

생육단계별 배양액농도가 비트(*Beta vulgaris* L. cv. Detroit) 의 생육에 미치는 영향¹⁾

박권우 · 강호민 · 박용건
고려대학교 원예과학과

Effects of Nutrient Concentrations for Each Growing Stages on Beet(*Beta vulgaris* L. cv. Detroit) Growth

Park, K. W. · Kang, H. M. · Park, Y. G.
Dept. of Hort. Sci., Korea Univ.

Abstract

This experiment was conducted to decide appropriate nutrient concentration for beet soilless culture by different nutrient concentration treatment between before and after root enlargement. Yamazaki's solution for head lettuce was used 0.5, 1, 2, 4 strength for before root enlargement and 0.5, 1, 2, 4 strength was treated after root enlargement.

Root weight was good in 0.5, 1, 2 strength treatment before, then change treatment to 4 strength after root enlargement. But 4 strength treatment after root enlargement increase pithiness and root cracking. Vitamin C contents was low in 0.5 and 4 strength treatments after root enlargement.

Betaxanthin and betacyanin were involved high concentration in lower nutrient concentration after root enlargement despite the treatments of before root enlargement.

Therefore 1, 2 strength before root enlargement and 2 strength after root enlargement treatments is recommendable for nutrient culture of beet.

키 워 드 : 베타산틴, 베타시아닌, 비타민 C, 바람들이, 열근

Key words : betaxanthin, betacyanin, vitamin C, pithiness, root cracking

서 언

비트의 원산지는 지중해 연안인데, 야생종을 약용으로 이용한 것이 기원전 10세기부터

라고 추측될 정도로 유럽에서는 오래 전부터 재배되어 왔다. 그러나 유럽에서는 보편적으로 재배된 것은 17~18세기로 추정된다¹⁾.

비트는 명아주과에 속하며 근연종인 사탕

¹⁾ 본 논문은 교육부 농업과학 학술연구 조성비(94-농-2)에 의해 수행된 '기상조건 및 생육단계별 수경채소의 배양액조절 시스템 개발'의 일부임.

무, 사료용 사탕무와 달리 우리가 식용하는 부위인 배축이 지상부로 솟아나며 뿌리 부분만 땅속에 뻗는 특징이 있다.

앞에서 형성되어 뿌리에 집적되는 독특한 붉은 색과 유기산, 사과산, 포도산, 옥살산 같은 씩씩한 성분 때문에 중국음식에서는 데코레이션용으로 많이 사용했으나 최근 새로운 샐러드 식물로도 각광을 받기 시작했다. 특히 착색된 천연색소(betalain)는 음식의 착색, 화장품용으로 용도가 늘어나고 있어 근래에는 조직배양을 통한 대규모 생산에도 관심을 갖기 시작했다²⁾. 비트의 적색소인 betalain은 자주에서 적색을 내는 betacyanin과 황색을 나타내는 betaxanthin의 혼합물이다.

지금까지 비트에 대해서는 주로 토양재배에 대해 연구돼 왔는데, Fritz 등⁴⁾에 의하면 ha당 30t을 수확할 경우 주요 양분의 흡수를 보면, N 140kg, P₂O₄ 50kg, K₂O 230kg, CaO 60kg, 그리고 MgO는 22kg이라고 한다. 특히 비트는 내염성이 강하고 염소를 좋아하는 편이며, 붕소도 많이 흡수한다.

근채류의 수경재배 연구는 그 근비대 특성상 상당히 까다로운 편으로 지금까지 20일무를 대상으로 이루어져 왔다^{5,10)}. 오와 박⁸⁾에 의하면 20일무 수경재배시 무의 외형적인 모양은 NFT가 가장 좋고, 순수수경, 사경재배 그리고 토경의 순서였다고 한다.

그러나 우리나라에서 재배역사가 짧은 비트의 수경재배에 대한 연구는 아주 미진한데, 이는 20일무보다 생육기간이 길기 때문이 아닌가 생각된다. 따라서 본 연구는 지금까지 국내에서는 전혀 연구된 바 없는 비트의 양액재배에 대한 기초자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험은 고려대학교 채소학 실험실의 플라스틱 온실에서 실시하였다. 적색 환형 계통인 'Detroit'를 공시품종으로 하여 파종은 1996년 3월 8일에 펠라이트에 파종했으며, 그 가운데 건설한 묘를 동년 3월 29일에 모래를

