용, 조현묵, 김관수, 김승렬, 박천수, 함영일. 1999. 감자총서. 고령지농업시험장 pp. 1-88.
- Kim, H.Y., M.S. Chas, S.U. Choi, S.M. Wielgus, and J.P. Helgeson. 1993. Identification of somatic hybrids produced by protoplast fusion between *Solanum commersonii* and *S. tuberosum* haploid. *J. Plant Tissue Culture* 20:337-334.

- 김점순, 박덕환, 최용철, 임춘근, 홍순영, 이승돈, 함영일, 조원대. 1998a. *Streptomyces acidiscabies*에 의한 감자더뎡이병. 한식병지 14(6): 689-692.
- 김점순, 박덕환, 임춘근, 최용철, 함영일, 조원대. 1998b. *Streptomyces turgidiscabies*에 의한 감자더뎡이병. 한식병지 14(5):551-554.
- 김광호. 2000. WTO 협정 등 개방시대 제주 감자농업 대응. 제주감자산업활성화 방안. 제주도농업기술원 pp. 3-27.
- Kim, K.S. 1995. Characterization of Korea potato variety. '95 Potato research report. pp. 59-85 (in Korean).
- Lambert. D.H. and R. Loria. 1989a. *Streptomyces scabies* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 39(4):387-392.
- Lambert. D.H. and R. Loria. 1989b. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 39(4):393-396.
- Lapwood, D.H. and P.J. Read. 1985. A simplified slice methods for assessing tuber susceptibility of potato cultivars to *Erwinia carotovora* subsp *atroseptica*. Plant Pathology 34:284-286.
- Lim, C.K. 1999. Outbreak and management of major bacterial diseases in Korea. Proceedings of the First Kangwon International Potato Symposium. pp. 31-41. Kangwon National University, Yong-Pyeong.
- 임명순, 김승열, 김정간, 최영하. 1990. 감자더뎡이병 생태 및 방제에 관한 연구. 원예시험장시험연구보고서 pp. 324-339.
- Liu, D., N.A. Anderson, and L.L. Kinkel. 1995. Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*. Phytopathology 85:827-832.

- Lorang, J.M., D. Liu, N.A. Anderson, and J.L. Schottel. 1994. Identification of potato scab inducing and suppressive species of *Streptomyces*. *Phytopathology* 85:261-268.
- Loria R., B.A. Kempter, and A.A. Jamieson. 1986. Characterization of *Streptomyces*-like from potato tubers with of symptoms of common scab(Abstract). *Phytopathology* 76:1078.
- Mackay, G.R. 1987. Selecting and breeding for better potato cultivar. pp. 181-195. In: A.J. Abbot and R.K. Atkin (ed.). *Improving Vegetatively Propagated Crops*. Academic Press, New York.
- Matteij, W.M. and K.J. Puite. 1992a. Tetraploid potato hybrids through protoplast fusions and analysis of their performance in the field. *Theor. Appl. Genet.* 83:807-812.
- Mattheij, W.M., R. Eijlander, J.R.A. Koning, and K.M. Louwes. 1992b. Interspecific hybridization between the cultivated potato *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* L. and the wild species *S. circaeifolium* subsp. *circaeifolium* Bitter exhibiting resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary and *Globodera pallida* (Stone) Behrens. *Theor. Appl. Genet.* 83:451-466.
- Mendoza, H.A. and F.I. Haynes. 1974a. Genetic basis of heterosis for yield in the autotetraploid potato. *Theor. Appl. Genet.* 45:21-25.
- Mendoza, H.A. and F.I. Haynes. 1974b. Genetic relationship among potato cultivars grown in the United States. *HortScience* 9:328-330.
- Menke, U., L.S. Rentschler, B. Ruoss, C. Zanke, V. Hemleben, and H. Ninnemann. 1996. Somatic hybrids between the cultivated potato *Solanum tuberosum* L. and the 1EBN wild species *Solanum pinnatisectum* Dun: Morphological and molecular characterization. *Theor. Appl. Genet.* 92:617-626.

