

감자 眞正種子의 器內小塊莖 形成에 의한 耐暑性 系統 選拔

金賢準* · 金和泳¹ · 柳承烈 · 金竝鉉 · 金正幹
農村振興廳 高嶺地農業試驗場, ¹江陵大學校 生命科學大學 園藝學科

Selection of Heat-tolerant Potato Clones by In Vitro Tubерization from True Potato Seeds

KIM, Hyun Jun* · KIM, Hwa Young¹ · RYU, Seung Yeol · KIM, Byeong Hyeon · KIM, Jeong Kan

Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyeongchang, 232-950, Korea: and
¹Dept. of Horticulture, Kangnung National University, Kangnung, 210-720, Korea. *Corresponding author

For the early selection of heat-tolerant clones, the true potato seeds of 750 clones were obtained by several cross combinations : CIP 575015 × katahdin, CIP 575015 × B6603-6, 84 I 35-4 × katahdin, CIP 575015 × NookSack, and CIP575015 × Superior. The ratios of in vitro tuberization at 30° C were decreased by 43% in all cross combinations compared with at 20° C. In particular, tuberization rate of CIP575015 × katahdin cross at 30° C was only 21%. On the other hand, the rate of tuberization of CIP575015 × B6603-6 cross was 58 % at 30° C, so this cross combination was thought to be good heat-tolerant clone. To screen the heat-tolerant clones in lower land during high temperature period, microtubers were cultivated in Kangnung, and the characters of tubers and productivity were examined. Among screened clones, one clone at 20° C and three clones at 30° C were shown to be heat-tolerant. The yield of 89ML75-8 was 88% more than that of Superior, and dry weight rate of 89 ML64-11 was 18.8%. Therefore, 89ML64-11 clone was considered as a good cultivar for processing.

Key words: microtuber, cross combination, *Solanum tuberosum* L.

현재 우리가 이용하는 일반 재래종 감자(*Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum*)는 동유럽, 미국 북부의 風土에서 馴化되어 적응된 작물이다(Rowe, 1993). 감자는 생육 적온이 18~20° C인 저온성작물로서 고온기에는 塊莖形成이 어렵고 수량이 낮아 우리나라에서도 일부 고냉지대를 제외하고는 越夏栽培가 어려운 실정인데, 이런 커다란 문제에도 불구하고 세계의 아열대 및 열대지방에서 다른 어떤 작물보다도 더 빠르게 감자 재배면적이 증가하고 있다(Horton, 1989). 특히 이스라엘이나 필리핀 같은 열대지방에서는 耐暑性 品種 育成이 가장 커다란 목표로 되어 있으나 크게 진전을 이루지 못하고 있다(Vanda, 1994). 우리가 이용하는 대부분의 감자 품종들은 고온에 약하여 周年 生産 및 고온기에 재배가 안 되어 농민소득차원에서 耐暑性이 강한 品種이 절실히 요구된다. 하지만 국내에서 耐暑性 系統 育種을 하려면 交配, 實生 1년~3년, 生産力 豫備 및 本 試驗, 地域適應試驗, 農家實證試驗 등 10년 이상의 시간적 소요와 고지대, 저지대 등의 넓은 포장과 예산이 투입되는 막대한

사업이 요구되어 어려움을 겪고 있다(金 등, 1987). 내서성 품종이 부족한 일부 외국에선 高溫期에 交互作用으로 옥수수, 사탕수수, 콩 등으로 陰地를 만들어 그 밑에 감자를 심어 토양 온도를 다소 낮추어 생산하고 있는 실정이다(Demagante and van der Zaag, 1988).

따라서 조기에 耐暑性 系統을 선발하고자 耐暑性이 강한 交配母本을 선정하여 組合을 만들어 眞正種子를 생산하고, 이들로부터 적온(20° C)과 고온(30° C) 조건에서 器內小塊莖(microtuber)을 형성하는 계통을 선발하여 平暖地(江陵)의 夏季 高溫條件에서 포장재배하여 耐暑性을 검정하였던 바, 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

耐暑性이 비교적 강한 CIP575015, B6603-6, 84 I 35-4와 품질 및 수량성이 우수한 Katahdin, NookSack, 秀美를 交配母

Table 1. Temperature effects on in vitro shoot growth and tuberization of true potato seed.

