

## 고랭지 당근재배지의 토양검정에 의한 NPK 시비기준량

이계준\* · 이정태 · 장용선<sup>1</sup> · 황선웅<sup>2</sup> · 박철수<sup>3</sup> · 주진호<sup>4</sup>

농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구센터, <sup>1</sup>농업과학기술원,  
<sup>2</sup>국립식량과학원 벼맥류부, <sup>3</sup>KT&G 중앙연구원, <sup>4</sup>강원대학교

### Recommendations of NPK Fertilizers based on Soil Testing and Yield Response for Carrot in Highland

Gye-Jun Lee,\* Jeong-Tae Lee, Yong-Seon Zhang<sup>1</sup>, Seon-Woong Hwang<sup>2</sup>, Chol-Soo Park<sup>3</sup>, and Jin-Ho Joo<sup>4</sup>

Highland Agriculture Research Center, National Institute of Crop Science, RDA, Pyeongchang 232-955, Korea

<sup>1</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

<sup>2</sup>Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Iksan, 570-080, Korea

<sup>3</sup>KT&G Central Research Institute, Daejeon, 305-805, Korea

<sup>4</sup>Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

An attempt was made to provide the most reasonable fertilizer recommendation for carrot crop based on soil analytical data and yield response to the NPK fertilizers, which was obtained from field experiments on 2003 in highland, 850 meters above the sea level. Optimum times of N, P, K application to current application methods based on soil test were 0.75-0.50-0.50 for carrot. The adjusted N, P, K recommendation models of highland soil were made by adding the application times to past application methods which were based on chemical properties of soil. The revised models for fertilizer application were recommended to decrease the amount of N-P-K by 25-50-50% for carrot in highland. In application to total cultivation area, 135ha for carrot, saving amounts of NPK fertilizers with these adjusted recommendation in comparison with past application levels will be 23.0 tons for carrot. Using the optimal application amounts for carrot, we will can reduce agricultural pollution without affecting crop yields.

**Key words:** NPK Application, Recommendation, Soil testing, Yield response, Carrot, Highland

## 서 언

당근은 고랭지에서 5대 작물중 하나이며 100g 당 카로틴 함유량이 7,000mg 이상이다. 인체 내에서 비타민 A로 변화하는 카로틴은 인체 내에서 생성되지 않으므로 당근은 비타민 A의 중요한 보급원인 녹황색 채소이다. 이러한 당근의 재배면적은 1970년 522 ha, 1980년대 이후부터 재배면적이 증가하여 약 4,500 ha, 1990년대 약 5,500 ha까지 증가하였다가 농산물시장 개방으로 인하여 2000년대 후반 약 2,500 ha로 감소하고 있으며(MIFAFF, 2009) 주산지는 전국적으로 산재되어 있다. 지역별 재배면적은 제주도가 전체 재배면적의 50%를 점유하고 있으며 경남이 15%, 강원도 고랭지가 10%를 재배하고 있으며, 그 외 지역에서는 전체 재배면적의 25% 정도를 차지하고 있다(농촌진흥청, 2006).

고랭지에서 당근은 서리가 끝날 무렵인 5월에 파종하여 8월~9월에 수확하는 작형으로 이 시기에 평년 지는 고온으로 재배가 불가능하므로 해발 600m 이상의 고랭지에서만이 재배가 가능하다(농촌진흥청, 2006). 당근재배에 적합한 토양은 비옥한 사질양토로서 유기질이 많고 산소공급이 좋은 토양에서 착색이 우수하다. 당근의 시기별 양분흡수양상을 보면 파종 후 70일 생육초기에는 전체 생육기간동안 흡수하는 양분의 겨우 4% 정도밖에 흡수하지 않으며 다음의 30일 사이에 27%, 그리고 나머지 69%는 그 후의 30일 사이에 모두 흡수하는 것으로 알려져 있다(Hwang et al., 1997). 따라서 당근재배에서 효과적인 시비방법은 생육후기까지 비효가 계속 유지되게 해주는 것이다. 이에 따라 당근재배지는 과량 시용된 화학비료 및 가축분퇴비로 인하여 연작장해가 다발하고 있으며 주변 농업환경의 오염은 물론 안전농산물 생산조차 위협을 받고 있는 실정이다. 여기에 당근의 잔뿌리 발생을 막아 상품성 있는 당근을 생산하기 위해 석비레를 과다개토하고 있다. 화강암 모래의 풍화토인 석비레에