- Miyajima, K., F. Tanaka, and F. Kuninaga. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 48:495-502.
- Mozafari, J., D.J. Wolyn, and S.T. Ali-Khan. 1997. Chromosome doubling via tuber disc culture in dihaploid potato as determined by confocal microscopy. PCR 16:329-333.
- Natalia. A., O.B. Nickolai, T.U. Westblom, S. Kresovich, and E.B. Douglas. 1992. DNA diversity among clinical isolater of *Helicobater pylori* detected by PCR-based RAPD finger printing. Nucl. Aci. Res. 20:5137-5142.
- 오현도. 1996. 재배식물의 기원과 전파. 제주문화. pp. 135-136.
- Neeno-Eckwall, E.C. and J.L. Schottel. 1999. Occurrence of antibiotic resistance in biological control of potato scab disease. Biol. Control 16:199-208.
- 農林部. 2002. 作物統計. pp. 98-99. 農林部. 果川.
- Novy, R.G. and J.P. Helgeson. 1994. Resistance to potato virus Y in somatic hybrids between *Solanum tuberosum* and *S. tuberosum* x *S. berthaultii* hybrid. Theor. Appl. Genet. 89:783-786.
- 박종성 등. 1991. 식물병의 방제. 신고 식물병리학. 향문사 pp. 202-205.
- Park, Y.E., K.S. Kim, S.R. Cheong, Y.S. Yoo, Y.N. Song, and H.T. Lim. 1996. Identification and genetic relationship of potato(*Solanum tuberosum* L.) cultivars and breeding lines via protein, isozyme, and RAPD analysis. J. kor. Soc. Hort. Sci. 37(3):386-391.
- Perombelon, M.C.M. and A. Kelman. 1980. Ecology of soft rot *Erwinias*. Annual Review of Phytopathology. 18:61-87.



- Preisner, J., A. Feher, O. Veisz, J. Sutka, and D. Dudits. 1991. Characterization of morphological variation and cold resistance in interspecific somatic hybrids between potato (*Solanum tuberosum* L.) and *S. brevidens* Phil. *Euphytica* 57:37-49.
- Quemada, H., E.J. Roth, and K.G. Lark. 1987. Changes in methylation of tissue cultured soybean cells detected by digestion with the restriction enzymes *Hpa* II and *Msp* I. *Plant Cell Rep.* 6:64-66.
- Rich, A.E. 1983. Potato disease. APSS. pp. 14-18.
- Ross, H. 1986. Potato breeding problems and perspectives. *Advances in Plant Breeding* 13:1-132.
- Roy, A., N. Frascaria, J. Mackey, and J. Bousquet. 1992. Segregating random amplified polymorphic DNAs (RAPDs) in *Betula alleghaniensis*. *Theor. Appl. Genet.* 85:173-180.
- Saiki, R.K., S. Scharf, F. Faloona, K.B. Mullis, G.T. Horn, H.A. Erlich, and N. Arnheim. 1985. Enzymatic amplification of  $\beta$ -globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. *Science* 230:1350-1354.
- Sherraf, I., D. Sihachakr, G. Ducreux, S.C. Brown, M. Allot, N. Barghi, and L. Rossignol. 1991. Interspecific somatic hybridization in potato by protoplast electrofusion. *Plant Science* 76:115-126.
- Strand, L.S., P.A. Rude, and J.K. Clack. 1992. Integrated pest management for potato in the western United States. University of California, Division Agric. Nat. Res. Public. p. 146.

- Sul, I.W. and S.S. Korban. 1996. A highly efficient method for isolating genomic DNA from plant tissue culture and biotechnology 2(2):113-116.
- 高橋賢司. 1995. ジャガイモそうか病低抗性・病低抗性品種の. 北海道農業フロンティア 6:55-61.
- 田代暢哉. 1999. ジャガイモ萌芽莖を利用した ジャガイモそうか病を引ニす病原 *Streptomyces* 層菌の簡易検定法. 日植病報 65:197-203.
- 植松勉, 片山 克己. 1990. ジャガイモの連作下におけるそうかが病の發生生態と防除. 長崎總農林試研報(農業部門) 18:61-115.
- Thieme, R., U. Darsow, T. Gavrilenko, D. Dorokhov, and H. Tiemann. 1997. Production of somatic hybrids between *S. tuberosum* L. and late blight resistant Mexican wild potato species. Euphytica 97:189-200.
- Trognitz, B., M. Eslava, L. Portal, and P. Ramon. 1996. Resistance to late blight from diverse wild sources. CIP Program Report pp. 127-131.
- UPOV. 1986. Guideline for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability. Potato(*Solanum tuberosum* L.). Tg/23/5:3-25.
- Van Suchtelen, N.J. 1966. Investigation of dihaploid potatoes in tetraploid job's in the Netherland. Eur. Potato J. 9(2):64-68.
- Ward, A.C., A.E. Phelpstead, N.W. Gleadle, S. Blackhall, B. Cooper, A. Kumar, W. Powell, J.B. Power, and M.R. Davey. 1994. Interspecific somatic hybrids between dihaploid *Solanum tuberosum* L. and the wild species. Euphytica 85:457-464.
- Wastie, R.L. 1991. Breeding for resistance. Advances in Plant Pathology 7:193-224.