Crosses ♀ × ♂	20 °C				30 °C			
	No.of ^a shoot / flask	shoot length (cm)	No.of tubers / flask	Rate of tuberization (%)	No.of shoot / flask	shoot length (cm)	No.of tubers / flask	Rate of tuberization (%)
CIP575015 × Katahdin (89 MK 63)	10.0	3.8	7.5	75	9.7	3.8	2.0	21
CIP575015 × B6603-6 (89 ML 69)	5.7	5.2	6.0	105	5.2	4.6	3.0	58
84 I 35-4 × Katahdin (89 ML 75)	8.0	4.0	5.5	69	10.0	5.4	5.5	55
CIP575015 × NookSack (89 ML 64)	7.0	5.1	5.7	81	6.8	4.1	2.8	41
CIP575015 × Superior (89 ME 54)	3.8	8.3	4.6	121	4.3	3.0	2.0	47
Mean	6.9	5.3	5.9	86	7.2	5.2	3.1	43

^aNo. of TPS inoculated : 10 per flask.

本으로 하여 CIP575015 × Katahdin, CIP575015 × B6603-6, 84 I 35-4 × Katahdin, CIP575015 × NookSack 그리고 CIP575015 × Superior 등 5개 조합을 작성하여 1989년 高嶺地農業試驗場 交配圃場에서 交配를 실시하여 각 조합당 150립씩 총 750립의 眞正種子를 얻었다. 1990년에는 종자를 器內에서 發芽시켜 MS+Kinetin 1.5 mg/L + GA₃ 0.05 mg/L + Sucrose 3%의 增殖培地에서 實生을 양성하고 MS + Sucrose 8% + BAP 5 mg/L + CCC 500 mg/L의 배지를 사용하여 20°C와 30°C 조건에서 器內塊莖形成을 유도하였다. 생산된 器內小塊莖은 바이러스 감염을 막기 위해 1991년 유리온실에서 1차 증식하였으며, 증식된 塊莖을 1992년 저지대 난지인 江陵포장에 系統當 20주를 심어 생산력을 검정하였다. 파종기는 耐暑性を 검정하기 위해 고온기인 7~8월에 塊莖形成期를 맞추어 6월 10일 파종하였으며, 한 여름 고온기의 생육기를 거친 후 8월 20일에 수확하여 수량을 조사하였다.

결과 및 고찰

감자 實生個體의 耐暑性 檢定을 위해 CIP575015 × Katahdin 외 4조합을 교배하여 획득된 총 750립의 眞正種子에 대한 각 組合別, 溫度別 塊莖形成反應을 조사한 결과, Table 1과 같이 온도가 30°C로 증가할 경우 평균 塊莖形成率이 20°C에 비해 50% 정도로 감소하였으며, 특히 CIP575015 × Katahdin 조합은 塊莖形成率이 21%로 가장 낮았다. 반면에 CIP575015 × B6603-6조합은 30°C에서도 58%의 塊莖形成率을 보여 고온에서도 塊莖形成이 잘되는 耐暑性 조합으로 생각되었다. 또한 84 I 35-4 × Katahdin 조합도 20°C에서 69%, 30°C에서 55%로 대차없이 괴경형성을

이 높게 나타냈다.

器內 高溫條件에서 선발된 系統들의 器內小塊莖을 고온기에 포장에서의 耐暑性を 검정하기 위해 온실에 증식하였다. 온실내 증식과정을 보면 20°C에서 선발된 5조합 52系統과 30°C에서 선발된 53조합 39系統 등 총 91系統을 대형 포트에 증식하였으나 발아율 및 초기 생육불량으로 20°C 選拔系統에서 11系統과 30°C 選拔系統에서 27系統이 淘汰되었다. 특히 30°C에서 선발한 系統들이 증식과정에서 약 70% 정도 도태되었는데 이는 器內 30°C에서 괴경이 형성되었으나 塊莖 크기가 작고 皮目肥大되어 적합한 환경 조건을 맞추어 준 온실에서도 생육이 불량하였다. 특히 도태된 몇몇品種들은 1~2개의 塊莖이 형성되어 수량성이 저조하여 차대 실험할 공시재료가 부족한 系統이나 塊莖모양 및 표피색이 불량한 계통은 제외시켰다.

