

# 감자(*Solanum tuberosum* L.)의 육종 초기세대에서 플러그 육묘법을 이용한 계통선발 및 속기 구분

김관수<sup>1\*</sup> · 조현묵<sup>1</sup> · 박영은<sup>1</sup> · 임학태<sup>2</sup> · 송용남<sup>2</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 고령지농업시험장, <sup>2</sup>강원대학교 식물응용과학부

## Clonal Selection in Early Potato Breeding Program and Determination of Plant Maturity by Using a Plug Culture System

Kwan-Soo Kim<sup>1\*</sup>, Hyun-Mook Cho<sup>1</sup>, Young-Eun Park<sup>1</sup>, Hak-Tae Lim<sup>2</sup>, and Yoong-Narm Song<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyeongchang 232-950, Korea

<sup>2</sup>Division of Applied Plant Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

\*corresponding author

**ABSTRACT** The study was performed to investigate the effect of a plug culture method in the early stage of a potato breeding program. The 105, 200 and 288-cell plug trays were used for raising potato seedlings. The % germination in plug trays ranged between 94 and 96%. Percent tuberization measured at 50 and 60, and 70 days after sowing was the greatest in 105-cell and 200-cell trays, respectively. However, tuberization was most delayed in 288-cell trays. Thus, it is considered that 105-cell tray is the most effective for the selection of early maturing plants. Plant maturity was determined by the morphological characteristics at the seedling stage of stolons cultured in plug trays. Most of seedlings with shorter stolons at seedling stage (1st generation) were the early-maturing, while most of seedlings with longer stolons were the late-maturing at the clonal stage (2nd generation). These results mean that the plant maturity in the early potato breeding program can be effectively grouped by observing the morphological characteristics of stolons after plug culture.

**Additional key words:** potato breeding, seedling generation selection

### 서 언

UPOV(國際 植物 新品種 保護聯盟) 가입을 앞두고 있는 우리나라의 당면과제는 외국으로부터 도입되어 재배되고 있는 작물들에 대한 각국의 권리 행사에 대한 대처, 국내 종자산업법이 시행됨에 따른 국내 육종가들의 품종육성 활성화, 감자품종의 양과 질면에서 국내외적으로 경쟁력 있는 우량 신품종육성 등이다. 이와 같은 여건들을 반영하기 위하여 시급히 선행되어야 하는 과제가 국내에 적합한 육종기술의 개발이라고 할 수 있다. 감자의 품종육성 연구에 있어서도 우리나라의 생태적 환경조건에 적합한 신품종을 육성하기 위하여 목표형질을 효율적으로 선발할 수 있는 육종체계의 확립이 중요하다(이 등, 1982).

감자의 번식은 진정종자에 의한 종자번식과 영양번식으로 크게 나누어진다. 영양 번식은 덩이줄기를 이용하는데, 계통 증식을 목

적으로 하는 번식방법이며, 종자번식은 주로 품종을 육성하기 위한 수단으로 이용된다. 감자 신품종 육성은 대부분 인공교배를 통한 유성생식으로 진정종자를 얻고, 진정종자를 파종하여 영양계를 획득한 후 몇 년간의 계통선발을 통하여 이루어진다(김 등, 1982; 김 등, 1991). 실생1세대에서는 유전조성이 이형접합성(heterozygous)으로 다양한 유전분리를 나타내기 때문에 유용한 목표형질을 가진 계통을 선발하기 위해서는 많은 개체들이 필요하다(김 등, 1982; 김 등, 1991).

감자의 육종 초기세대에서 한 개체를 양성하기 위해서는 약 900cm<sup>2</sup>의 면적이 소요되어 공간의 이용효율이 낮아 타작물보다 많은 양성면적을 필요로 한다. 특히 실생1세대에서 많은 수의 개체를 양성하려면 재배의 생력화와 밀식을 하여야 선발효율을 높일 수 있다(Martin, 1983). 선진국에서는 이미 자동화 온실을 이용하여 연중 실생묘를 양성할 수 있는 체계를 갖추고 우량한 다수의 품종을 육성

※ Received for publication 14 March 2001. Accepted for publication 2 July 2001.

