

# 파종기가 제주산 당근의 생육과 $\beta$ -carotene 및 당함량에 미치는 영향

박용봉<sup>1</sup>\* · 김기택<sup>2</sup>

<sup>1</sup>제주대학교 원예학과, <sup>2</sup>제주도 농업기술원

## The Effects of Seeding Time on Growth, Contents of $\beta$ -carotene and Sugars of Carrots in Jeju Island

Yong-Bong Park<sup>1</sup>\* and Ki-Taek Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticulture, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

<sup>2</sup>Division of Hort. Agri. Research and Extension Services, Jeju 690-170, Korea

\*corresponding author

**ABSTRACT** An optimum seeding date for carrots growing in Jeju was determined. In early growth stage, the number of leaves was more in Hyang-yang #2 cultivar (HY2) than that in the others, meanwhile that of Hukjun 5 chon (H5) and Shinhukjun 5 chon (S5) was higher in the latter half of the growing season. The weight of leaves was greater in HY2 until 2 months after seeding, but thereafter drastically increased and resulted significant difference at harvest in S5. The length of roots was greater in H5 and S5 than in HY2 when seeded on July 17 and measured after September 13, but it was similar in all cultivars when seeded on August 1 and later. The diameter of the roots was greatest in HY2, regardless of seeding dates, meanwhile no difference was found among other cultivars. The weight of roots was greatest in HY2 when seeded on July 17, August 1 or later, meanwhile it was greater in H5 after November, when seeded on August 15. The percentage of roots cracked was 20, 15, and 10% respectively for HY2, S5 and H5. The percentage of roots branched was 0.3% in HY2. The percentage of roots cracked or branched was much higher when seeded on August 1 than on July 17, and was high (40%) in HY2 and S5, compared to H5 when seeded on August 15. The content of sucrose, glucose and fructose increased until 110 days after seeding in all cultivars, but fructose and glucose contents decreased in about 135 days after seeding, but sucrose contents increased continuously even after 135 days. Sucrose content increased and fructose and glucose contents decreased in S5, but this trend was reversed after late November. Sugar contents was different among the cultivars seeded on August 15, while sucrose content decreased and glucose and fructose contents increased with time. The content of  $\beta$ -carotene was more than 12,000 IU in all cultivars, but decreased in 170 days after seeded on July 17. The content was highest in HY2 and followed by S5 and H5 in order. It was not different among the cultivars in 170 days after seeding on August 1, but was higher in S5 than the other cultivars in 170 days after seeded on late and decreased with seeding date.

**Additional key words:** Hukjun5chon, Hyangyang2ho, Shinhukjun5chon

### 서 언

제주도의 당근은 우리나라 총생산량의 60%를 점유하고 있으며, 농산물 수입개방으로 인한 경쟁력 취약작물의 대체작목으로서 중요한 채소 중의 하나이다. 제주지방의 당근재배는 7-8월에 파종하여 익년 2-3월에 수확하는 월동형 재배방법이 주류를 이루고 있다.

당근의 뿌리는 매우 넓고 깊게 분포하므로 유기물이 풍부한 사질 양토에서 생육이 촉진됨은 물론 착색 또한 양호하다. 제주도는 화

산회토 지대로서 특히 동부지역에 분포된 흑색 화산회토는 유기물 함량이 많고, 배수가 좋으며, 토질이 부드러워 근채류 재배에 적당할 뿐만 아니라 당함량은 물론 생육도 촉진된다. 또한, 토양의 답압은 당근의 근비대를 나쁘게 하며 외형적 변이가 많아 상품가치를 떨어뜨리는 결과를 초래하므로 당근의 근생장을 조장하기 위해서는 토양을 심경하여 쇠토한 후 적정 파종기에 파종해야 한다 (Benjamin과 Sutherland, 1989).

특히 제주도에서는 당근 포전판매가 주로 행해지므로 상인의 요구에 따라 수확이 이루어지고 그렇지 못할 경우에는 오랫동안 포장

\* Received for publication 16 November 2000. Accepted for publication 22 March 2001.

에 심겨진 상태로 있게 되어 지나치게 당근이 비대해지거나 기근발생과 추대가 많아 상품성이 크게 떨어지는 현상을 볼 수 있다.

