

완전제어형 식물공장내 수경재배용 콜라비 품종 선발

윤찬일¹ · 차미경¹ · 전윤아¹ · 조영열^{1,2*}

¹제주대학교 원예환경전공, ²제주대학교 아열대농업 생명과학연구소

Optimal Cultivar Selection of Kohlrabi for Hydroponics Culture in a Closed-type Plant Factory System

Chan-Il Uoon¹, Mi-Kyung Cha¹, Yoon-A Jeon¹, and Young-Yeol Cho^{1,2*}

¹Major of Horticultural Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²Research Institute for Subtropical Agriculture and Animal Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Abstract. Plant factory can control artificially the environments for crop cultivation, so they can produce high quality agricultural products all year round. This study was carried to select suitable kohlrabi cultivar for hydroponics in a closed-type plant factory system. We used three cultivars of red kohlrabi, 'Asac kohl', 'Kolibri', and 'Purple king' as plant materials. The artificial light source was LED light, light intensity and photoperiod were 249 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and 12/12 hours (day/night period), respectively. Hydroponic cultivation type was used circulating deep flow technique. At 43 days after transplanting, fresh weight of whole plant and tuber and leaf area were not significantly different among cultivars. Shoot dry weight and tuber dry weight were highest in 'Asac kohl' cultivar, and number of leaves was highest in 'Purple king' cultivar. Sugar content and yield were highest in 'Asac kohl' cultivar. Considering the growth and marketable yields, 'Asac kohl' was the optimal kohlrabi cultivar for hydroponic cultivation in a closed-type plant factory system.

Additional key words : *Brassica oleracea* var. *gongylodes*, tuber diameter, tuber fresh weight

서 론

콜라비(*Brassica oleracea* var. *gongylodes*, Kohlrabi)는 배추과에 속하는 작물로 가을에 심어 이듬해에 수확하는 2년생 월동 작물이다(Lee 등, 2010; Kim 등, 2014). 콜라비에는 antocyanin, carotenoid, glucosinolate 등이 다량으로 함유되어 있고(Cha 등, 2013; Kim 등, 2014; Park 등, 2012), 총 페놀 함량이 높아 강력한 항산화 기능이 있다고 알려져 있다 (Kim 등, 2014; Lee 등, 2010). 또한 비타민 C와 섬유소가 많아 건강과 다이어트에 좋은 채소로 인식되어 콜라비에 대한 수요가 증가하고 있는 추세이다(Cha 등, 2013; Choi 등, 2010). 뿐만 아니라 항암물질로 알려져 있는 glucoraphanin이 무보다 많이 함유되어 있어(Choi 등, 2010), 무의 대체 작물로서 재배 농가가 증가하고 있다(Park 등, 2012; Park 등, 2014). 현재 전국적으로 많이 재배하고 있으며, 특히 겨울철 날씨가 온화한 제주도에서는 월동이 가능하여 콜라비 재배농가가 증가하고 있는 추세이다(Choi 등, 2010;

Park 등, 2014). 재배형태는 대부분 노지에서 재배되기 때문에 농약살포가 불가피한 실정이다. 또한 수확시기가 1월과 2월에 한정되어 있어 연중생산이 어려운 작물이다(Park 등, 2014). 따라서 콜라비 연중 생산과 고품질화할 수 있는 재배기술이 도입되면 좋는데, 이러한 기술을 성취할 수 있는 재배시스템이 식물공장에서 수경재배하는 것이라 생각한다.

식물공장(Plant Factory)이란 온도, 습도, 광, 이산화탄소 등 작물의 생육에 적합한 환경조건을 인위적으로 조절하여 부가가치가 높은 작물을 연중 계획 생산할 수 있는 시스템을 말한다(Cha 등, 2013; Tajatsuji, 2008). 최근 과도한 농약 사용에 의한 식품안전과 관련하여 안전한 농산물에 대한 인식이 확산되고 있는 추세이며, 이 상기온으로 인한 작물피해가 빈번하게 발생하여 곡물가격 폭등 등이 발생하고 있어, 식량안보 차원에서의 식물공장에 대한 중요성이 부각되고 있다(Um 등, 2010). 그러나 이처럼 많은 장점에도 불구하고 식물공장은 초기 시설비용이 높고 유지 관리에 소요되는 비용도 높아 경제성이 낮은 한계를 가지고 있다(Kim, 2010). 또한 식물공장에 적용할 수 있는 작물의 종류가 다양하지 않고 일부 엽채류의 생육, 수량 및 품질 향상과 관련한 연구