하고 있으므로 우리나라에서도 자동화 시설에 적합한 실생묘 육묘방법의 개발은 필수적이라고 생각된다. 실생2세대부터는 무성번식으로 선발이 이루어지므로 선발의 대상이 되는 형질을 판별하는 데 용이하지만 초기 실생세대에서 유성생식에 의한 기존 육묘방법으로는 형질구분이 곤란하므로 다수의 개체가 숙기판별이 충분히 가능한 실생3세대까지 양성하여야 조생계통을 선발할 수 있는데(plaisted, 1984), 그 기간이 길어 효율성이 저하되고 있다.

이러한 문제점을 해결할 수 있는 육묘방법으로 여러 작물에서 육묘용으로 사용되고 있는 플러그 트레이의 장점을 최대한 활용하여 해소할 수 있다(De Jong, 1989). 그러나 육묘 후 번거로운 정식과정을 거쳐야 하기 때문에 정식을 향상은 증가되나 개체별 피경비대 환경의 불균일성으로 개체 간 형질발현 능력이 저하된다(National Alpine Agricultural Experiment Station, 1995). 그리고 선발 대상형질 중 숙기는 국내에서 다양한 재배작형을 고려하여 가장 중요하게 다루어야 할 사항으로서 국내의 재배환경은 4계절로 뚜렷한 기후적 특성을 가지고 있기 때문에 생육기가 짧은 조·중생종 이외에는 적응하기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구는 실생 초기세대의 플러그 트레이에 진정종자를 파종하여 플러그 규격별 피경 착생양상을 규명하고, 플러그 육묘 시 어린 묘의 형태로 숙기를 간단히 판별하여 초기 실생세대의 선발효율을 높일 수 있는 방법을 구명코자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실생세대의 플러그묘 재배

본 시험에 사용된 재료는 1995년 인공수분(hand pollination)으로 포장교배를 통하여 획득된 3개 교배조합(Atlantic×89L73-1, 자심×자심, 대관63호×Atlantic)의 진정종자이다. 이들 종자는 1997년 5월 20일까지 5℃에 저온저장하였으며, 5월 24일 조합당 1,799립씩 총 5,337립을 파종하였다. 105공, 200공 및 288공의 플러그 트레이 각 규격별로 9트레이씩 총 27트레이에 종자가 파종되었다. 육묘용 상토는 TKS-1(Floragard Co., 캐나다)을 사용하였고, 파종 후 상토에 수분이 충분하게 흡수되도록 6시간 정도 저면관수를 실시하였다. 발아 후 묘의 생육상태에 따라 1주일에 2-3회 영양액(하이포넥스 액비 1,000배액)을 엽면시비 해주고 주기적으로 분무관수를 하여 적습을 유지하였다. 황엽기인 7월 10일경부터는 관수 횟수 및 양을 반으로 줄여 피경표피의 경화를 촉진시켰고, 7월 25일부터는 단수하였다. 온도는 20-27℃를 유지하였으며 30℃ 이상을 넘지 않게 환기와 온실 바닥에 살수를 하였다.

발아율 조사는 파종 후 20일에 실시하였으며, 피경의 특성조사는 파종 후 50일(7월 13일), 60일(7월 23일), 70일(8월 2일)에 플러그 트레이 규격별로 1트레이씩 수확하여 조사하였다.

실생2세대는 1997년 12월 8일 실생1세대에서 수확된 3개 조합에 대하여 온실 내에서 연결포트(직경 7cm)에 수확시기 및 플러그 트레이 규격별로 파종하여 1998년 2월 24일에 수확하였다. 상토로

는 부엽토와 모래를 3 : 1의 비율로 혼합하여 사용하였고, 1주일에 1회 영양액(하이포넥스 액비 1,000배액)을 관주하여 재배하였다. 실생2세대의 형질특성 검정은 실생1세대의 시기별로 수확한 피경들에 대해 플러그 트레이별로 각각 50개체를 임의로 취하여 파종 후 75일에 1개체당 가장 큰 피경 1개씩을 취하여 조사하였다.