채운 직경 11 cm 포트에 이식하여 담액식베드(포트 하단 1cm만 잠김)에 올려 5일간 순화시킨 후 Yamazaki 상추용액을 0.5, 1, 2, 4 배로 만들어 비대기 전 처리를 위해 각각 공급하였다⁹⁾. 양액은 1시간에 15분씩 순환하도록 했고, pH는 7.2로 보정했으며, EC가 10% 이상 변화했을 때 전량 교체하였다. 1개월이 지난 4월 27일에 뿌리 직경이 평균 1cm 내외가 되면서 근비대기에 들어가게 되어 비대기 양액처리를 목적으로 다시 4가지 농도 0.5, 1, 2, 4배액에 재배치하였다. 근비대기 전 4 가지 농도처리를 다시 근비대기 4가지 농도처리에 나누어 재배치하여 4×4 요인실험 설계를 하였고, 처리 당 개체수는 7개였다. 수확은 5월 8일(처리 후 10일째)에 실시하였다. 생육조사는 근비대기 전인 4월 27일과 수확일인 5월 8일에 각각 실시했는데, 조사항목은 초장, 엽수(2cm 이상인 잎), 최대엽의 엽장, 엽폭, 근장, 근경, 생체중 등으로 관행적 방법에 의해 조사하였다. 최종 조사에는 건물율, 비타민 C 함량을 조사했다.

건물율은 생체 100g을 80℃에서 2일간 말린 후 103℃에서 1일간 말려서 조사했다.

비타민 C는 spectrofluorometer를 이용하여 측정하였다⁶⁾.

바람들이는 박¹²⁾의 방법에 따라 절단면을 차지하는 바람들이의 면적을 기본으로 0, 1, 2, 3, 4, 5로 나누어 조사 후 평균을 냈으며, 1-3은 시장성이 있는 정도이고, 4-5는 시장성이 없는 정도이다.

열근율은 처리개수에 대한 외적으로 열근된 개체수를 조사하여 백분율로 표시하였다.

Betalain 분석(betaxanthin과 betacyanin)은 샘플을 0.01M phosphate buffer(pH 5.0, final volume:1/2, w/v)에 넣고 homogenizing 한 후, 15,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취해 buffer로 희석하였다^{14,15)}. 이것을 spectrophotometer(Beckman DU-64)를 이용하여 480nm, 537nm에서 OD값을 측정하여 비교하였다.

통계분석은 Duncan의 다중분석을 이용하였다.

결과 및 고찰

근비대기가 시작되는 초기생육을 조사해본 결과를 보면, 표 1과 같은데, 역시 다소 농도가 높은 2배, 4배액에서 생육이 좋았다. 특히 지상부 생육을 보면 1배액에서 9.2g인데, 2배액에서 18g으로 두 배나 높았으며, 근중도 같은 결과를 보였다.

5월 8일 수확시 지상부 및 지하부 생육은 표 2 및 그림 1과 같다.

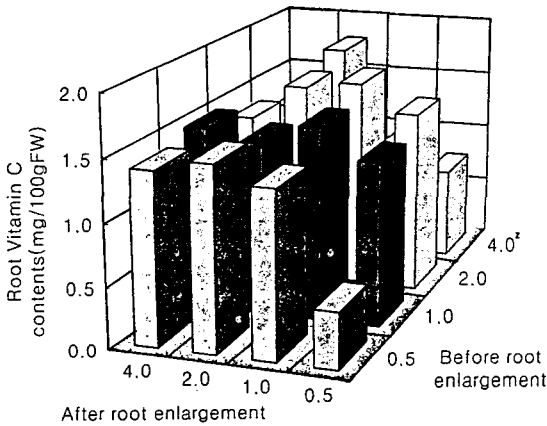


Fig. 1. Root vitamin C contents of beet on nutrient strength for each growing stages.

See table 1.

즉, 근비대 전의 낮은 농도에서 근비대기 후의 높은 농도로 바꾸면 모든 처리구에서 지상부 및 뿌리의 무게가 증가되었는데 특히 지상부의 무게는 0.5, 1, 2배액에서 4배액으로 바뀌었으므로 엽생장이 증가되었다. 그러나 근비대기전 4배액에서 근비대개시 후에도 4배액으로 유지시키거나 4배에서 0.5, 1, 2배액으로 양액농도를 낮추면 지상부 생육이 낮아지는 것을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 뿌리에서도 나타났는데, 가장 좋은 처리구는 생육 초기에는 2배액을 그리고 생육 후기에는 4배액을 시비하는 것이었다. 이 처리기간은 불과 10일인데도 뿌리 무게는 100배가 증가한 것을 후기에 4배액을 처리한 처리구에서 볼 수 있어 근채류의 근비대는 후기에 급속하게 증가하는 것을 알 수 있다. 박¹²⁾은 독일 무 'Rex' 수확기별 실험에서 1주일 간격으로 무를 수확했는데 최고 근중이 증가한 것은 여름 재배시에 1주일에 2~3배씩 증가되었다고 한다.

