

배양액의 pH저하 처리에 의한 감자소괴경 형성 촉진

金基澤* · 朴庸奉¹

濟州道農業技術院, ¹濟州大學校 園藝學科

Effects of Temporary pH Reductions of Solution on Tuberization of Potato(*Solanum tuberosum* L.) in Hydroponics

Kim, Ki Taek* · Park, Yong Bong¹.

*Cheju Provincial A.T.A, Cheju 690-170, Korea

¹Dept. of Hort. Cheju Natl. Univ. Cheju 690-756, Korea

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of temporary pH reductions on tuberization of 'Dejima' potato in aeroponics. The pH and EC of nutrient solution were adjusted to 6.0~6.5 and 1.2mS/cm, respectively. On 35th day after planting, plants were subjected to pH 3.0, 4.0, 5.0 and 6.5 for 10hrs. After 5 days mini-tuberization was shown in pH 3.0 treatment and was significantly increased up to 20 days. Temporary low pH treatment resulted in the increase of stolon formation and of tuber dry weight. Number of mini-tubers per plant on 90th-day after planting was 72.1, 69.8, 65.2, and 60.3 in pH 3.0, 4.0, 5.0 and 6.5 respectively.

주제어 : 감자, 소괴경형성, 양액재배, pH 저하

Key words : Potato mini-tuber, Mini-tuberization, Aeroponics, stolon formation

*Corresponding author

서 론

감자 무병종서의 대량급속 증식을 위해 기내소괴경 생산방법을 이용하는 연구가 많이 이루어져 왔다. 기내소괴경 형성에 관한 연구는 Gregory(1956)에 의하여 최초로 가능성이 제시된 이후 많은 연구자

들이 이에 대하여 보고하였으나(Han, 1987; Hussey 등, 1984; Garcia 와 Gomez, 1973 ; Wiersema 등, 1987), 소괴경의 크기가 작아 파종후 입모율이 떨어지고, 생육초기 포장관리가 까다로운 점등의 문제점으로 실용화가 정착되지 못하고 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 최근에는

양액재배방식에 의한 소괴경 생산 연구가 이루어지고 있다.

감자 양액재배는 70년대에 들어서면서 담액수경 및 사경재배로 감자 생육에 대한 양분의 상호관계를 구명하기 위해 수행되었고(Fong 과 Ulrich, 1969; Lee, 1972; Ulrich 등, 1972), 1980년대에 들어 우주농업에 대한 일련 연구과정으로 미국 NASA에서 우주비행시 자체 식량 확보 가능성을 타진하기 위하여 감자 NFT 방식의 양액재배를 시도하여 그 가능성을 제시한 바 있다(Wheeler 와 Tibbitts, 1986; Wheeler 등, 1990).

국내에서는 상위단계의 무병종서 대량증식을 목적으로 Kim 등(1993)이 감자 양액재배를 실시한 결과 괴경의 크기가 기존의 기내소괴경보다 크고 다수확이 가능하다고 하였고, 그 이후 Kang과 Kim(1995)이 감자 양액재배 시스템 및 재배방법 등을 구명하면서 관심을 가지기 시작하였다. 그러나 소괴경의 생산효율을 고려한 재배기술은 미흡한 실정이다. 특히, 감자는 수확대상이 되는 괴경이 지하부에서 형성되므로 복지 및 괴경의 형성을 촉진시킬 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구는 감자 양액재배에서 일시적으로 배양액의 pH를 저하시켜 근권부위에 자극을 줌으로써 괴경형성을 촉진하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

공시한 감자는 제주에서 재배가 많이 되는 '대지'(Dejima) 품종을 사용했다. 양액재배에 이용한 묘는 기내에서 발근시킨 어린 조직배양 shoot를 온실내 순화상에 이식한 후 순화된 줄기를 채취하여 사용하였다.