일반적으로 포장내에서 선발할 때 實生1년차에서는 熟期가 늦기 때문에 수량성이 낮고 塊莖크기가 작고 畸形이 되거나 눈이 깊고 특히 식물체가 연약하여 PLRV(감자 엽권병), PVY에 감염이 용이하다(Vanda, 1994). 그러나 眞正種子를 器內에서 塊莖을 형성시켜 그 小塊莖으로 온실에서 생육시킨 결과 바이러스에 감염되지 않았으며, 수량성이 높았고 생육도 實生 1년에 비해 빠른 경향이 있었다. 이는 眞正種子의 1개의 무게가 器內小塊莖에 비해 수백배나 작아 초기 활력의 차이 때문인 것으로 생각된다. 한편 2년차에서는 온실내에서 選拔과 增殖을 병행 실시하여 생산된 塊莖을 低地帶 暖地인 江陵 포장에서 재배한 결과는 Table 2와 같다. 84 I 35-4 × Katahdin 조합과 CIP575015 × NookSack 조합은 30°C에서 생산된 系統이 20°C에 생산된 系統보다 수량이 증가하는 경향을 보였다.

塊莖形成培養 20°C 조건에서 생산된 계통이 저지대 난지의 高溫조건 30°C에서 생산된 系統보다 초장 및 수량이

Table 2. Plant growth, tuber characteristics and tuber yield of potato clones derived from microtubers produced at 20°C.

No.	Clone number	Cross combination	Stem length(cm)	Maturity ^a	Tuber shape ^b	Skin color ^c	Tuber yield (kg/10a)
1	89MK63-1	CIP575015 × Katahdin	46	E	R	W	1,954
2	89MK63-2	"	70	M	O	W	982
3	89MK63-3	"	75	M	O	W	1,475
4	89MK63-4	"	45	E	O	W	1,723
5	89MK63-5	"	50	M	R	W	2,572
6	89MK63-6	"	60	M	R	W	1,043
7	89ML69-1	CIP575015 × B6603-6	75	M	R	LP	1,703
8	89ML69-2	"	72	M	LO	LP	1,578
9	89ML69-3	"	68	M	LO	W	1,439
10	89ML69-4	"	48	M	R	P	1,168
11	89ML69-5	"	62	L	O	LY	1,488
12	89ML69-6	"	71	L	O	Y	1,712
13	89ML69-7	"	74	L	LO	P	1,880
14	89ML69-8	"	72	M	O	Y	1,036
15	89ML69-9	"	54	M	LO	P	2,425
16	89ML69-10	"	48	E	R	W	1,435
17	89ML75-1	84 J 35-4 × Katahdin	64	M	R	W	1,798
18	89ML75-2	"	49	E	O	P	1,321
19	89ML75-3	"	62	M	O	W	856
20	89ML75-4	"	62	M	R	P	1,907
21	89ML75-5	"	54	E	LO	W	1,835
22	89ML64-1	CIP575015 × NookSack	43	L	LO	W	1,797
23	89ML64-2	"	54	M	O	W	1,369
24	89ML64-3	"	48	M	R	W	2,145
25	89ML64-4	"	52	M	R	LY	1,772
26	89ML64-5	"	49	M	R	W	1,358
27	89ML64-6	"	50	L	R	W	1,005
28	89ML64-7	"	38	E	R	W	975
29	89ML64-8	"	40	L	O	W	1,827
30	89ML64-9	"	35	L	R	W	1,361
31	89ML64-10	"	52	M	R	W	1,472
32	89ME54-1	CIP575015 × Superior	53	M	R	W	1,259
33	89ME54-2	"	57	E	O	W	1,812
34	89ME54-3	"	57	M	R	W	646
35	89ME54-4	"	64	E	OR	W	1,748
36	89ME54-5	"	48	E	O	W	1,083
37	89ME54-6	"	50	M	O	W	1,920
38	89ME54-7	"	57	L	R	W	1,015
39	89ME54-8	"	57	M	R	W	1,720
40	89ME54-9	"	40	E	R	W	1,317
41	89ME54-10	"	54	M	R	W	1,231