외적인 품질로 중요한 열근율은 근비대기에 4배액을 처리한 것이 모든 처리구에서 최고 33%까지 나타났는데, 이는 뿌리 무게가 100g 이 넘는 경우는 어김없이 나타났다(표 3). 따라서 비트는 약 100g 미만이라면 수확을 하는 것이 좋다고 본다. 박¹²⁾은 독일무 'Rex'는 대체로 100g 미만에서는 바람들이가 나타나지 않으나 100g이 넘으면 나타나기 시작한다고

Table 1. Comparison of beet (*Beta vulgaris* L. cv. Detroit) growth before root enlargement on nutrient strength.

Nutrient strength ^a	Leaf number	Top length (cm)	Top weight (g)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Root weight (g)
0.5	7.3c ^b	12.0d	3.7b	7.8d	3.8d	2.0b	0.63b	1.5b
1	8.0c	10.2c	9.2b	10.4c	5.7c	1.8ab	0.83b	2.8b
2	9.3b	21.0b	18.0a	12.4b	7.1b	2.5ab	1.80a	6.8a
4	10.3a	23.5a	20.7a	14.3a	8.8a	2.7a	1.80a	7.0a

^a Strength of Yamazaki's head lettuce solution.

^b Means separation within columns by Duncan's multiple range test, at the 5% level.

Table 2. The effect of nutrient strength on beet (*Beta vulgaris* L, cv. Detroit) growth.

Nutrient strength ⁴		Top length (cm)	Top weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (cm)	Root weight (g)	Root D.W.ratio (%)	Root shape index ⁵
Before root enlargement	After root enlargement							
0.5	0.5	25.3h ⁶	20.3i	3.4f	3.7f	21.8g	13.3a	1.07
	1	27.8gh	35.4ghi	3.8f	4.9de	34.8fg	12.7a	1.12
	2	36.8bcd	68.7ef	5.0de	5.5cd	75.2def	13.3a	1.10
	4	43.9a	125.6ab	5.5bcd	6.2abc	117.7bcd	13.1a	1.10
1	0.5	25.3h	33.1hi	4.2ef	4.2ef	59.0efg	11.4cd	1.12
	1	30.efg	60.8fg	5.0cde	5.2d	59.2efg	13.0a	1.00
	2	38.5bcd	88.8cde	5.2cde	6.3abc	118.8bcd	12.4ab	1.21
	4	41.1ab	124.7ab	5.8bcd	6.4abc	145.6abc	12.3abc	0.17
2	0.5	31.4efg	47.2fgh	5.3cd	5.2d	83.9def	10.8de	1.06
	1	33.8def	94.0cde	5.5bcd	6.4abc	97.8cde	11.0de	1.13
	2	36.0efg	101.4bc	6.3ab	7.1a	168.5ab	10.9de	1.14
	4	43.5a	129.6a	6.7a	7.1a	196.6a	11.1de	1.04
4	0.5	31.4efg	39.8ghi	4.9de	6.1bc	99.8cde	10.4ef	1.27
	1	31.3efg	71.9def	5.5bcd	6.8ab	100.7cde	9.6f	1.17
	2	39.8abc	94.3cde	6.0abc	7.0ab	170.2ab	11.6bcd	1.17
	4	38.0bcd	95.9cd	5.9abcd	6.8ab	145.9abc	11.6bcd	1.19

⁴ See table 1.

⁵ Root diameter/root length.

⁶ Means separation within columns by Duncan's multiple range test, at 5% level.

Table 3. Pithiness and root cracking of beet (*Beta vulgaris* L. cv. Detroit) root on nutrient strength.

Nutrient strength ⁴		Pithiness	Root cracking (%)	Nutrient strength ⁴		Pithiness	Root cracking (%)
Before root enlargement	After root enlargement			Before root enlargement	After root enlargement		
0.5	0.5	0	—	2	0.5	1.1	—
	1	0	—		1	1.0	—
	2	0	—		2	1.3	17
	4	0	33		4	1.5	33
1	0.5	0	—	4	0.5	2.1	—
	1	0	—		1	3.5	—
	2	0.5	—		2	2.7	—
	4	0.5	17		4	2.3	—

⁴ See table 1.