최근 국민 식생활의 변화에 따라 당근의 맛, 모양, 향, 크기 등이 고루 갖추어진 고품질의 상품을 요구하고 있어 현재의 재배법을 속히 개선하지 않을 경우 당근의 경쟁력은 약화될 우려가 높다. 따라서 본 연구는 고품질의 규격화된 당근생산에 적절한 파종기를 구명하기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

품종은 코팅종자인 일본산 '향양2호(HY2)', '신혹전5촌(S5)', '혹전5촌(H5)'을 공시하여 1998년 7월 19일, 8월 1일, 8월 15일의 세차례로 나누어 파종하였다. 이랑 나비를 2m로 하고 이랑위의 재식거리는 10×8cm로 하여 여덟 줄씩 파종하였다. 시비량은 농촌진흥청 추천시비량에 따라서 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O : 16-15-8 및 퇴비 1,000kg/10a를 기비로 하였고 추비는 N-K<sub>2</sub>O : 14-6을 2회로 나누어 사용하였다.

초기 잡초방제를 위하여 파종 다음날 pendimethalin(한농) 3kg/10a를 살포하였으며, 솟음작업은 생육초기에 1회 중기에 1회를 실시하여, 생육의 부진한 것을 솟아내었다. 병충해 방제를 위해서 prothiofos(동부한농) 1000배액을, 잎마름병 예방을 위해 chlothalonil(경농주식회사) 600배액을 1회 살포하였다.

당함량 조사는 일반적인 생육조사를 끝낸 당근을 -70℃의 초저온 냉동고에서 동결시킨 후 잘게 잘라서 동결건조기를 이용하여 -50℃에서 48시간 건조시켰으며, 동결된 시료를 막자사발에서 분쇄하여 냉장고에 보관 후 정량을 칭량하여 분석시료로 사용하였다. 추출은 최 등(1981)의 방법에 의하여 각각의 시료를 2g 칭량하여 99% ethanol 10ml를 가한 후에 다시 80% ethanol로 전체중량을 20g 되게 정량하여 이를 5분간 80rpm으로 진탕하여 8000rpm으로 20분간 원심분리를 하였다. 여기서 상정액을 추출하고 다시 여과시킨후 분석시료로 사용하였다.

분석기기는 HPLC(Waters 510), RI detector(Waters 410)를 사용하였다. Column은 Supelcosil LC-NH<sub>2</sub> column(5μm, 25cm×4.6cm)을 사용하였다. 이동상의 비율은 acetonitrille : water (v : v, 75 : 25)로 하여 파장은 660nm, 유속은 1.5ml/min, 온도는 35℃로 하였다.

β-carotene 분석은 당분석과 동일한 방법으로 시료를 조제하고, Janice와 Rodney(1986)의 방법에 준하여 각각의 시료를 1g씩 칭량하여 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5g, MgCO<sub>3</sub> 1g과 tetrahydrofuran 125ml로 β-carotene을 추출한 후 여과지(Whatman No. 2)로 다시 여과시켰다. 이를 다시 40℃ 항온조건에서 감압농축기로 농축한 후 tetrahydrofuran으로 10ml 되게 정량하여 분석시료로 하였다. 분석기기는 HPLC (Spectrasystem P2000과 UV1000)를 사용하였다. Column은 Waters VERSAPAK C18 column (10mm, 25cm×

**Table 1.** Effect of the seeding date on the leaf number and leaf weight in carrots.

Seeding date	Cultivar <sup>y</sup>	Date of investigation					
		Aug. 30	Sep. 13	Sep. 27	Oct. 11	Oct. 25	Nov. 8
		leaf number (ea/plant)					
Jul. 17	HY2	8.1a <sup>z</sup>	9.0a	8.3a	10.7ab	11.3a	9.4a
	S5	8.0a	9.6a	9.7a	9.9b	10.3a	10.9a
	H5	7.7a	9.5a	10.0a	12.0a	13.1a	11.2a
Aug. 1	HY2	4.0a	6.0a	7.9a	8.6a	9.9a	11.3a
	S5	2.5a	5.6a	7.9a	9.2a	9.8a	10.6a
	H5	3.6a	5.7a	8.3a	8.6a	9.7a	11.7a
Aug. 15	HY2	-	3.5a	6.1a	7.3a	9.5a	9.1a
	S5	-	3.1a	6.5a	7.6a	9.4a	10.4a
	H5	-	3.1a	5.7a	7.4a	9.3a	11.3a
		leaf weight (g/plant)					
Jul. 17	HY2	9.2a	26.5a	29.4b	54.6b	62.1b	66.4b
	S5	8.4a	24.7a	49.8a	72.4a	79.9a	98.0a
	H5	4.8b	19.8a	34.2b	67.9ab	72.4ab	65.2b
Aug. 1	HY2	-	1.5a	13.9a	25.1a	32.9a	78.5a
	S5	-	1.4a	14.4a	33.7a	54.0a	80.1a
	H5	-	1.6a	14.6a	32.7a	45.3a	61.1a
Aug. 15	HY2	-	-	3.6a	11.8a	29.8a	32.2c
	S5	-	-	3.4ab	9.6ab	31.5a	70.4a
	H5	-	-	1.9b	7.6b	29.5a	48.1b