- Watanabe, K.N., M. Orrillo, and A.M. Golmirzaie. 1995. Potato germplasm enhancement for resistance to biotic stresses at CIP. Conventional and biotechnology-assisted approaches using a wide range of *Solanum* species. *Euphytica* 85:457-464.
- Weeden, N.F., G.M. Timmerman, M. Hemmat, B.E. Kneen, and M.A. Lodhi. 1992. Identification and reliability of RAPD markers. In: Applications of RAPD technology to plant breeding. pp. 12-17. Joint Plant Breeding Symposia Series. Minnesota.
- Welsh, J. and M. McClelland. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucl. Ac. Res.* 18:7213-7218.
- Welsh, J., C. Peterson, and M. McClelland. 1991. Polymorphisms generated by arbitrary primed PCR in the mouse: Application to strain identification and genetic mapping. *Nucl. Ac. Res.* 20:303-306.
- Williams, C.E., S.M. Wielgus, G.T. Haberlach, C. Guenther, and J.P. Helgeson. 1993. RFLP analysis of chromosomal segregation in progeny from an interspecific hexaploid somatic hybrid between *Solanum brevidens* and *Solanum tuberosum*. *Genetics* 135:1167-1173.
- Williams, M.N.V., N. Pande, S. Nair, M. Mohan, and J. Bennett. 1991. Restriction fragment length polymorphism analysis of polymerase chain reaction products amplified from mapped loci of rice (*Oryza sativa* L.) genomic DNA. *Theor. Appl. Genet.* 82:489-498.
- Yamada, T., K. Hosaka, N. Kaide, K. Nakagawa, S. Misoo, and O. Kamijima. 1998. Cytological and molecular characterization of BC<sub>1</sub> progeny from two somatic hybrids between dihaploid *Solanum acaule* and tetraploid *S. tuberosum*. *Genome* 41:743-750.

## 감사의 글

본 연구의 수행과 논문이 완성되기까지 시종 관심과 자상함으로 지도하여 주신 지도교수 소인섭 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 논문심사를 위하여 바쁘신 가운데서도 미흡한 논문을 정성과 학문적 배려로 다듬어 주신 송관정 교수님, 문두길 교수님, 식물자원과학과 전용철 교수님과 멀리 경희대학교 원예학과 박영두 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 또한 박사과정 동안 학문적 배려와 관심을 아끼지 않으신 장전익 교수님, 박용봉 교수님, 강 훈 교수님께도 감사를 드립니다. 특히 오늘의 저가 있게 인도해주신 경희대학교 원예학과 이승우 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

논문이 완성되기까지 연구를 수행할 수 있도록 배려해 주시고, 격려를 해주신 제주도농업기술원 김광호 원장님을 비롯한 김영문 국장님, 강명선 전국장님, 김용철 과장님, 한원탁 박사님을 비롯한 농업기술원 전 직원들에게도 감사를 드립니다.

특히, 본 연구가 수행되도록 실험재료를 아낌없이 주시고 조언을 해주신 원예연구소 안율균 박사님, 연구의 수행과 자료정리에 많은 조언과 도움을 주신 김철균 박사님, 박영철 연구사님, 고태신 박사님과 현윤규, 채치원 후배님 그리고 생명공학연구실에서 많은 고생을 해준 모든 여러분들께도 고마움을 전합니다.

또한 항상 외손자, 손녀를 몸소 보살펴주시고, 자상함을 가르쳐 주신 장인어른과 이 결실을 못보고 돌아가신 장모님께 머리 숙여 감사드리고 어려운 때임에도 우리가족을 염려하고 애써주시는 처형과 모든 식구에게 고마움을 전합니다.

자식들을 위해 줄 곧 농사일만 해오시고, 아낌없는 사랑으로 버팀목이 되어 주시는 어머님께 머리 숙여 감사를 드리고, 미국에 계시는 형님 내외분과 동생 그리고 항상 옆에서 아낌없는 관심과 격려를 하여 주신 두 누님 내외분께도 고마움을 전합니다. 또한 어려울 때마다 사랑스런 조언과 도움을 아끼지 않는 거욱대회 선배님과 후배님들에게 감사를

드리고, 항상 서로에게 힘이 되 주는 친구 이종호와 백낙현에게도 고마움을 전합니다.

무엇보다도 아내로서, 엄마로서 언제나 한없는 애정과 가족을 위해 헌신을 다하는 사랑하는 나의 아내 임미영과, 늘 어른스런 아들 도형과 딸 소형 그리고 항상 재롱으로 나를 기쁘게 하는 막내 도현에게 아빠로서 미안함과 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 오늘의 내가 있게 가르침을 주신 하늘에 계신 아버님 영전에 이 소서를 바칩니다.