### 플러그 육묘 시 숙기 판별

시험 재료용 진정종자 생산 및 저장 방법은 '실생세대의 플러그 재배' 시험에서와 같으나 조합당 864립씩 총 2,592립의 종자를 288공 트레이에 1997년 2월 12일 파종하였다. 3월 24일 숙기 판별과 동시에 6cm 포트에 정식하였는데, 숙기 판별은 파종 후 45일에 본엽이 4-5매 전개되었을 때 묘의 복지형태에 따라 조생그룹과 만생그룹으로 구분하여 온실에 정식하였다. 5월 3일과 5월 13일 숙기그룹별로 피경수, 피경무게 및 피경크기를 조사하였고, 복지길이를 3가지(5mm 이하, 5-10mm, 10mm 이상)로 구분하여 조사하였다. 파종 후 관리 및 육묘용 상토는 '실생세대의 플러그 재배' 시험과 동일하게 처리하였다. 후대검정용 실생2세대의 전개는 실생1세대에서 수확된 피경을 실온에서 저장 후 12월 8일 50공 트레이에 파종하여 1998년 2월 14일 수확하였다. 또한 실생2세대 수확시 조·만생 개체 출현률을 조사하였다. 이를 토대로 실생1세대에서 정식 시에 지하부 형태로 구분한 어린 묘의 숙기 그룹과의 상관 정도를 밝히고, 적정 선발 시기를 구명하였다.

## 결과 및 고찰

### 실생세대의 플러그묘 재배

감자의 품종육성을 목적으로 할 때에는 진정종자를 파종하여 개체 분리시켜 영양계(clone)를 선발하는 것이 일반적인 방법이다. 이 과정에서 진정종자를 육묘 상에 산파하여 정식하는 종전의 발아율은 60% 내외로 저조하였다(National Alpine Agricultural Experiment Station, 1990-1993). 그러나 플러그 트레이에 파종하여 정식하면 90% 이상이 발아되어 87%의 정식률을 보였다(National Alpine Agricultural Experiment Station, 1994). 본 시험에서도 플러그 파종의 경우 95%의 높은 발아율을 나타내었고, 플러그 크기 및 조합 간에는 큰 차이가 없었다(Table 1).

종자 파종 후 45일(7월 10일)까지의 생육상태는 파종상의 조파 및 점파보다 묘의 개체 간 크기가 균일하고 식물체 간격이 가장 좁은 288공에서도 서로 겹쳐지지 않았다. 이와 같은 현상은 감자 실생

**Table 1.** Percent germination of true potato seeds, derived from three cross combinations, in different plug trays.

Family	Plug (Cells)			Mean (%)
	288	200	105	
Atlantic×89L73-1	95	96	97	96
Jasim selfed	96	91	94	94
Daekwan-63×Atlantic	96	95	96	96
Mean (%)	96	94	96	95

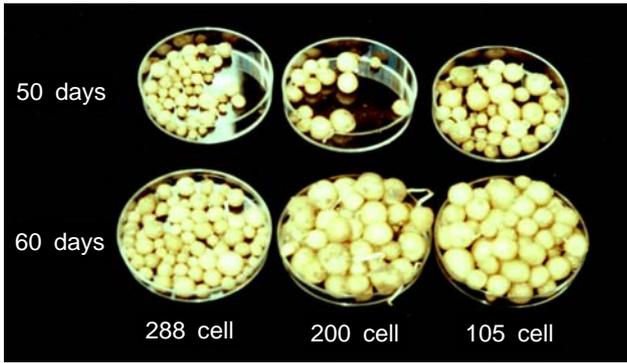


Fig. 1. Comparison of tuberization patterns as affected by harvesting stage (50 and 60 days after planting) and plug tray.

세대의 플러그 육묘도 타작물과 동일하게 광선, 수분 및 영양분이 개체 간에 경합이 일어나지 않기 때문(Weston, L. A. & Zandstra, 1986)이라고 하겠다. 또한 이 시기 이후부터는 조생 개체들에서 일부 괴경이 빠르게 착생되었다(National Alpine Agricultural Experiment Station, 1997). 그 후 50일부터 10일 간격으로 플러그 규격별 괴경착생률은 60일까지는 105공에서 높았으나 70일에는 200공에서 착생률이 높았다(Table 2).

괴경착생률은 초기에는 플러그 규격 간에 차이가 컸으나 생육기간이 길어질수록 착생비율이 높아졌고 플러그 규격 간에 착생률의 차이가 줄어드는 경향을 나타내었다. 이는 생육기간이 길어질수록 만생 개체들의 괴경착생이 증가된 것이 원인으로 생각되며, 수확시기별 괴경착생률은 플러그 셀 크기가 커질수록, 그리고 생육이 연장될수록 높았다(Table 2).