<sup>y</sup>HY2 : Hyangyang Iho.

S5 : Shinhukjun Ohchon.

H5 : Hukjun Ohchon.

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *p*=0.05.

**Table 2.** Effect of the seeding time on the root length of carrot(cm).

Seeding date	Cultivar <sup>y</sup>	Date of investigation						
		Aug. 30	Sep. 13	Sep. 27	Oct. 11	Oct. 25	Nov. 8	Nov. 22
Jul. 17	HY2	10.3a <sup>z</sup>	14.8a	14.1b	15.5b	15.9c	16.5b	16.9a
	S5	7.7ab	15.1a	15.1a	16.7a	18.8a	18.0a	17.9a
	H5	6.2b	15.2a	14.9ab	17.2a	17.3b	16.6b	16.5a
Aug. 1	HY2	11.2a	13.3a	15.3a	16.5a	15.3a	16.4a	15.7b
	S5	9.0b	12.2a	15.4a	16.2a	15.6a	16.2a	16.5ab
	H5	10.2ab	14.9a	15.0a	16.6a	15.9a	17.2a	17.5a
Aug. 15	HY2	-	13.1a	12.5a	15.3a	15.6a	15.3a	15.4b
	S5	-	11.3a	11.5a	14.3ab	15.9a	15.4a	16.0b
	H5	-	8.7b	9.5a	13.5b	15.3a	15.6a	17.4a

<sup>y</sup>Cultivar: See table 1.

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $p=0.05$ .

4.1mm)을 사용하였다. 이동상의 비율은 acetonitrille : tetrahydrofuran : water(v : v : v, 85 : 12.5 : 2.5)로 하였으며 파장은 470nm, 유속은 2ml/min, 온도는 26℃로 하였다.

### 결과 및 고찰

파종기에 따른 당근의 엽수 및 엽중의 변화는 1차파종(7월 17일)과 2차(8월 1일) 파종에서 'HY2'의 엽수가 많았으나 유의성은 없었다(Table 1). 엽중은 1차파종에서는 'S5'(98.0g)가 가장 무거웠고 2차파종기에서는 'S5'(80.1g)가 다소 무거운 편이었다. 3차(8월 15일) 파종기의 엽중은 'S5'(70.4g), 'H5'(48.1g), 'HY2'(32.2g) 순으로 차이를 보였고 1,2,3차 파종기 모두에서 초기에는 'HY2'가 발아율이 좋았고, 그러나 중반기 이후 후기로 갈수록 'S5'와 'H5'가 'HY2'보다 양호한 편이었다. 'HY2'의 지상부 생육이 다른 2품종에 비해 나쁜 것은 'HY2'가 지역 적응성이 떨어지거나 'HY2' 자체의 특성 때문인 것으로 생각되었다.

근장은 모든 파종기에서 생육초기에는 'HY2'가 가장 길었다. 1차 파종기에서는 9월 13일 이후 'S5'와 'H5'의 근장이 길었고, 2차파종기에서도 9월13일 이후 역시 'S5'와 'H5'의 근장이 길었다. 그러나

생육 후기에는 'H5'가 17.5cm, 'S5'는 16.5cm 및 'HY2'의 순이었다. 3차(8월15일)파종에서는 10월11일까지 'HY2'가 가장 길었으나, 생육 후기로 갈수록 'H5', 'S5', 'HY2'의 순이었다(Table 2).