*Corresponding author: yycho@jejunu.ac.kr

Received January 31, 2017; Revised August 25, 2017;

Accepted September 05, 2017

등이 보고된 바 있다(Cha 등, 2013; Um 등, 2010). 따라서 식물공장에 적합한 다양한 작물과 품종 선별에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 새로운 작물에 대해 새롭게 부각시키고자 콜라비를 선정한 후, 완전제어형 식물공장에서 수경재배할 때, 콜라비의 생육과 품질이 좋은 품종을 선별하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험은 제주대학교에 설치된 완전제어형 식물공장 (500×700×300cm)에서 실시하였다. 6월 9일에 우레탄 스펀지(2.5×2.5×2.5cm)를 이용하여 육묘한 모종을 2016년 7월 5일(파종 후 26일)에 식물공장 내 재배베드에 정식하였다. 실험은 2016년 8월 30일 까지 57일동안 실시하였다. 식물재료는 국산 품종 ‘아삭콜’, ‘퍼플킹’(Asak kohl & Purple king, Joeun Co., Ltd, Korea)과 수입 품종인 ‘콜리브리’ (Kolibri, Bejo Zaden Co., Ltd., Netherlands)를 사용하였으며 세 품종 모두 F1품종이다.

재배환경은 고휘도 LED를 인공광원으로 사용하는 3단 재배 베드(1210×610×2860cm)에서 실시하였으며, 재식거리는 열간 거리를 20cm로 하고 열내 거리를 1 cm으로 하였다. 광도는 60cm 높이에서 평균 249 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 일장은 타이머를 이용하여 12/12h(낮/밤)으로 조절하였다. 실험에 사용된 배양액은 개발된 콜라비전용 배양액 (NO₃-N:16.0, NH₄-N:1.0, P:1.0, K:10.0, Ca:3.0, Mg:1.0, SO₄-S:1.0 mM·L⁻¹)으로, 배양액농도(EC) 2.0dS·m⁻¹로 하여 공급하였다. 수경재배 방식은 담액수경 방법을 이용하였고, 급액은 90l 용량의 탱크를 이용하여 60분 간격으로 매회 10분간 공급하였다.

생육량 검정을 위하여 정식 후 43일째 생체중과 건물중, 엽수, 엽면적, 초장, 경경, 괴경의 생체중과 건물중, 엽록소 함량(SPAD 수치), 당도 및 경도를 조사하였다. 건물중은 건조기(VS-1202D2, Vision Scientific, Korea)에서 70°C로 72시간 건조한 후 측정하였다. 엽록소 함량은 엽록소측정기(SPAD 502, Minolta Co., Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였고, 당도는 휴대용 당도측정계(PAL-3, ATAGO, Japan)를 이용하였으며, 경도는 휴대

용 경도측정계 5mmØ plunger (FHM-5, Takemura Co., Japan)를 이용하여 측정하였다.

상품률을 알아보기 위하여 실험 종료 후(정식 후 57일째) 전수 조사하여 상품과와 비상품과로 구분하였다. 상품과는 관능 검사를 통해 모양이 건전한 것과 중량이 200g 이상인 개체를 선발 하였다. 관능검사에서 횡경에 비해서 종경이 크거나 이상형태로 발달된 과실은 기형과로, 200g 미만의 과실은 소형과로 분류 하였으며, 포피가 갈라진 것을 열과로 분류하였다.

실험구는 완전임의배치하였고, 통계분석을 위하여 SAS(Statistical Analysis System, ver9.4, Cary, NC, USA)프로그램을 이용하였으며, 처리간 유의성 검정을 위하여 DMRT(Duncan’s multiple range test) 검정하였다. 그래프는 SigmaPlot (Ver. 10.0, Systat Software Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 작성하였다.