조직배양 shoot의 순화는 60(길이)×40(폭)×15(깊이)cm 크기의 스티로폼 상자에 양액을 채우고 2cm 두께의 스티로폼 판에 5×5cm 간격으로 구멍을 뚫어 조직배양된 어린 shoot를 이식하여 담액경으로 45일간 묘를 양성하는 것으로 묘가 10~15cm 자

랐을 때 7~8cm 길이로 삼수를 채취하여 양액재배상에 40×20cm 간격으로 삼식하여 분무경으로 재배하였다.

배양액의 pH 처리는 정식후 35일에 오전 9시부터 오후 7시까지 10시간 동안 pH 3.0, 4.0, 5.0과 6.5 등 4개 수준으로 처리하였다. 처리방법은 1,000 l의 양액통에 H₂SO₄ 0.5N 용액으로 처리수준 별로 pH를 조절하여 공급하였다. 처리후에는 양액을 새로운 것으로 교환해서 질소농도를 1/2 수준으로 낮추어 공급하였다. 배양액은 Table 1과 같이 조성하여 3일 동안은 1/2 농도로 공급하고 그 이후에는 전농도로 공급하였으며 용수는 지하수를 사용하였다.

Table 1. Mineral composition of nutrient solution used for this experiment

Macro-element(me/ l)		Micro-element(ppm)	
NO ₃ ⁻	N10.0	Fe	2.0
NH ₄ ⁻	N1.2	Mn	0.5
P	3.0	B	0.5
K	7.0	Zn	0.05
Ca	5.0	Cu	0.05
Mg	3.0		

배양액의 pH는 6.0~6.5, EC는 1.2mS/cm가 되도록 유지하였고 배양액의 온도는 18℃가 넘지 않도록 하였다.

생육조사는 pH 처리후 최초 괴경형성일수와 pH 처리후 55일에 수확과 함께 괴경의 크기 분포를 조사했다. 본 연구를 위한 모든 시험은 제주도 농업기술원 농업시험포장 비닐하우스에서 수행되었다.

결과 및 고찰

영양생장을 충분히 시킨 정식 35일후 괴경형성을 유도하기 위하여 배양액의 pH를 일시적으로 낮게 처리한 결과는 Fig.1과 같다. 괴경은 관행인 pH 6.5에 비하여 pH를 낮게 조절한 처리구에서 빨리 형성되었다.

pH 3.0 처리구는 처리후 5일째부터 괴경형성이 시작되어 처리후 20일까지 뚜렷한 증가를 보였다. pH 4.0처리구는 pH 3.0에 비하여 소괴경 형성이 3일 정도 늦었으나 처리 10일 이후에는 소괴경 형성이 빨라

이후에는 소괴경 형성이 빨라 처리후 30일경에는 큰 차이가 없었다. pH 5.0처리구는 처리후 10일에 소괴경 형성을 발견할 수 있어서 pH 6.5와 비슷한 경향을 보였다.

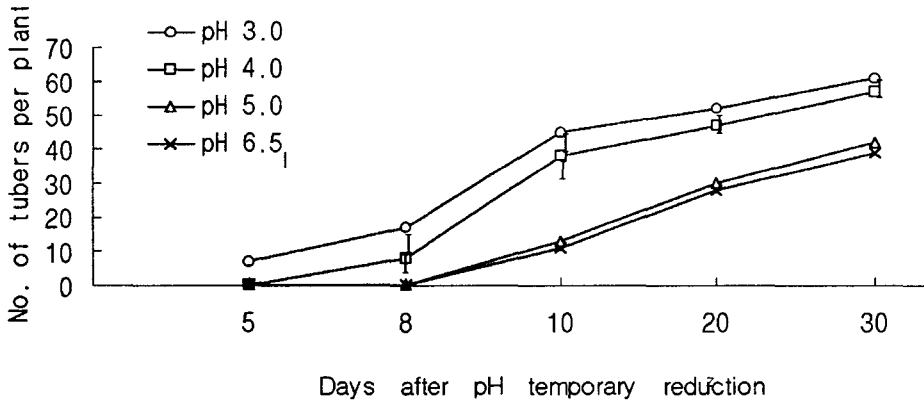


Fig 1. Time course response of mini-tuber initiation to four pH treatments. ²Plants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours 35 days after shoot setting, and to pH 6.5 constantly. Vertical bars represent standard error of treatment means.