근경은 3파종기 모두 생육초기에는 'HY2'가 2.3cm, 1.2cm 및 0.5cm로 가장 컸다(Table 3). 9월 하순경까지는 모든 품종의 근경이 크게 증가하지 않았으나, 10월 하순경부터는 다소 증가하다가 11월 상순부터 급속도로 증가추세를 나타내었고 후기로 갈수록 나머지 품종과의 격차가 감소하는 경향을 보였다. 기존의 보고를 보면 당근의 생육적온은 18-20℃이고 특히 당근은 관수에 따른 색깔이나 품질의 영향은 없으나 당근의 색깔을 좌우하는 β-carotene은 온도의 차이에 많은 영향을 받는다고 하였는데(Bradley and Rhodes, 1969), 본 시험에서도 8-9월 상순의 고온 경과시 생육은 부진했으나, 늦가을이 되면서 제주도의 온도가 당근 생육에 적합했기 때문이라 생각되었다.

당근 파종기에 따른 근중은 1,2차 파종에서는 'HY2'가 208.1g으로 근중이 무거웠고 3차파종에서는 품종간에 차이가 없었다(Table 4).

20℃ 전후에서 뿌리비대가 최고에 달하고 그보다 높거나 낮은 온도에서는 뿌리비대가 급격히 감소한다는 보고도 있는데(Olymbios,

**Table 3.** Effect of the seeding time on the root diameter of carrot(cm).

Seeding date	Cultivar <sup>y</sup>	Date of investigation					
		Sep. 13	Sep. 27	Oct. 11	Oct. 25	Nov. 8	Nov. 22
Jul. 17	HY2	2.3a <sup>z</sup>	3.2a	4.0a	4.4a	4.9a	5.0a
	S5	1.7b	2.6ab	3.5b	3.9b	4.4b	4.8a
	H5	1.7b	2.5b	3.7ab	4.2ab	4.2c	4.7a
Aug. 1	HY2	1.2a	1.6a	2.7a	3.4a	4.8a	5.2a
	S5	0.8b	1.2a	2.3a	3.0a	4.3b	4.7b
	H5	1.0ab	1.3a	2.3a	3.1a	4.3b	4.7b
Aug. 15	HY2	0.5a	0.6a	1.4a	2.7a	4.0a	4.1b
	S5	0.4ab	0.4a	1.0b	2.0b	3.3b	4.0b
	H5	0.3b	0.3a	1.0b	2.1b	3.4b	4.3a

<sup>y</sup>Cultivar; See table 1.

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $p=0.05$ .

**Table 4.** Effect of the seeding time on the weight of carrot roots(g).

Seeding date	Cultivar <sup>y</sup>	Date of investigation						
		Aug. 30	Sep. 13	Sep. 27	Oct. 11	Oct. 25	Nov. 8	Nov. 22
Jul. 17	HY 2	4.0a <sup>z</sup>	28.3a	57.9a	107.3a	138.2a	192.8a	208.1a
	SHJ 5	1.9b	16.1b	46.3a	83.8a	128.1a	165.5b	186.9ab
	HJ 5	1.2c	18.0b	41.8a	97.0a	134.6a	166.2b	182.4b
Aug. 1	HY 2	-	0.8a	10.8a	41.6a	61.3a	165.4a	218.6a
	SHJ 5	-	0.5a	6.1a	29.7a	53.3a	139.1b	175.9b
	HJ 5	-	0.2a	9.1a	32.4a	58.4a	134.7b	183.8b
Aug. 15	HY 2	-	-	0.9a	8.0a	38.5a	80.0a	110.4a
	SHJ 5	-	-	0.4ab	3.8b	21.0a	60.4b	120.4a
	HJ 5	-	-	0.2b	3.4b	24.3a	87.4a	136.5a

<sup>y</sup>Cultivar; See table 1.

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $p=0.05$

1973), 본 시험에서는 3차파종기에서 10월 하순경부터 평균 기온이 20℃ 전후가 되므로 근중이 증가한 것으로 생각되었다.

당근의 기근 및 열근은 보통 기계적 상해에 의한 root-cracking 과 비대근이라 부르는 branch root로 양분될 수 있다(Fig. 1). 당근 재배에서 기근, 열근의 발생은 품질을 떨어뜨리고 수량도 감소시키는 요인이 된다(NIAB, 1991, Orzolek and Carroll, 1978). 근채류의 기근의 발생원인은 어린 묘에 상처를 입었을 때(Benjamin and Wren, 1978)와 완전히 정지가 되지 않은 포장에 조파했을 때(Orzolek and Carroll, 1978) 많이 발생한다. 근채류에서 기근은 파종기가 늦거나 파종밀도가 높으면 발생율이 감소한다(Dowker and Jackson, 1977).