실생1세대에서 수확기 및 플러그 규격별로 생산된 괴경의 후대 생산 능력을 실생2세대에서 검정한 결과, 파종 후 70일 수확에서 개체당 한 괴경의 크기는 실생1세대에서의 파종 후 50일에 수확한 105공이 14.4mm로 가장 컸고, 실생1세대에서의 60일과 70일산에서는 200공이 14.5-15.3mm로 가장 우수하여 실생양성을 위한 플러그 규격별 적정 수확기는 조기선발을 실시 할 때는 105공, 만기선발을 실시할 때는 200공을 사용하는 것이 후대의 양적 형질 선발을 위하여 유리한 것으로 나타났다(Fig. 2). 이러한 결과는 Jang(1996) 등이 보고한 바와 같이 30일 이상 육묘한 방울토마토에서 숙기가 조숙성인 경우 플러그 크기가 클수록 T/R율이 높아지고, 만숙성인 방울토마토는 플러그 크기가 작아질수록 T/R율이 현저하게 높아진다는 결과로 해석할 수 있다. 따라서 플러그 크기에 따라 종자를 파종하면 감자 실생 초기세대에 숙기 관련형질을 효과

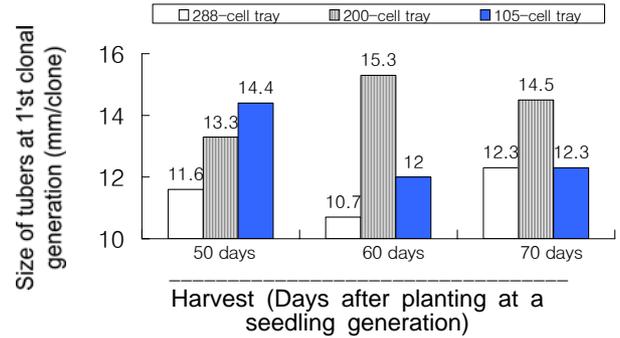


Fig. 2. Size of tubers derived from the seedling generation as affected by harvesting stage and plug tray.

적으로 선발할 수 있는 것으로 나타났다.

또한 Weston & Zandstra(1986)는 플러그 육묘의 장점으로 개체 간에 광선, 수분, 그리고 영양분 등의 경합이 없기 때문에 식물체의 지상부 영향이 없이 육묘기간을 연장할 수 있다고 보고한 바 있다. 그러나 감자의 품종육성을 목적으로 한 직파재배 육묘방법에서는 플러그 규격별로 수확시기에 따라 후대개체의 조만성이 달라지므로 각 플러그 규격별로 숙기형질에 맞추어 수확시기를 결정하여야 할 것이다.

#### 플러그 육묘 시 숙기판별

감자 육묘의 지하부 특성에 따른 숙기판별 효과를 조사하기 위하여 온실에서 288공 플러그에 종자를 파종한 후 45일경 지하부 복지의 착생상태를 조사하였다. 복지의 착생상태에 따라 복지가 길고 지하경 윗마디에 발생한 개체를 만생형, 복지가 짧은 개체를 조생형으로 구분하였다. 그 결과 만생형은 45%인 281개체였고, 조생형은 55%인 338개체였다. 이들 그룹은 각각 2가지 형태로 구분하여 50공 플러그에 정식하였다(Fig. 3, Table 3). 그 후 이들 두 가지 숙기형 그룹에 대하여 생육단계별로 괴경착생 비율을 조사한 결과, 조생그룹은 괴경착생 속도 및 비율이 만생그룹에 비하여 훨씬 빠르고 높게 나타났다. 반면 만생그룹은 정식 후 45일 후부터 괴경착생 비율이 높아지는 경향을 보였다(Fig. 4).

또한 3개 조합에서 얻어진 계통의 생육단계별 유효괴경(7mm 이상)의 평균무게를 보면, 조생그룹은 생육단계별로 조기에 착생되어 생육이 진전됨에 따라 꾸준히 완만한 증가를 나타냈으나 만생그룹은 정식 후 35일부터 급격히 증가되어 후기에 괴경비대가 집중적으로 이루어지는 양상을 보였다(Fig. 5). 이러한 결과를 볼 때, 북

Table 2. Percent tuberization as influenced by harvesting stage and plug trays.