이러한 연구결과는 Wan 등(1994)도 pH의 간헐적인 저하에 의해 괴경형성이 촉진된다고 하여 유사한 결과를 나타냈으며, Cao와 Tibbitts (1994) 등도 pH 4.0에서 보다 pH 3.5처리구에서 소괴경의 형성도 빨랐고 수량도 많았으나 pH 5.5에서는 수확 2일전까지도 괴경이 형성되지 않았다고 하여 본 연구 결과를 뒷받침하고 있다.

또한 줄기와 뿌리 및 복지의 생장은 Table 2에서 보는 바와 같이 pH를 낮게 처리할수록 줄기와 뿌리의 건물중은 낮았고, 소괴경의 건물중은 높았다. 이러한 결과는 pH가 낮게 처리될수록 뿌리가 stress를 받아 생장이 둔화되는 반면 생식생장은 촉진되어 괴경중이 증가된 것으로 유추된다.

Table 2. Effect of temporary pH reductions on dry weight(g/plant) of various parts of potato plants.

Nutrient solution pH	Stems	Stolons	Roots	Tubers	Total
3.0 ^c	36.2b ^y	9.8b	8.5c	17.2a	71.7b
4.0	60.5a	11.4a	9.7a	15.0b	96.6a
5.0	65.0a	12.8a	11.0a	14.1b	102.9a
6.5	63.1a	11.9a	11.3a	14.7b	101.0a

²Plants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours 35 days after shoot setting, and to pH 6.5 constantly.

^yMean separation within columns by

Duncan's multiple range test at 5% level

한편 낮은 pH 처리에서는 1차 복지에서 2차 복지의 발생을 촉진함으로써 피경수의 증대 가능성을 나타내었다(Fig. 2).

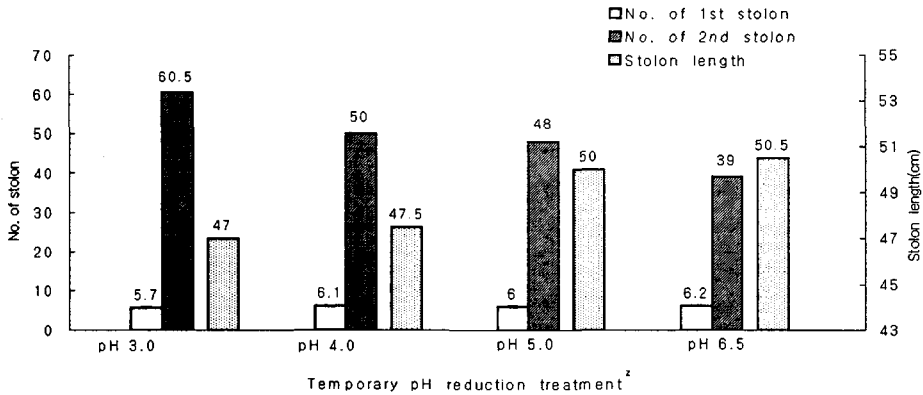


Fig. 2. Effect of temporary pH reduction on number of stolons and stolon length of "Dejima" potatoes grown for 90 days with one of four pH treatment.

^zPlants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days after planting, and to pH 6.5 constantly.

Table 3. Effect of temporary pH reduction on tuber yield of potatoes grown aeroponically at 90 days after shoot setting.

Nutrient solution pH ^z	No. of tubers (ea/plant)	Average tuber weight (g)	Tuber weight (g/plant)
3.0	72.1a ^y	4.5a	325.6a
4.0	69.8a	4.4a	307.8ab
5.0	65.2ab	4.4a	284.9ab
6.5	60.3b	3.7b	222.5b

^zPlants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days shoot setting.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

감자를 분무경 재배할 경우 1차 복지수는 6~7개가 발생되었지만 2차 복지수는 pH 3.0 처리에서 60개 정도 발생되어 pH 6.5의 40개

보다 많았다. 이와 같이 2차 복지수가 많은 pH 3.0처리에서 피경수가 증가되는 것으로 보아 피경수 증가를 위해서는 2차 복지수는 증가시켜야 될 것으로 판단되었다. 한편 복지길이는 pH 처리간 차이가 없는 것으로 보아 복지의 신장은 정식후 35일 이전에 이루어지는 것으로 알 수 있었다.