본 실험의 경우 1차파종인 경우 'HY2'의 열근율은 20%, 'S5'는 15%, 'H5'는 10%를 나타내었다. 그러나 기근의 경우 'HY2'는 0.3%에 불과했다.

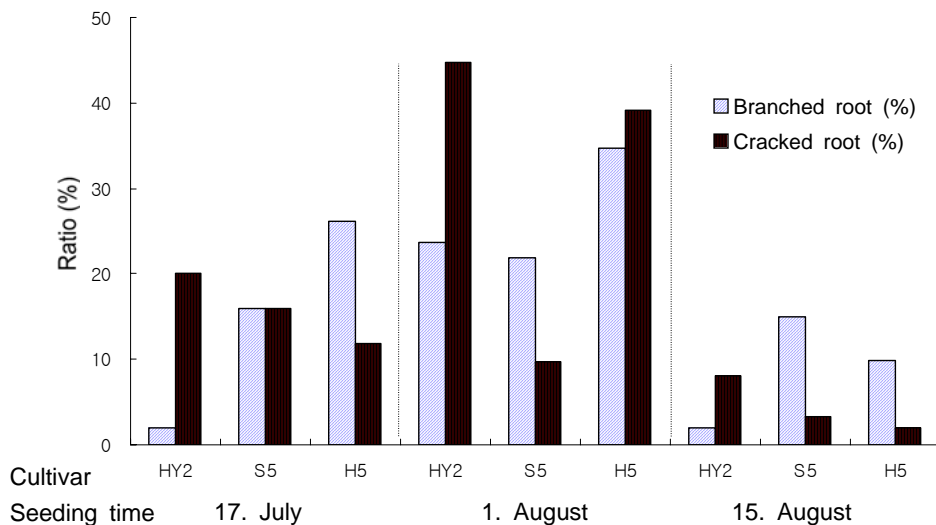
2차파종의 경우 1차, 3차 파종보다 열근율과 기근율이 훨씬 높았는데, 특히 2차파종의 경우 'HY2', 'H5'은 40% 정도 높은 발생율

을 보였다.

그러나 3차파종은 품종간에 큰 차이는 없었으나, 기근율도 1차파종한 것은 'HY2'가 20% 내외, 'S5'가 15% 내외에서는 'H5'가 25% 내외로 차이를 보였으며, 2차파종에서는 특히 기근율은 3품종 모두 21-35%로 높게 나타났으며, 3차파종은 기근율이 18% 정도였으나 나머지 2품종은 매우 낮은 경향을 보였다. 이것은 8월 중하순에 비가 오지 않아 심한 가뭄으로 인한 결과로 생각된다.

기근과 열근의 발생은 주로 원뿌리와 생장점이 장애를 받았을 때 나타난다. 심경을 하고 시비한 직후에 파종을 금지하며 시비의 간격을 적절히 조절하면 이런 해를 방지할 수 있다(Warne, 1951; Dowker and Jackson, 1977).

당근 뿌리가 주로 함유하고 있는 주요 당은 sucrose, glucose 그리고 fructose이다(Goris, 1969a; Alabran과 Mabrouk, 1973). 3품종 모두 2차, 3차에 파종한 것은 파종 후 110여 일경까지는 sucrose, glucose 및 fructose가 증가하다가 파종후 135일을 전후하여 fructose, glucose는 감소하였으나, sucrose는 계속하여 크게



**Fig. 1.** Effect of cultivar and seeding time on the occurrence of branched and cracked root of carrots (Cultivar; see table 1).