⁵ 0: none pithiness, 1-3: moderate pithiness (marketable), 4-5: severe pithiness.

보고한 바 있다. 이⁷⁾는 20일 무의 N 시비량과 Ca 시험에서 시비량이 증가되면 근중은 증가되나 외관이 비정상적인 뿌리가 차지하는 비율이 높다고 보고한 바 있어 근채류의 시비의 경우는 시비량과 수량보다, 시비량에 따른 정상적인 형태의 무생산이 중요하다고 하였다. 더욱이 무나 비트는 바람들이도 중요한데 처음 2배 또는 4배액 처리에서는 전부 바람이 드는 것을 알 수 있다.

따라서 근중을 고려할 경우에 초기에는 표준액의 절반으로 재배하다가 근 비대기에 4배액으로 증가시키는 것이 비료량을 줄일 수 있으며 바람들이와 열근율이 낮으면서 근중을 120g 이상으로 올릴 수 있다고 본다.

대체로 초기에 높은 엽면적은 근비대에 좋은 영향을 주지만 과다하면 뿌리의 비대를 촉진시키면서 열근, 바람들을 높이는 것을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서는 일시 수확을 했기 때문에 고농도 처리구에서 열근, 바람들이가 높았지만 100g 미만의 적기 수확을 한다면 별반 문제가 없다고 본다.

내적인 품질로써 중요한 비타민 C 함량은 지금까지 보고와 분석치에 나타난 양³⁾보다 낮다. 그러나 현재까지 알려진 데로 대체로 높은 양액 농도에서 높은 경향을 보였고 낮은 농도에서는 비타민 C가 낮았다(그림 1). 비타민 C는 어느 정도 생육이 이루어질 때까지는 높고, 너무 생육이 나쁘거나 너무 생육이 과다하면 비타민 C 합성이 억제되기 때문으로 본다^{11, 13)}. 본 연구에서도 초기 4배에서 후기 4배로 된 구에서 다른 구보다 비타민 C가 낮고 초기 0.5배에서 후기 0.5배액 처리구에서 가장 낮은 것은 지금까지 여러 보고와 일치한다.

붉은 색소(betaxanthin과 betacyanin)는 생장 속도와는 반대로 초기에 관계없이 후기에 낮은 양의 농도에 접하면 높은 것을 알 수 있는데(그림 2, 3), 이는 근비대에 따른 희석효과로 생각된다. 즉, 단위 무게 당 붉은 색소의 양은 낮지만 뿌리 1개당 무게는 고농도 시비구에서 높기 때문에 만일 식물의 총량으로 계산하면 큰 뿌리에 더 많은 색소가 함유되어 있는 것이다. 대체로 비트의 적색소는 어린

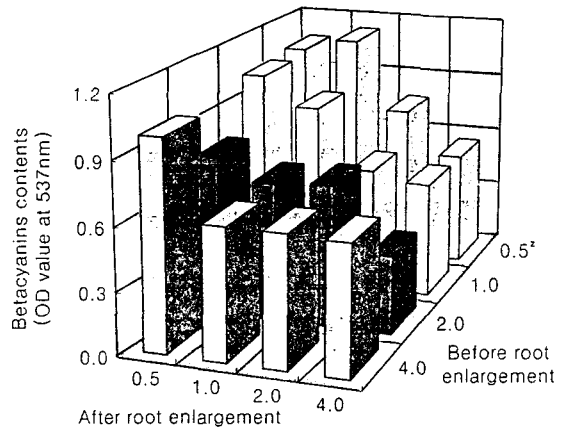


Fig. 2. Betacyanins contents of Beet(*Beta vulgaris* L. cv. Detroit) root on nutrient strength.

See table 1.

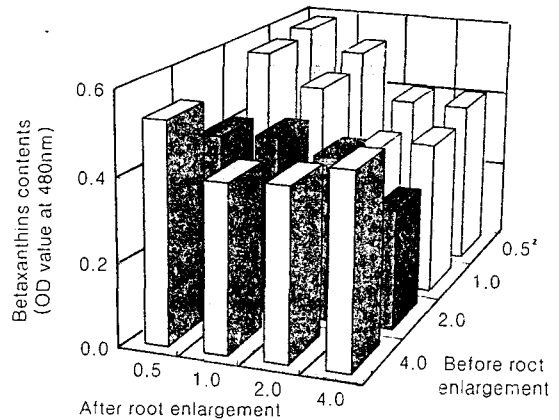


Fig. 3. Betaxanthins contents of Beet(*Beta vulgaris* L. cv. Detroit) root on nutrient strength.