결과 및 고찰

전체 지상부 생체중은 품종간에 유의성이 나타나지 않았지만, 전체 지상부 건물중은 품종간에 통계적인 유의성을 나타냈다(Table 1). ‘아삭콜’ 품종이 평균 42.4g으로 가장 높았고, ‘콜리브리’ 품종이 25.7g로 가장 낮게 나타났다. 비대줄기의 생체중은 ‘아삭콜’이 587.5g이었고, ‘퍼플킹’과 ‘콜리브리’ 품종은 각각 483.8g과 405.7g였으나, 세 품종 모두 통계적으로 유의하지 않았다. 비대줄기의 건물중은 ‘아삭콜’ 품종이 23.4g으로 높았고, ‘콜리브리’ 품종이 13.0g으로 유의하게 낮았다. 전체 지상부 생체중에서 비대줄기를 제외한 지상부 생체중, 즉 잎 무게는 ‘아삭콜’ 품종이 193.1g으로 높았고, ‘콜리브리’ 품종이 124.3g으로, 그리고 ‘퍼플킹’ 품종은 161.3g이었다. 비대줄기의 지름과 길이는 각각 100.4-113.1mm와 77.8-91.3mm였다. 비대줄기의 지름과 길이는 품종간 차이는 없었다. Lee 등(2010)은 수확할 수 있는 비대한 줄기의 지름은 8-10cm 정도라 하였으며, Cha 등(2013)도 줄기 부분의 직경이 8cm가 되면 수확한다고 하였다. 비대줄기 형태지수를 보면, ‘아삭콜’ 품종이 다른 품종에 비해 옆으로 비대한 경향이 컸다.

Table 1. Growth characteristics of kohlrabi cultivars grown into a closed-type plant factory system.

Cultivar	Total shoot weight (g)		Tuber weight(g)		Tuber (mm)		Tuber index (A/B)
	Fresh	Dry	Fresh	Dry	Diameter (A)	Length (B)	
Asac kohl	780.6	42.4 a ²	587.5	23.4 a	113.1	84.6	1.34
Kolibri	530.0	25.7 b	405.7	13.0 b	100.4	77.8	1.29
Purple king	645.1	32.2 ab	483.8	16.3 ab	104.2	91.3	1.14

²Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $p < 0.05$.

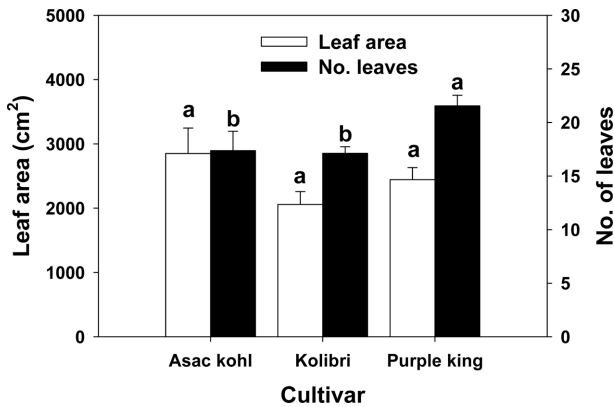


Fig. 1. Leaf area and number of leaves of different cultivars grown into a closed-type plant factory system. Vertical bars represent the standard error of the mean (n=8).

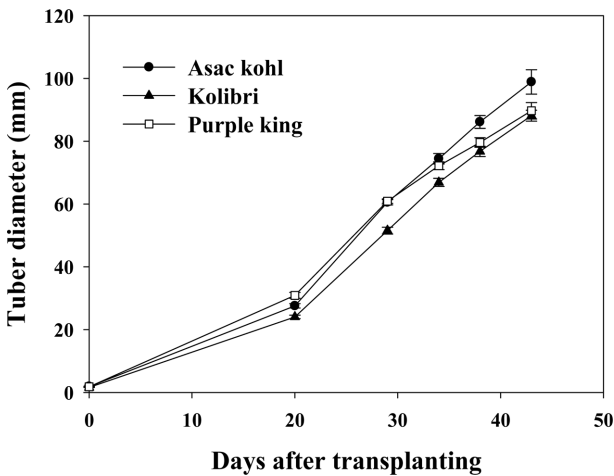


Fig. 2. Changes of tuber diameter of three kohlrabi cultivars. Vertical bars represent the standard error of the mean (n=6).

엽면적은 품종간 유의적인 차이가 없었다(Fig. 1). 엽수는 ‘퍼플킹’ 품종이 21.5매로 가장 많았다(Fig. 1). ‘퍼플킹’ 품종이 잎 무게가 가볍고 많은 엽수를 가진 품종인 것을 알 수 있었다. Özbakir와 Balkaya (2009)도 콜라비의 엽수는 품종에 의해 영향을 받는다고 보고하고 있다.