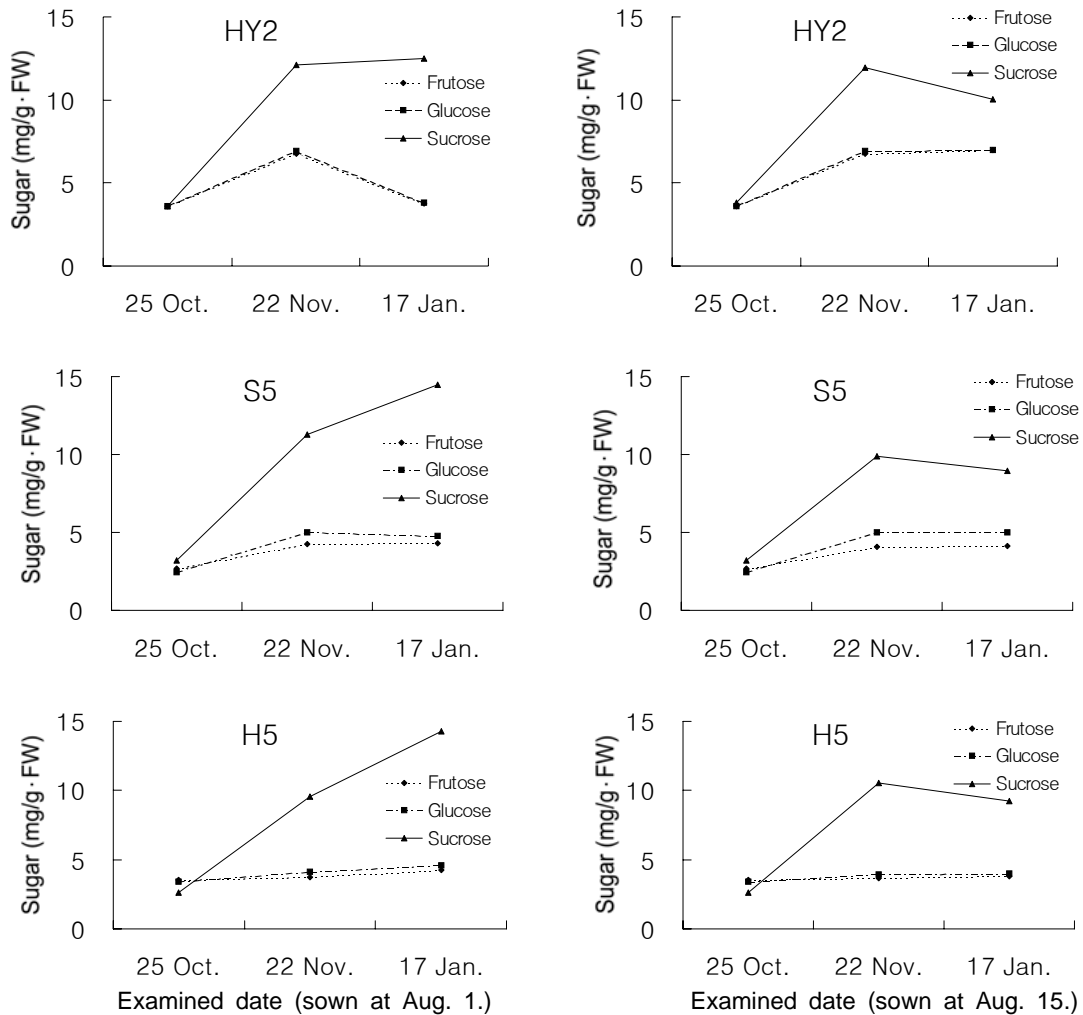


Fig. 2. Effect of seeding time on sugar contents of carrot roots sown at Aug. 1. and Aug. 15 (Cultivar; see table 1).

증가하는 모습을 나타내었다(Fig. 2).

그리고 'S5'인 경우 역시 sucrose는 크게 증가했으나 fructose, glucose는 11월 하순부터 감소하였다. 'H5'인 경우 11월 하순경부터는 sucrose가 감소하였으나 fructose, glucose는 서서히 증가하는 모습을 보였다. 그런데 3차파종에서는 3품종 모두 당함량에 차이는 있었으나, 오히려 sucrose가 감소하고 glucose와 fructose가 증가하였다(Fig. 2). 이것은 시간이 지날수록 저온에 의하여 sucrose가 glucose와 fructose로 분해되었기 때문인 것으로 추정되었다(Nowak 등, 1974). 당근은 뿌리의 착색에 관여하는 여러 가지 carotenoid를 가지고 있는데, 당근의 주요 색소들은  $\alpha$ -carotene과  $\beta$ -carotene이다(Goris, 1969a, Goris, 1969b). 당근 뿌리의  $\beta$ -carotene은 생체중의  $850\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로부터  $8,500\mu\text{g}/100\text{g}$ (Bajaj 등, 1980)의 당을 함유하고 있으며 품종에 따라 다르다. 당근의 carotene 함량은 생장기간이 길어짐에 따라 증가(Evers, 1989)하나, 생육초기의 색소는 뚜렷하지 않고  $\beta$ -carotene 함량도 적은 반면 뿌리가 성숙할수록 carotene 함량이 증가한다고 하였다. 당근 뿌리 중 전체의 carotenoid 함량은 성숙한 orange carrot인 경우  $\beta$ -carotene

이 80%,  $\alpha$ -carotene이 20%(Banga와 De Bruyn, 1964) 정도이다.  $\beta$ -carotene의 함량은 파종 후 110일경에는 1차파종인 경우 'HY2', 'S5', 'H5'순으로 거의 12,000 IU를 초과하였으나, 170일경에는 감소되는 경향을 보였다.