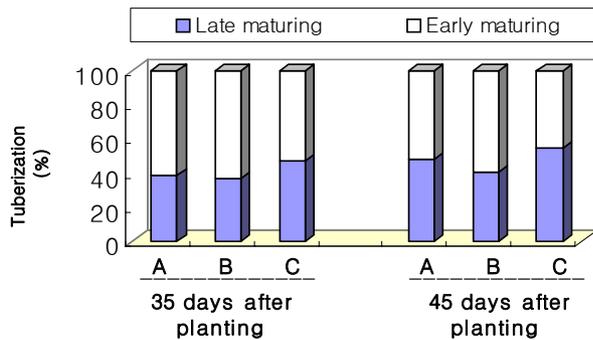
Family	Days after sowing								
	50 days			60 days			70 days		
	288	200	105	288	200	105	288	200	105
Atlantic×89L73-1	7.8	7.4	17.8	27.2	33.3	32.2	38.8	33.2	56.0
Jasim selfed	40.0	17.0	54.4	47.2	54.8	75.6	56.4	67.0	72.8
Daekwan-63×Atlantic	10.6	9.6	35.6	7.8	56.3	44.4	25.5	73.5	35.6
Mean (%)	19.4	11.4	35.9	27.4	48.2	50.7	44.9	61.1	55.1



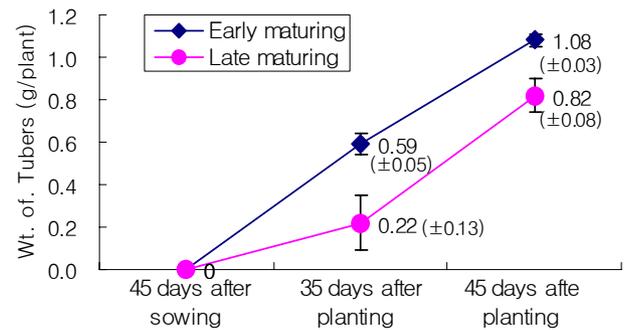
**Fig. 3.** Early (left) and late (right) maturing types in each photo grouped by the morphological characteristics of stolon development and tuberization of the potato seedlings grown in 288-cell plug trays.

**Table 3.** Maturity groups determined by stolon growth habits of breeding lines derived from three families.

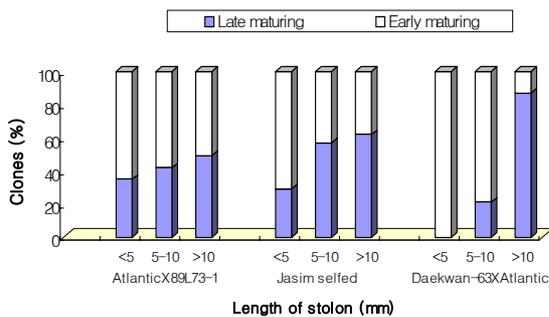
Maturity group	Family			Total	%
	Atlantic×89L73-1	Jasim selfed	Daekwan-63×Atlantic		
Early	120	85	133	338	55
Late	70	136	75	281	45
Total	190	221	208	619	100



**Fig. 4.** Distribution of % tuberization at the different growth stages of seedlings as affected by family and maturity group. A, Atlantic×89L73-1; B, Jasim selfed; and C, Daekwan-63×Atlantic.



**Fig. 5.** Changes in the weight of available tubers from the seedlings at the different growth stages as affected by the plant maturity group.



**Fig. 6.** Distribution of maturity types of breeding lines obtained at the first clonal generation based on the differences in the stolon length at the first seedling generation.



**Fig. 7.** Maturity types at the first clonal generation.

지의 착생형태에 따른 숙기판별 효과는 효과적으로 구분될 수 있다고 하겠다.

한편 실생1세대의 복지길이 구분에 의한 조·만생그룹에 따라 실생2세대에서의 조·만생 개체의 발현률을 조사한 결과, 복지길이 가 길어질수록 만생개체의 발현률이 높고, 조생개체들은 짧을수록 발현률이 높은 결과를 나타내었다(Fig. 6, 7). 이러한 결과는 일본 National Hokkaido Agricultural Experiment Station(1965)에서 실생세대의 지하부 복지길이의 장단은 숙기와 상관성이 있다는 보고와 일치되는 결과이다.