^aE : Early, M : Middle, L : Late
^bR : Round, O : Oval, LO : Long Oval
^cW : White, LP : Light Purple, P : Purple LY : Light Yellow, Y : Yellow

증가하였는데 그 요인은 교배에 의해서 생산된 眞正種子 (F₁)들은 hetero 상태로 각각의 種子마다 모두 다른 遺傳形質을 가지고 있기 때문에(Tai and Young, 1984) 20°C와 30°C 조건의 각각의 플라스크 내에서 小塊莖이 형성되었을지라도 20°C에서 형성된 小塊莖은 30°C에서도 형성될 가능성이 있어 Table 3과 같이 30°C에서 선발된 계통보다 우수한 계통이 선발된 것으로 생각된다.

그러나 器內 30°C에서 선발된 계통은 高溫期에 포장 재

Table 3. Plant growth, tuber characteristics and tuber yield of potato clones derived from microtubers produced at 30°C.

No.	Clone number	Cross combination	Stem length(cm)	Maturity ^a	Tuber shape ^b	Skin color ^c	Tuber yield (kg/10a)
1	89MK 63-7	CIP575015 × Katahdin	69	M	R	LY	846
2	89MK 63-8	CIP575015 × Katahdin	51	M		Y	1,032
3	89ML 69-11	CIP575015 × B6603-6	70	L	LO	LP	1,928
4	89ML 69-12	CIP575015 × B6603-6	46	M	O	P	1,678
5	89ML 75-6	84 J 35-4 × Katahdin	57	E	R	P	1,955
6	89ML 75-7	84 J 35-4 × Katahdin	80	E	R	PY	1,782
7	89ML 75-8	84 J 35-4 × Katahdin	72	M	O	P	3,043
8	89ML 64-11	CIP575015 × NookSack	71	L	O	W	2,459
9	89ML 64-12	CIP575015 × NookSack	68	M	R	LY	2,174
10	89ME 54-11	CIP575015 × Superior	55	M	R	W	1,296
11	89ME 54-12	CIP575015 × Superior	60	E	R	W	1,328
12	89ME 54-13	CIP575015 × Superior	67	E	R	W	1,182
13	Superior	Control	50	E	R	W	1,617

^{a,b,c} Refer to Table 2

배하여도 생육이나 수량성이 증가한다고 판단하기는 어려우나, Levy 등(1991)나 Reynold와 Ewing(1989) 등은 耐暑性品種 선발을 위해 高溫 stress에 강한 莖葉을 가진 계통이나 고온 조건에서 塊莖化率이 높은 유전자를 선발하였으나 다른 기후조건으로 옮겨갈 경우는 결과가 다르다는 것을 보고한 바 있다.

본 실험에서도 과연 器內 선발된 계통이 포장재배에서도 선발될 것인가가 의문시되었으나 器內 30°C에서 선발된 系統이 20°C에서 선발된 계통보다 供試系統數가 30% 밖에 안되는데도 불구하고 포장재배에서도 우수한 계통이 선발되어 器內 선발효과가 인정되었다.

특히 포장재배에서 CIP575015 × B6603-6, 84 J 35-4 × Katahdin 그리고 CIP575015 × NookSack 등 3개 조합은 30°C 조건의 최저수량이 20°C 조건의 평균수량보다 증가된 경향을 보여(Table 4) 器內塊莖形成을 이용한 감자의 耐暑性系統選抜이 가능한 것으로 판단되었다.

감자의 품질을 결정하는 숙기, 괴경모양, 눈 깊이, 균일도와 수량 등을 고려하여 Table 5와 같이 20°C에서 선발된 系統中 1系統과 30°C에서 선발한 系統中 3系統의 耐暑性 系統을 포장재배에서 선발한 결과 수량성은 89ML75-8 계통은 3,043 kg/10a로 秀美에 비해 88%가 증가되었고, 건물함량은 89ML64-11 계통이 18.8%로 秀美보다 11%나 증가되어 澱粉用으로 유망시된다.