일시적인 pH처리결과 주당 피경수는 pH 3.0과 4.0처리에서 각각 72.1 개와 69.8개로서 pH 5.0 및 6.5에 비하여 많았다 (Table 3). 또한 피경수의 증가가 주당 총 피경중의 증대에 직접적인 영향을 미치게 되어 pH 3.0과 4.0 및 5.0 처리가 pH 6.5로 계속 유지하는 것보다는 높은 수량을 나타내었다. 또한 피경 크기별 분포(Table 3)에서도 총피경수와 마찬가지로 포장 재배가 가능한 3g 이상의 소피경수가 또한 피경 크기별 분포(Table 3)에서도 총피경수와 마찬가지로 포장 재배가 가능한 3g 이상의 소피경수가 pH 3.0과 4.0처리에서 57.9와

55.5개로 pH 5.0 및 6.5보다 많았다.

이와 같이 영양생장이 확보된 후 일시적으로 pH를 낮게 처리함으로써 괴경 형성과 비대축진이 가능하였다. 그리고 감자 양액 재배시 괴경 크기별 분포를 볼 때 1~3g 범위의 괴경이 60% 이상을 차지함으로 이들 괴경들을 포장 재배에 가능한 크기인 3g 이상으로 증대시키는 기술개발 연구가 필요한 것으로 생각된다.

Table 4. Tuber weight distribution of the aeroponically grown potatoes.

Nutrient solution pH ^z	Weight distribution (%)					
	<1g	1~3g	3~5g	5~10g	10~20g	>20g
3.0	20.0b ^y	22.2b	18.8c	15.4c	11.4a	12.3a
4.0	21.1b	23.4ab	20.9b	19.3a	8.0b	7.3b
5.0	25.2a	24.0a	20.5b	17.2b	6.1b	7.0b
6.5	24.4a	25.1a	22.4a	15.3c	5.9b	7.2b

^zPlants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days planting.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

본 시험에서 낮은 pH처리에서 소괴경 형성이 빠르고 수량도 많았던 결과는 이미 보고된(Cao와 Tibbitts, 1994; Wan 등, 1994)바와 일치하고 있으나, 높은 pH에서 상이한 결과를 보이고 있는 것은 본 시험에서 생육기간중 질소농도의 조절에 기인한 것으로 생각된다. Cao와 Tibbitts (1994)의 시험에서는 정식후 수확까지 일정한 농도의 질소(120±10ml.min⁻¹)를 공급하였으나 본 시험에서는 정식후 40일까지는 NO₃-N 6.0me/l 와 NH₄-N1.0me/l 을 혼합 공급하였고 그 이후에는 반감해서 공급하므로써 괴경형성을 유도하는 효과가 있었기 때문으로 보인다. 식물뿌리는 양분 흡수 조건에 따라 형태적으로 생육양상을 달리하는데 pH가 낮으면 세근의 발달이

이루어지지 못하고 색깔도 암갈색으로 변하며 근단부위가 상하여 양수분의 흡수가 원활치 못하였으며 지상부와 지하부의 생장불균형을 나타내었다. 본 시험에서 pH 3.0

처리구가 평균 괴경 크기가 컸는데 이것은 괴경의 형성이 다른 pH처리구보다 빠르게 이루어져서 비대에 충분한 시간을 확보했기 때문으로 생각된다. 이와 같이 낮은 pH에서 괴경형성이 빠르게 이루어진 것은 식물체가 뿌리의 손상에 의한 stress를 받아 괴경형성이 촉진되었을 것으로 생각된다. 이상의 결과로 보아 감자 양액재배시 충분한 영양생장 후에는 괴경형성을 유도하기 위하여 pH 3.0~4.0 범위로 일시적인 stress를 주는 것이 효과적인 것으로 보였다.