정식 후 20일까지 생육은 ‘퍼플킹’ 품종이 가장 좋았고 다음으로 ‘아삭콜’, ‘콜리브리’ 순이었지만, 43일에는 ‘아삭콜’, ‘퍼플킹’과 ‘콜리브리’ 순이었다(Fig. 2). 정식 후 43일 까지 품종의 변화 곡선은 같은 양상을 보였으며, 품종간 비대줄기간의 차이는 없었다. 콜라비는 최상으로 성숙하기 위해서는 50-65일 정도가 요구된다고 한다 (Cha 등, 2013; Park 등, 2014). 그리고 줄기 부분의 직경이 8cm가 되면 수확하는데, 늦게 수확하면 콜라비의 모양이 기형으로 되고, 쓴맛이 난다고 한다 (Cha 등,

Table 2. Quality characteristics of three kohlrabi cultivars grown into a closed-type plant factory system

Cultivar	Hardness (kg/5mmØ)	Soluble solids (°Brix)
Asac kohl	4.1	5.7 a ^z
Kolibri	4.0	5.3 b
Purple king	4.0	5.5 ab

^zMean separation within column by Duncan’s multiple range test at p<0.05.

Table 3. Non-marketable and marketable rates of three kohlrabi cultivars grown into a closed-type plant factory system.

Cultivar	Non-marketable rate (%)			Marketable rate (%)
	Small ^z	deformation	Fruit cracking	
Asac kohl	50	6	0	44
Kolibri	12	22	22	44
Purple king	22	28	0	50

^zSmall: < 200g of tuber weight

2013). 본 연구에서는 줄기 직경이 8cm이 되는 시점은 대략 36-40일 정도였다. 그 이유는 식물공장에서 환경조건을 조절하였기 때문에 수확일수가 단축되었기 때문이다. 줄기 직경(지름 8cm 이상)을 중심으로 수확시기를 결정한다면, 식물공장에서 콜라비의 수확시기는 대략 정식 후 40일 정도가 될 것이다.

경도는 품종간에 유의성을 나타내지 않았으며 당도는 ‘아삭콜’이 5.7°Brix로 높았고 ‘퍼플킹’과 ‘콜리브리’ 품종은 각각 5.5와 5.3°Brix였다(Table 2). 당도의 경우 ‘아삭콜’과 ‘콜리브리’ 품종에서 유의적인 차이를 나타냈다. 수확물의 품질적 측면에서 수분 스트레스(Shinohara 등, 1995)나 고농도의 양액 농도는 과실의 당도 향상과 관련 있다고 하였다(Wu 등, 2004). Cha 등(2013)는 보통 콜라비의 당도는 12°Brix 이상으로 높은 편이라 하였으나, 본 실험에서는 세 품종의 평균당도가 5.5°Brix로 토양 재배에서 보다 낮은 수준이었는데, 이는 수경재배방법에 기인한 결과로 생각된다. 따라서 콜라비 수경재배에서 당도를 올릴 수 있는 방법에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

정식 후 57일 동안 재배한 콜라비를 수량 및 비상품율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 비상품으로 분류된 개체 중에서 소형과는 ‘아삭콜’ 품종이 50%, ‘콜리브리’와 ‘퍼플킹’ 품종은 각각 12, 22%로 나타났으며, 기형과로 분류된 개체는 ‘아삭콜’ 품종이 6%, ‘콜리브리’ 품종이 22%, ‘퍼플킹’ 품종이 28%로 가장 많은 기형과가 발생하였다. 또한 열과로 인한 비상품은 ‘콜리브리’ 품종 22% 발생하였지만, 다른 품종은 발생하지 않았다. 상품

과율은 세 품종 모두 50% 이하로 낮아, 상품과율을 높게 하기 위한 연구도 필요하였다. 비대출기의 기형 결정 요인은 중경/횡경의 비율인데, ‘퍼플킹’ 품종이 중경/횡경 비율이 낮았다 (Table 1). 이러한 비율은 콜라비의 최종 상품율에 영향을 주는 중요한 인자로 작용할 수 있다. Özbakir와 Balkaya (2009)는 터키 Samsun 지방에서 가을 재배에 적합한 콜라비 품종은 ‘코리스트’와 ‘콜리브리’라 하였으나, 본 연구에서는 ‘아삭콜’ 품종이 적합하였다. 그리고, ‘퍼플킹’ 품종은 기형과의 발생이 많았기 때문에 기형보다는 소과 비율이 높았던 ‘아삭콜’ 품종이 식물공장에 적합할 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 생육, 수량 및 상품성 면에서 완전제어형 식물공장에 적합한 콜라비 품종은 ‘아삭콜’인 것으로 확인되었다.