2차파종한 것은 파종 후 110일경이나 170일경에 이르러도 품종간에 큰 차이가 없었고, 3차파종인 경우에는 110일과 170일이 지난 후 'S5'이 다소 증가하는 편이었으나, 파종기가 늦을수록  $\beta$ -carotene 함량이 적어짐을 나타냈다(Fig. 3).

$\beta$ -carotene 함량의 증감은 온도(Banga와 De Bruyn, 1968; Bradley와 Rhodes, 1969)에 많은 영향을 받는다고 하였고, 본 실험에서 파종기가 늦어질수록 낮은 온도의 영향으로  $\beta$ -carotene의 함량이 적어진 것으로 생각되었다.

## 초 록

제주에서 당근의 적정 파종기를 파악하기 위한 실험을 하였다. 엽수는 생육초기에는 '향양 2호(HY2)'가 다소 많았으나 후반기로

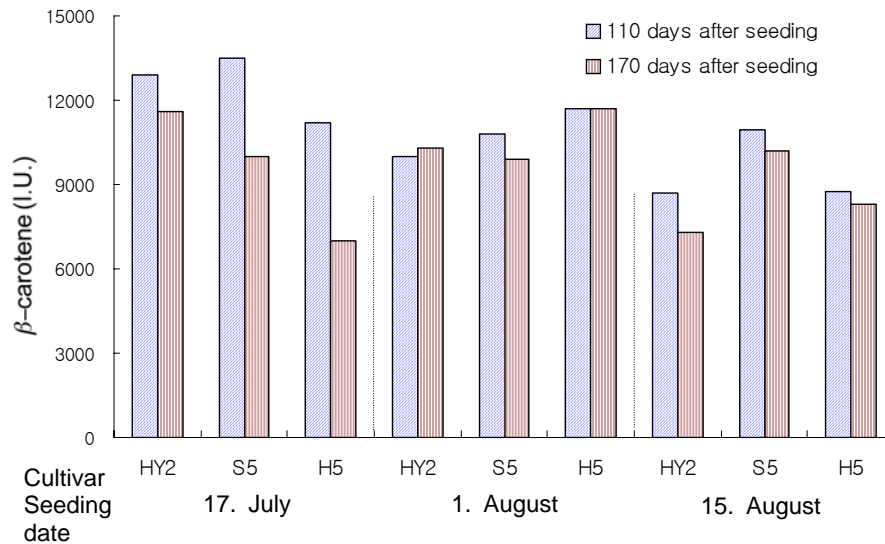


Fig. 3. Effect of seeding time on  $\beta$ -carotene contents of carrot roots (Cultivar; see table 1).

갈수록 오히려 '흑전 5촌(H5)'과 '신흑전5촌(S5)'에서 많아지는 편이었다. 엽중은 파종후 2개월까지는 'HY2'가 무거웠지만 후반기로 갈수록 'S5'의 증가율이 현저히 커서 후기에는 유의차를 보였다. 근장은 1차파종에서는 9월 13일부터 'H5'와 'S5'가 'HY2'에 비하여 길었으며 2,3차 파종기에서는 3품종이 거의 비슷한 경향을 보였다. 근경은 파종기 모두에서 품종간에는 큰 차이가 없었다. 근중도 1차, 2차파종기때는 역시 'HY2'가 무거웠고 3차파종기에서도 11월 이후부터는 'H5'이 더 무거운 편이었다. 1차파종인 경우 'HY2'가 20% 'S5'는 15%, 'H5'는 10%의 열근율을 나타내었으나 기근율은 'HY2'가 0.3%에 불과 하였다. 2차파종인 경우는 1차파종때보다 열근율과 기근율이 훨씬 높았고 특히 3차 파종인 경우는 'HY2', 'S5'는 40%의 높은 발생율을 보였다. 당함량은 3품종 모두 파종후 110여일경까지는 sucrose, glucose 및 fructose가 증가하다가 135일을 전후하여 fructose, glucose는 감소하였으나 sucrose는 계속 증가하는 경향을 보였다. 품종별로 보면 'S5'인 경우 sucrose가 크게 증가하고 fructose, glucose는 감소하였으나 하순부터는 sucrose가 감소하고 fructose, glucose는 서서히 증가하였다. 그러나 3차파종기부터는 3품종 모두에서 당함량에는 차이는 있었으나 오히려 sucrose가 감소하고 glucose와 fructose가 증가함을 보였다.  $\beta$ -carotene 함량은 파종후 110일경에는 1차파종인 경우 'HY2', 'S5', 'H5', 순으로 거의 12,000IU를 웃돌았고 170일경에는 감소되는 경향을 보였다. 2차파종은 170일경에는 품종간에 큰 차이가 없었고 3차 파종기에서도 170일이 지난 후 'S5'는 다소 증가하는 편이었지만 파종기가 늦을수록  $\beta$ -carotene 함량이 적어지는 경향을 보였다.