이상의 결과에서 고찰한 바와 같이 감자의 육종과정에서 실생 초기세대의 실생묘 양성방법과 선발방법에 따라 목표형질의 선발이 크게 좌우되는 것을 알 수 있다. 또한 감자는 영양번식작물로서 배수성이 높고 이형접합성이어서 후대에서의 유전분리가 극심하게 나타나 목표형질을 효율적으로 선발하기 어려운 단점이 있다. 특히 우리나라에서의 감자재배는 고온 및 장마기에 조우되어 재배기간이 짧아 생태적으로 서늘한 기후에 적합한 감자의 재배 및 육종에 불리한 점을 갖고 있다. 그러므로 감자육종에 있어서 조생품종의 육성은 가장 중요한 육종목표가 되는 것이다. 따라서 감자의 계통육성 시 숙기 관련형질의 발현은 숙기별로 지하부 복지착생형태 및 괴경비대와 높은 연관성을 가지고 있으므로 플러그 육묘법을 이용하여 정식과정을 생략한 직파재배와 숙기 판별방법은 감자의 조생개체를 효율적으로 선발할 수 있는 유용한 방법으로 활용될 수 있을 것이라고 사료된다.

## 초 록

감자의 품종육성의 초기세대에서 플러그 육묘 선발법을 이용하여 정식과정을 생략하고 플러그 내에서 직접 계통을 선발하는 방법과 숙기판별 효과를 구명코자 일련의 시험을 수행하였다. 감자의 실생육묘를 위하여 105공, 200공 및 288공 플러그 트레이가 사용되었다. 플러그 트레이에서의 종자발아율은 94-96%로 높았다. 플러그 규격별 괴경착생률은 종자 파종 후 50일과 60일까지는 105공에서 가장 높았고, 70일에는 200공에서 가장 높았으나 288공의 플러그 트레이에서는 가장 낮았다. 그러므로 괴경착생이 빠른 조생개체의 선발을 위해서는 플러그의 크기가 큰 105공이 효과적인 것으로 생각된다. 한편, 감자육종 초기세대의 플러그 육묘단계에서 복지의 형태에 따른 조·만생 개체의 선발효과를 구명코자 복지의 길이에 따라 숙기를 구분하였다. 1세대인 육묘단계에서 복지가 짧은 그룹은 2세대인 괴경 선발단계에서도 대부분 조생종으로 나타났고, 반면 복지가 긴 그룹은 대부분 만생종으로 구분되었다. 이상의 결과를 통하여 볼 때 감자육종 초기세대에서 플러그 육묘법은 복지의 형태적 특성 구분이 용이하여 감자의 숙기관련 형질선발에 효과적인 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : 감자육종, 초기세대 선발

## 인용문헌

- De Jong, H. 1989. Evaluation and implementation of several bedding plant technology components for the raising of potato breeding seedling. *Am. Potato J.* 66:93-100.
- Jang, S. W., J. H. Ku, J. N. Lee, J. T. Lee, W. B. Kim, and J. K. Kim. 1996. Effect of plug cell size and age of transplanted seedling on the growth and yield of tomatoes of alpine area. *RDA J. of Agri. Sci.* 38(1):573-581.
- Kim, H. Y., I. G. Mok, and K. K. Kim. 1982. Potato production via true potato seed. *A Collection of Agricultural Research. RDA.* 24:619-624.
- Kim, K. S., H. J. Kim, H. Y. Kim, E. G. Ryu, and T. S. Gwak. 1991. Studies on the selection for major characters in the seedling generation of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *RDA J. of Agri. Sci.* 33(2):58-64.
- Lee, D. K., K. S. Kim, and H. Y. Jung. 1982. Studies on the potato breeding in Korea. *A Collection of Agricultural Research. RDA.* 24:625-631.
- Martin, M. W. 1983. Field production of potatoes from true seed and its use a breeding program. *Potato Res.* 26:219-227.
- Annual Research Report. 1965. National Hokkaido Agricultural Experiment Station. p. 40-945.
- NAAES Annual Research Report. 1990. National Alpine Agricultural Experiment Station. p. 23-48.
- NAAES Annual Research Report. 1991. National Alpine Agricultural Experiment Station. p. 31-61.
- NAAES Annual Research Report. 1992. National Alpine Agricultural Experiment Station. p. 33-54.
- NAAES Annual Research Report. 1993. National Alpine Agricultural Experiment Station. p. 21-47.
- NAAES Annual Research Report. 1994. National Alpine Agricultural Experiment Station. p. 19-31.
- NAAES Annual Research Report. 1995. National Alpine Agricultural Experiment Station. p. 146-160.
- NAAES Annual Research Report. 1997. National Alpine Agricultural Experiment Station. p. 73-76.
- Plaisted, R. L., H. D. Thurston, and R. W. Brodie. 1984. Selecting for resistance to diseases in early generations. *Amer. Potato J.* 61:395-403.
- Weston, L. A. and B. H. Zandstra. 1986. Effect of container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:498-501.