초 록

식물공장에서는 작물에 필요한 재배환경을 인위적으로 조절하여 고품질 농산물에 대한 연중 계획생산이 가능하다. 본 연구는 완전제어형 식물공장 재배에 적합한 콜라비 품종을 선발하고자 실시하였다. 실험은 완전제어형 식물공장에서 수행하였고, 식물재료는 적색의 콜라비 품종인 ‘아삭콜’, ‘콜리브리’와 ‘퍼플킹’ 품종을 사용하였다. 인공광원은 LED광이었으며, 광도와 일장은 각각 $249\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 12/12시간(밤/낮)이었다. 순환식 담액수 경방식으로, 정식 후 57일까지 재배하였다. 정식 후 43 일째에 전체 생체중과 괴경의 생체중 및 엽면적은 품종간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 건물중과 괴경은 ‘아삭콜’ 품종이 가장 높게 나타났으며, 엽수는 ‘퍼플킹’ 품종이 가장 많았다. 당도와 수량은 ‘아삭콜’ 품종이 가장 높았다. 생육과 상품수량을 고려해 볼때, 완전제어형 식물공장에 적합한 콜라비 품종은 ‘아삭콜’ 이었다.

추가 주제어 : 괴경 생체중, 괴경 지름, *Brassica oleracea* var. *gongylodes*

사 사

이 논문은 2017년도 제주대학교 연구교수 기간에 연구되었음

Literature Cited

- Cha, M.K., J.H. Cho, and Y.Y. CHO. 2013. Growth of leaf lettuce as affected by light quality of LED in closed-type plant factory system. *Protected Hortic. Plant Fac.* 22:291-297 (in Korean).
- Cha, S.S., M.Y. Lee, and J.J. Lee. 2013. Comparison of physicochemical composition of *kohlrabi* flesh and peel. *Korean J. Food Preserv.* 20:88-96 (in Korean).
- Choi, S.H., D.K. Ryu, S.Y. Park, K.G. Ahn, Y.P. Lim, and G.H. An. 2010. Composition analysis between kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*) and radish (*Raphanus sativus*). *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 28:469-475.
- Kim, D.B., J.W. Oh, J.S. Lee, I.J. Park, J.H. Cho, and O.H. Lee. 2014. Antioxidant activities of green and purple kohlrabi juices. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46:601-608 (in Korean).
- Kim, J.W. 2010. Tread and direction for plant factory system. *J. Plant Biotechnol.* 37:442-455.
- Lee, J.W., D.Y. Lee, J.G. Cho, N.I. Baek, and Y.H. Lee. 2010. Isolation and identification of sterol compounds from the red kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*) sprouts. *J. Appl. Biol. Chem.* 53(4):207-211.
- Özbakir, M. and A. Balkaya. 2009. Determining suitable sowing times and cultivars for kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.) grown during autumn periods in Samsun, Turkey. *Acta Hortic.* 830:461-468.
- Park, M.H., J.W. Choi, Y.B. Kim, M.H. Kim, H.Y. Won, S.Y. Sin, and J.G. Kim. 2014. Effect of modified atmosphere packaging on postharvest quality of kohlrabi. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 32:655-665 (in Korean).
- Park, W.T., J.K. Kim, S.Y. Park, S.W. Lee, X.O. Li, Y.B. Kim, Md. R. Uddin, N.I. Park, S.J. Kim, and S.U. Park. 2012. Metabolic profiling of glucosinolates, anthocyanins, carotenoids, and other secondary metabolites in kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*). *J. Agric. Food Chem.* 60(33):8111-8116.
- Sinohara, Y., K. Akiba, T. Maruo, and T. Ito. 1995. Effect of water stress on the fruit yield, quality and physiological condition of tomato plants using gravel culture. *Acta Hortic.* 396:211-218.
- Takatsuji, M. 2008. Definition and meaning of the plant factory. p. 8-13. In: Takatsuji, M. (ed.). *Plant factory*. World Science Publishment, Seoul, Korea.
- Um, Y.C., S.S. Oh, J.G. Lee, S.Y. Kim, and Y.A. Jang. 2010. The development of container-type plant factory and growth of leafy vegetables as affected by different light sources. *J. Bio-Env. Con.* 19:333-342 (in Korean).
- Wu, M., J.S. Buck, and C. Kubota. 2004. Effects of nutrient solution EC, plant microclimate and cultivars on fruit quality and yield of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Acta Hortic.* 659:541-547.