접수 : 2008. 12. 5 수리 : 2009. 11. 3

\*연락처 : Phone: +82333301900,

E-mail: gyejun@rda.go.kr

는 식물이 필요로 하는 양분이 거의 없어 농업인들은 더 많은 양의 화학비료와 퇴비를 사용하고 있는 실정이다(Park et al., 2005).

지금까지 채소류에 대한 토양 중 적정 양분함량 설정에 관한 연구는 배추 등 몇몇 작물에 국한되어 있고, 기존의 채소류의 시비기준은 평단지 토양만을 대상으로 설정된 것으로 고랭지권의 농업 환경보전 및 토양의 특성을 고려한 시비기준을 설정하는 것이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 고랭지권에서 단경기 주요작물인 당근에 대한 시비량 시험을 통하여 토양검정에 의한 시비추천 기준을 설정하고자 포장시험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

시험포장은 표고 850m인 강원도 평창군 대관령면 황계리에 위치하고 있다. 2003년에 오촌당근을 재배하였으며, 시험 전 토양은 Table 1과 같이 유효인산과 치환성 칼륨함량이 낮은 사양토이었다.

처리는 N, P 및 K시비량으로서 토양검정 시비량을 기준하여 질소는 무질소 0.5배, 0.75배, 1.0배인 4수준, 인산과 칼리는 각각 무인산·무칼리, 토양검정 시비량의 0.5배, 1.0배인 3수준으로 하여 난괴법 3반복으로 수행하였다. 질소-인산-칼리의 토양검정 시비량은 당근 200-190-220 kg ha<sup>-1</sup>이었다. 사용한 비종은 질소는 요소, 인산은 용과린, 칼리는 염화加里 이었고, 기비 및 추비는 시험 수행 당시의 표준분시법(NIAST, 1999)에 의하여 시용하였다.

퇴비는 토양유기물 검정치를 기준하여 돈분퇴비를 3,400 kg ha<sup>-1</sup> 시용하였다. 석회질 비료는 파종 15일전에 석회소요량을 검정하여 420 kg ha<sup>-1</sup>를 소석회로서 시용하였다.

당근의 재식거리는 90cm×40cm로 하였고 5월 20일 파종하여 9월 22일에 수확하였다. 당근 생육 및 수량 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 의하여 실시하였고(RDA, 1998), 토양 및 식물체 분석은 표준 분석법(NIAST, 2000)에 준하였다.

## 결과 및 고찰

**NPK 시비수준별 수량 및 적정시비량** 토양검정결과에 따라 산정한 질소비료의 적정 시비배율에 따른 수량과 적정시비량을 보면 Table 2와 같다. 먼저 당근 수량은 질소시비배율이 높아질수록 증가하였으며 시비배율 0.75배에서 최고수량을 보였으며, 시비배율 1.0배에서는 오히려 수량이 감소하였다. 시비배율 0.5배에 비하여 최고수량을 낸 시비배율인 0.75배에서는 LSD 5%값을 적용할 때 유의한 수량차이가 있었다. 토양검정에 의한 질소시비량의 0.75배는 재현성이 높은 안전한 수량을 생산할 수 있는 시비수준으로 볼 수 있으며, 실제 시비량은 150 kg ha<sup>-1</sup>이었다.