이상은 收量 및 塊莖品質까지 고려하여 포장에서 肉眼으로 선발한 것으로 越夏栽培에서 온도조건별로 선발된 系統의 수량성을 비교해 보면(Figure 1) 우리나라 감자 평균수량이 2,000 kg/10a 이상인 系統은 20°C에서 3系統, 30°C에서 3系統 등 총 6系統이 선발되었으며 選抜效率는 20°C는

Table 4. Comparison of tuber yields by cross combination on the basis of the tuber yield shown in Table 3.

(unit : kg/10a)

Cross combination	Hight yield of clones from tuberization at 20 °C	Hight yield of clones from tuberization at 30 °C	Mean yield of clones from tuberization at 20 °C	Lowest yield of clones from tuberization at 30 °C
CIP575015 × Katahdin	2,572	1,032	1,616	846
CIP575015 × B6603-6	2,425	1,928	1,586	1,678
84 I 35-4 × Katahdin	1,907	3,043	1,343	1,782
CIP575015 × NookSack	2,145	2,459	1,508	2,174
CIP575015 × Superior	1,920	1,328	1,373	1,182

Table 5. Tuber dry matter and glucose contents and yields of selected clones for their heat tolerance

Temp.	Clone number	Dry matter content (%)	Glucose content (%)	Total yield (A) (kg/10a)	Tuber yield (kg/10a)	
					Marketable (B)	A / B (%)
20°C	89MK63- 5	16.5	0.07	2,572	2,237	87
					30°C	89ML75- 8
30°C	89ML64-11	18.8	0.14	2,457	2,090	85
	89ML69-11	17.4	0.17	1,928	1,773	92
	Superior	16.9	0.05	1,617	1,342	83

7.3%, 30°C는 25%으로 30°C 조건이 20°C 조건보다 3배 이상으로 많이 선발되었다. 이러한 **耐暑性 選拔 系統**은 실제 열대지방이나 저지대 고온기에 이상적인 수량과 활력이 계속될지는 추후 연구검토해야할 과제이나 **耐暑性 系統**을 조기에 포장검정하고 器內에서도 단기간에 **耐暑性 系統**을 선발할 수 있는 방법을 구명한 것은 큰 의의로 볼 수 있겠다. 특히 우리나라의 장려품종은 低地帶 난지에서 越夏栽培를 할 수 없는 단점을 보완하기 위해서도 이런 계통을 育種母本의 유전자원으로 이용할 가치가 있다고 생각된다.

적 요

감자 實生個體들의 **耐暑性系統**을 조기 선발하기 위해 CIP575015 × Katahdin, CIP 575015 × B6603-6, 84 I 35-4 × Katahdin, CIP 575015 × NookSack 그리고 CIP575015 × Superior 등 5조합을 교배하여 획득된 총 750립의 眞正種子를 器內에서 각각의 조합을 온도별로 처리하여 塊莖 형성 반응을 조사한 결과 온도가 20°C에서 30°C로 증가할 경우 평균 塊莖形成率이 20°C에 비해 평균 43% 정도가 감소하였으며 특히 CIP575015 × Katahdin 조합은 21%로 가장 낮았다. 반면에 CIP575015 × B6603-6 조합은 30°C에서도 58%의 塊莖形成率을 보여 高溫에서도 塊莖形成이 잘되는