적 요

감자 양액재배시 소괴경의 생산효율을 높이기 위해 감자 유식물체를 정식후 35일에 10시간 동안 배양액 pH를 3.0, 4.0, 5.0과 6.5로 각각 조절하였을 때 생육상황과 소괴경 수량을 조사한 결과, 소괴경 형성은 pH 3.0 처리구에서 빨랐으며 처리후 20일까지는 유의성있는 증가를 보였다. 배양액 pH가 낮을수록 복지수가 증가되어 괴경수가 많았으며 괴경 건물율도 높았고 정식후 90일째 소괴경 수량은 pH 3.0처리에서 72.1개, pH 4.0에서 69.8개, pH 5.0에서 65.2개, pH 6.5에서 60.3개였다. 3g이상 크기의 소괴경의 분포비율은 pH 3.0에서 57.9%로 가장 높았으며 pH 5.0과 6.5에서 50.8%로서 가장 낮았다.

인 용 문 헌

1. Cao, W. and T. W. Tibbitts. 1994. Responses of potatoes to solution pH levels with different forms of nitrogen. J. Plant Nutrition 17(1) : 109-126

2. Fong, K.H. and A. Ulrich. 1969. Growing potato plants by the water culture technique. Amer. Potato J. 46 : 269-272.
3. Garcia. T.L. and C.C. Gomez. 1973. In vitro tuberization of potato sprouts as affected by ethrel and gibberellic acid. Potato Res. 16 : 73-79.
4. Gregory, L.E. 1956. Some factors for tuberization in the potato plant. Amer. J.Bot. 43 : 281-288.
5. Han, E.J. 1987. Effects of growth regulators and medium preparation method on in vitro tuberization of the potato. Seoul Woman's Univ. M.S. Thesis, Korea.
6. Hussey, G. and N.J. Stacey. 1984. Factors affecting the formation of in vitro tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). Ann. Botany 53 : 565-578.
7. Kang, Jong-Goo and Sung-Yeal Kim. 1995. Studies on tuber formation and enlargement of potato(*Solanum tuberosum* L.) in hydroponics. RDA.J.Agric.Sci. 37 : 187-199.
8. Kim, Hyun-Jun, Kwan-Soo Kim, Won-Bae Kim and Kwan-Soon Choi. 1993. Studies on Small Potato (*Solanum tuberosum* L.) Multiplication by hydroponic and its practical use. RDA.J. Agric.Sci. 35(1) : 524-529.
9. Kim, Ki-Taek, Seong-Bae Kim, Sun-Bo Ko and Yong-Bong Park, 1997. Effects of Mini-tuber picking intervals on the yield and tuber weight of potato grown in aeroponics. RDA.J.Agric.Sci. 39(2) : 1~8.
10. Kim, Hyun-Jun, Seong Yeal Ryu, Kwan Soon Choi, Byeong Hyeon Kim and Jeong Kan Kim. 1997. Mass production of seed potato via hydroponic culture. J.Kor.Soc. Hort.Sci. 38(1) : 24-28.
11. Lee,C.R. 1972. Interrelationships of aluminum and manganese on the potato plant. Agron. J. 64 : 546-549.
12. Ulrich, A., K. Ohki and K.H. Fong. 1972. A method for growing potatoes by combining water culture and pot culture techniques. Amer. Potato J. 49 : 35-39.
13. Wan, W.Y., W. Cao and T.W. Tibbitts. 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alternation of solution pH. Hort. Sci 29 : 621-623.
14. Wheeler, R.M., C.L. Mackowiak, J.C. Sager, W.M. Knott and C.R. Hinkle. 1990. Potato growth and yield using nutrient film technique(N.F.T). Amer. Potato J. 67 : 177-187.
15. Wheeler. R.M. and T.W. Tibbitts. 1986. Utilization of potatoes for life support systems in space. I. Cultivar-photoperiod interaction. Amer. Potato J. 63 : 315-323.
16. Wiersema, S.G., R. Cabello, P. Tovar, and H. Dodds. 1987. Rapid multiplication by planting into beds microtubers and in vitro plants. Potato Res. 30 : 117-120.