안전생산이 가능하면서 지속적 생산이 가능하도록 최고수량보다 낮은 98% 수준의 시비수준을 정하였다. 우리나라 또는 농가입장에서는 최고수량을 목표로 한다는 점과 Cate & Nelson(1965)과 Reagan(1994)이 제안한 최고수량의 95% 수준을 목표로 하는 점을 부분적으로 만족할 수 있도록 중간수량 수준을 생산할 수 있는 시비배율을 적용하여 질소시비량을 산출하였다.

시비수준별 수량반응에 의해 산출한 질소시비량을 요약해 보면, 고랭지당근의 적정 시비배율은 현행 토양검정시비량의 0.75배이며, 이러한 시비배율에 상당하는 질소시비량은 150 kg ha<sup>-1</sup>이었다. 또한 작물별로 설정되어 있는 현행 평단지 조건의 시비추천식에 시험 전 토양의 검정치를 대입하여 나온 질소시비량에

**Table 1. Chemical properties of study site.**

Soil texture	pH	NO <sub>3</sub> -N	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exchangeable cations		
					K	Ca	Mg
	1:5	mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	----- cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> -----		
SL	6.3	12.8	25.0	130	0.05	5.6	1.5

**Table 2. Carrot Yield and optimal application rates of N Fertilizer.**

Carrot yield with N application times				LSD	Optimum N <sup>†</sup>	
0	0.50	0.75	1.0		Appl. times	Appl. amount
----- kg ha <sup>-1</sup> -----				5%		kg ha <sup>-1</sup>
27,150 <sup>†</sup> (72)	33,510 (88)	39,620 (104)	37,930 (100)	5,457	0.75	150

<sup>†</sup> Application ratio and rate of N determined at significant yield level

<sup>†</sup> ( ): Yield index

비하여 절감량은 25%나 되었다.

Table 3은 인산과 칼리 시비배율에 따른 당근 수량과 적정 시비수준을 검토한 성적이다. 인산은 시비배율 간에 유의성은 없지만 작물의 초기 생육촉진 및 토양으로부터의 인산흡수량 등을 감안하여 적정 시비수준은 0.5배, 칼리는 시비수준간의 수량차이는 매우 적었지만 칼리 무비구의 수량에 비하여 시비배율 0.5배구의 수량은 유의성 있는 수량증가를 보여 적정 시비수준을 0.5배로 결정하였다.

본 시험결과에서 당근의 적정 시비배율에 해당하는 인산과 칼리의 시비량은 각각 95 kg ha<sup>-1</sup>, 110 kg ha<sup>-1</sup>이었으며, 적정 시비배율 측면에서 비료의 절감량은 인산 50%, 칼리 50%로 평가되었다.

**NPK 시비추천 방법개선** 질소시비량은 토양의 유기물 함량이 증가함에 따라 작물에 대한 질소요구량은 감소하므로(Hanson et al., 1977) 질소시비량은 감소한다. 또한 고랭지에서 재배되는 저온성 작물은 평탄지에서 재배하는 고온성 작물에 비하여 질소요구량이 적으므로 유기물 함량에 따라 질소비료를 감량 시용해야 할 것이다. 고랭지 토양의 유기물함량에 따른 질소시비량은 본 시험결과를 적용할 때 평탄지 기준 0.75배 즉 25%를 감량함이 타당하다고 평가된다. 고랭지의 주요 재배작물인 배추, 무, 당근, 양파 등에 대한 토양검정에 의한 질소시비량은 시험 전 토양의 유기물 함량과 각 포장별로 산출된 질소시비량과의 회귀관계에서 부의 관계가 인정됨에 따라 우리나라 작물별 재배 전 토양유기물 함량의 평균치와 평균치 이

상과 이하로 구분하여 질소시비량을 20%까지 가감 조절할 수 있다고 하였다(Lee et al., 1990). 그러나 질소시비량은 그 해의 기상, 품종, 재배방법 등 다양한 요인에 따라 변동 폭이 크므로 좀더 세밀한 시험 설계를 하여 검토되어야 할 것으로 생각된다.