추가 주요어 : 흑전5촌, 향양2호, 신흑전5촌

## 인용문헌

- Alabran, D. and A. Mabrouk. 1973. Carrot flavour sugars and free nitrogenous compounds in fresh carrot. *J. Agri. Food Chem.* 21:205-208.
- Bajaj, K.L., G. Kaur., B.S. Sukhija. 1980. Chemical composition and some plant characteristics in relation to Quantity of some promising cultivars of carrot (*Daucus carota* L.). *Qual. plant. Foods. Hum. Nutr.* 30:97-107.
- Bang, O. and J.W. De Bruyn. 1964. Carotenogenesis in carrot. *Neth. J. Agric. Sci.* 12:204-220.
- Banga, O. and J.W. De Bruyn. 1968. Effect of temperature on the balance between protein synthesis and carotenogenesis in the root of Carrot. *Enphytica.* 17:168-172.
- Benjamin, L.R. and R.A. Sutherland. 1989. Storage-root weight, diameter and length relationship in carrot (*Daucus carota* L.) and red beet (*Beta Vulgaris* L.). *J. Agri. Sci. Camb.* 113:73-80.
- Bradley, G.A. and B.B. Rhodes. 1969. Carotenes, Xanthophyll, and color in carrot varieties and lines as affected by growing temperature. *J. Amer. Soci. Hort. Sci.* 94:63-65.
- Choi, J.H., J.G. Jang, K.D. Park, M.H. Park and S.K. Oh. 1981. High Performance Liquid Chromatographic Determination of Free Sugars in Ginseng and Its Product. *Korean J. Food Sci. Technol.* 13(2):107-113.
- Dowker, B.D. and J.C. Jackson. 1977. Variation studies in carrots as an aid to breeding. V. The effects of environments with a site on the performance of carrot cultivars. *J. Hort. Sci.* 52: 299-307.
- Evers, A.M. 1989. Effect of different fertilization practices on the glucose, fructose, sucrose, taste and texture of Carrot. *J. Agri.*

- Sci in Finland. 2:113-122.
- Goris, A. 1969a. The sugars in cultivated carrot roots. *Qualitas Plantarum et materiae vegetales* 18:283-306.
- Goris, A. 1969b. Sugar metabolism in carrot roots. *Qualitas Plantarum et materiae Vegetales*. 18:307-330.
- Janice, L.B. and J.B. Rodney. 1986. HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the united states. *J. Food. Sci.* 51(1):128-130.
- NIAB. 1991. Maincrops Carrots: Summary of trial Result, 1989. Issue 90. National Institute Agri. Bot. Camb. 18.
- Nowak, J., M. Saniewski, and R.M. Rudnicki. 1974. Studies on the physiology of hyacinth bulbs (*Hyacinthus orientalis* L.) I. Sugar content and metabolic activities in bulbes exposed to low temperature. *J. Hort. Sci.* 49:383-390.
- Olymbios, C. 1973. Physiological studies on the growth and development of the carrot (*Daucus carota* L.). PH D thesis, University of London.
- Orzolek, M.D. and R.B. Carroll. 1978. Yield and secondary root growth of carrots as influence by tillage system, cultivation and irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:236-239.
- Soteros, J.J. 1983. Carrots : forking, New Zealand commerical Grower. 38:10-24.
- Warne, L.G.G. 1951. Spacing experiments on vegetables. I. The effects of thinning distance on earliest in globe beet and carrot in Cheshire, 1948. *J. Horti. Sci.* 26:79-83.