See table 1.

뿌리에서 많이 나타나며 커질수록 묽어진다는 것은 이미 von Elbe 등¹⁶⁾과 Taya 등¹⁵⁾도 보고한 바 있다.

적 요

비트 재배에 알맞은 양액 농도를 구명하고자 근비대기 개시기(작경 1cm 정도)전후에 양액 농도가 생육과 몇 가지 성분에 미치는 영향을 조사하였다. Yamazaki 상추 용액을 근비대기 전에 0.5, 1, 2, 4배, 그리고 각각을 근비대기 시작 후에 0.5, 1, 2, 4배로 처리하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

뿌리의 무게는 초기 0.5, 1, 2배액의 경우에 후기에 4배액 처리가 좋았다. 그러나 후기 4배액처리구에서는 뿌리의 바람들이와 열근율이 높았다. 비타민 C는 근비대 후기에 너무 높거나 낮은 농도 처리 시 낮았다. 그러나 baxanthin과 batacyanin은 비대기 전 농도에 관계없이 후기 처리 농도가 낮을수록 높았다. 따라서 비트에 가장 알맞은 농도는 초기에 1~2배액, 후기에 2배액을 쓰는 것이 좋다고 본다.

인용문헌

1. Becker-dillingen, J. 1956. Handbuch des gesamter Gemüsebaues. Paul Parey, Berlin. pp. 212-226.
2. Constabel, F. and H. Nassif-Makki. 1971. Betalainbildung in Beta-Calluskulturen. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 84 (10) : 629-636.
3. FAO. 1968. Food Composition Table for use in Africa. FAO and US Department of Health, Education and Welfare. Bethesda, Maryland.
4. Fritz, D., F. Venter, J. Weichmann, and C. Wonneberger. 1989. Gemüsebau, Eugen Ulmer Co. pp. 233-237.
5. Goyal, S. S., O. A. Lorenz, and R. C. Huffaker. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. I. Characterization of toxic effects of NH_4^- on growth and its

- alleviation by NO_3^- . J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(1):125-129.
6. Joo, H. G., G. H. Cho, and C. G. Park. 1991. Analysis of food 2.(Korea) You Leem.(Seoul), pp. 184-188.
7. 이 재민. 1987. 알타리무의 생육과 품질에 미치는 파잉관수, 시비수준 및 토양가밀도의 영향. 고려대학교 석사학위논문.
8. 오 영주, 박 권우. 1984. 근부의 광조건 및 수경재배법이 무우 및 상치의 생육과 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 25(3) : 206-211.
9. 박 권우, 김 영식. 1993. 수경재배의 이론과 실제, 고대출판부.
10. 박 권우, 홍 혜영, 장 매희. 1994. 양액종류가 20일 무와 beet의 생육과 품질에 미치는 영향. 한국원예학회 논문 발표요지 12(2) : 36-37.
11. Patil, H. B. and A. A. Patil. 1986. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium and their method of application on nutrients and ascorbic acid contents of radish cv. Japanese White. S. Indian J. Hortic. 34(4) : 266.
12. Park, K. W. 1981. Einflüsse von Jahreszeit, Nährstoffangebot und Erntetermin auf die Qualität des Rettichs. TU München, Dissertation.
13. Park, K. W. and D. F. Fritz. 1983. Influence of fertilization on quality components of radish grown in greenhouse. Gartenbauwissenschaft. 48(5) : 227.
14. Saguy, I., I. J. Kopelman, and S. Mizrahi. 1978. Computer-aided determination of beet pigments. J. Food Science 43 : 124-127.
15. Taya, M., K. Mine, M. Kino-Oka, S. Tone and T. Ichi. 1992. Production and release of pigments by culture of transformed hairy root of red beet. J. Fermentation and Bioengineering. 73(1) : 31-36.

16. von Elbe, J. H., S. H. Sy, I. Y. Maing and W.H. Gabelman. 1972. Quantitative analysis of betacyanins in red table beets(*Beta vulgaris*). J. Food Sci. 37 : 932-934.