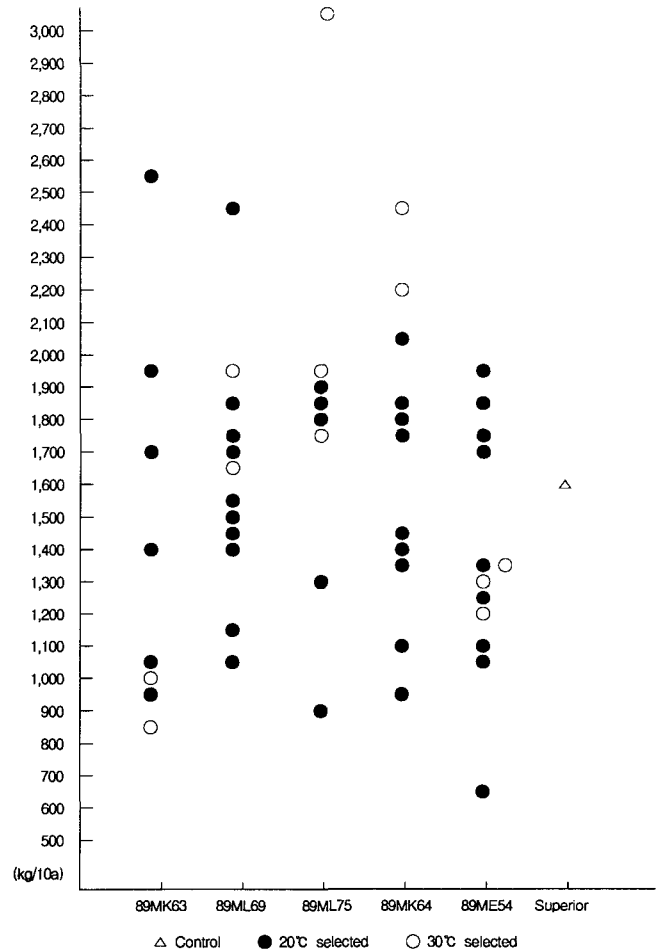


Figure 1. Tuber yield of potato clones derived from microtubers produced at 20°C and 30°C.

耐暑性 조합으로 생각되었다. 器內 고온조건하에 선발된 系統을 고온기 포장에서 **耐暑性**을 검정하기 위해 器內小塊莖에서 생산된 塊莖을 低地帶 暖地인 江陵 포장에 재배하였다. 조합별 塊莖特性 및 수량을 조사한 결과 20°C에서 선발된 系統 중 1系統, 30°C에서 선발된 系統중 3系統의 **耐暑性 系統**을 선발하였다. 수량성에서는 89ML75-8 계통이 秀美品種 대비 88%의 증가로 다수성이었으며, 89ML64-11 계통은 건물율이 18.8%로 秀美 품종보다 11%가 증가되어 澱粉用으로 유망시되었다.

인 용 문 헌

Burton WG (1981) Challenges for stress physiology in potato. Amer Potato J 58: 3-14
 Demagante AL, van der Zaag P (1988) The response of potato (*Solanum* spp.) to photoperiod and light intensity under high temperatures. Potato Res 31: 78-83

- Ewing EE** (1981) Heat stress and the tuberization stimulus. *Amer Potato J* 58: 31-49
- Horton D** (1989) Potato production system. In "Potatoes production, marketing and programs for developing countries" eds. Westside press London. pp 111-153.
- Levy D** (1986) Tuber yield and tuber quality of several potato cultivars as affected by seasonal high temperatures and by water deficit in a semi-arid environment. *Potato Res* 29: 95-107
- Levy D, Kastenbaum E, Itzhak Y** (1991) Evaluation of parents and selection for heat tolerance in the early generations of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program. *Theoretical and Applied Genetics* 82: 130-136
- Reynold MP, Ewing EE** (1989) Heat tolerance in tuber bearing *Solanum* species: a protocol for screening. *Amer Potato J* 66: 63-74
- Rowe RC** (1993) Potato health management; A holistic approach APS press. USA. pp 3-10
- Struik PC, Gertsema J, Custers CH** (1989) Effects of shoot, root and stolon temperatures on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant, II. Development of the stolons. *Potato Res* 32: 142-149
- Tai GCC, Young DA** (1984) Early generation selection for important agronomic characteristics in potato breeding population. *Amer Potato J* 61: 419-434
- van der Zaag ED** (1984) Reliability and significance of a simple method of estimating the potential yield of the potato crop. *Potato Res* 27: 51-53
- van der Zaag ED, Doombos JH** (1987) An attempt to explain difference in the yielding ability of potato cultivars based on differences in cumulative light interception, utilization efficiency of foliage and harvest index. *Potato Res* 30: 551-568
- Vanda ME** (1994) Environmental stress and its impact on potato yield. In J.E Bradshwa and Mackay GR potato genetics CAB international. pp238-383
- 金賢準, 金寬洙, 金裕喆, 金奉德** (1987) 감자優良系統育成 및 生産力檢定試驗. 高試研報: pp 13-47

(1997년 1월 3일 접수)