질소와 마찬가지로 인산 및 칼리 시비추천 기준도 평탄지의 시비추천 기준을 그대로 사용하고 있는 문제점을 개선하기 위한 일환으로 Table 4에서와 같이 평탄지의 현행 인산 및 칼리 시비추천식에 본 시험결과인 고랭지 조건의 적정시비 배율을 대입하여 산출한, 즉 본 연구결과와 인산 및 칼리의 시비추천식을 제시하였다.

채소류에 대한 시비추천식을 볼 때, 적정 인산시비량 산출은 시험전 토양의 유효인산 함량으로, 적정 칼리시비량 산출은 시험전 토양의 치환성칼리와 염기비(K/√Ca+Mg)의 측정으로 가능하며, 측정된 토양검정치의 다소에 따라 인산과 칼리질비료를 가감 조절할 수 있었다.

도출된 NPK 시비추천식은 평탄지 시비량을 적용했을 때와 수량이 대등하므로 화학비료 절감과 함께 시비효율 및 양분이용율을 현저히 높일 수 있는 것으로 기대된다(RDA, 2005). 고랭지 당근에 대한 현행시비량과 조정시비량간의 차이 즉 ha당 질소, 인산 및 칼리질비료의 절감량과 이들 3요소비료의 ha당 절감량에 고랭지당근의 재배면적을 적용하여 산정한 총 절감량을 작물별로 비교한 결과는 Table 5와 같다.

고랭지 당근을 재배한 토양의 검정치(RDA, 2005)를 현행 및 조정된 각 시비추천식에 대입하여 산출할 수

**Table 3. Carrot yield and optimal application rates of P and K fertilizer.**

Fertilizer	Carrot yields with P and K times			LSD	Optimum P and K <sup>†</sup>	
	0	0.5	1.0		Appl. times	Appl. amount
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			5%		kg ha <sup>-1</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35,270 (93) <sup>‡</sup>	37,300 (98)	37,300 (98)	3,027	0.50	95
K <sub>2</sub> O	32,630 (86)	37,890 (100)	37,890 (100)	4,342	0.50	110

<sup>†</sup> Application times and amount determined at significant yield level

<sup>‡</sup> ( ): Yield index

**Table 4. Recommendation equations of P and K fertilizers based on soil testing and yield response for carrot.**

Fertilizer	Recommendation equation <sup>†</sup>		% reduction of P and K
	Plain land	Highland	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Y <sub>1</sub> = 231.16 - 0.27X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub> = 115.58 - 0.13X <sub>1</sub>	50
K <sub>2</sub> O	Y <sub>2</sub> = 226.22 - 325.83X	Y <sub>2</sub> = 113.11 - 162.92X <sub>2</sub>	50

<sup>†</sup> Y<sub>1</sub> : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> application rates, kg ha<sup>-1</sup> X<sub>1</sub> : Avai. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content in soil, mg/kg

Y<sub>2</sub> : K<sub>2</sub>O application rates, kg ha<sup>-1</sup> X<sub>2</sub> : Exch. K/√Ca+Mg of soil

**Table 5. Saved amounts of NPK fertilizers by models for carrot in highland area.**

Crop	Fert.	Recommendation			Total requir. of highland		
		Plain land	Highland	Differ.	Plain land	Highland	Differ.
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----			----- ton -----		
Carrot	N	240	180	60	32.4	24.3	8.1
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	74	37	37	10.0	5.0	5.0
	K <sub>2</sub> O	145	72	73	19.6	9.7	9.9
	Total	459	289	170	62.0	39.0	23.0

<sup>†</sup> Estimated based on soil testing value and application model in 2004 (RDA, 2005).

<sup>‡</sup> Cultivation areas were 135 ha for carot of highland area in 2008 (MIFAFF, 2009).

가 있었는데, 그 결과 당근의 ha당 질소-인산-칼리의 절감량은 성분량으로 60-37-73 kg이었다. 당근의 재배 면적을 적용해서 산정한 질소-인산-칼리질 비료의 절감량은 8.1-5.0-9.9톤으로 추정되었으며, 이와 같은 지속적인 안정생산과 환경을 고려한 비료절감에 관한 연구는 1900년대부터 여러 연구자에 의해 꾸준히 연구되고 있다(Isherwood, 1999 ; Johnston, 1995 ; Virendra Kumar, 1995). 원래의 고랭지밭은 토양유기물이 70~100 g kg<sup>-1</sup>이나 되는 매우 비옥한 토양이었다. 토양유실만 방지할 수 있다면 지금처럼 석비레를 개토하지 않아도 적은량의 비료와 퇴비만으로 고랭지당근의 생산성 및 품질을 향상시킬 수 있다. 토양보전농법이 화학비료를 절감할 수 있는 첫 번째 방법인 셈이다.

## 적 요

고랭지농업 환경에 적합한 당근재배지의 토양검정 시비기준을 설정하고자 표고 850m의 사양질 밭토양에서 N, P 및 K 비료의 시비수준을 달리하여 포장시험을 수행하였다.

고랭지 당근에 대한 안정 수량을 생산하기 위한 N-P-K의 적정 시비배율은 현행 평산지 토양검정 기준량 대비 각각 0.75-0.50-0.50배이었다. 산출된 적정 시비배율을 현행 시비추천식에 적용하여 고랭지 여름작물인 당근에 알맞은 시비추천식으로 도출해 낼 수 있었다.

도출한 시비추천 방법에 의한 고랭지 당근의 NPK 시비량과 당근의 재배면적을 적용하여 산출한 화학비료의 총 절감량은 질소-인산-칼리의 경우 8.1-5.0-9.9톤으로 총합계는 23.0톤이었다. 이는 현행 평산지 시비량의 25~50%를 절감할 수 있는 양으로 고랭지에 본 연구결과와 시비추천식을 적용하면 고랭지 당근의 생산성도 유지하면서 고랭지 농업환경 오염을 경감할 수 있다.

## 인 용 문 헌

Cate, R. B. and L. A. Nelson. 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. International Soil

Testing Tech. Bull. No. 1. Approved by the North Carolina State University. Agricultural Experiment Station.

Chol Soo Park, Y. S. Jung, J. H. Joo and J. T. Lee. 2005. Best Management Practices Reducing Soil Loss in the Saprolite Piled Upland in Hongcheon Highland. Korean J. Soil Sci. Fert. 38 : 119-126.

Hanson, R. and J. Brown. 1977. Soil Fertility. Computerized Soil Test Interpretation. University of Missouri-College of Agriculture Department of Agronomy.

Hwang K. S., J. H. Yoon, S. J. Lee, Y. H. Kwack, S. M. Lee. 1997. Optimum Contents of Soil Phosphorus and Potassium for Carrot Growth. Korean J. Soil Sci. Fert. 30 : 89~93.

Isherwood K. F. 1999. Fertilizer use and the environment. UNEP/IFA Project.

Johnston A. E. 1995. The Importance of Fertilizers in Plant Nutrient Management IFA-FADINAP Regional Meeting.

Lee C. S., J. T. Lee, G. J. Lee, K. Y. Shin, and J. H. Ahn. 2002. Recommendations of NPK application for friendly environment on major crops in highland. Research Report. National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA.

Lee, C. S., G. J. Lee, K. Y. Shin, J. H. Ahn, and H. J. Cho. 2002a. Status of fertilizer application in farmers' field for summer Chinese cabbage in highland. Korean J. Soil Sci. Fert. 35 : 306-313.

Lee, C. S., G. J. Lee, K. Y. Shin, J. H. Ahn, J. T. Lee, and B. K. Hur. 2002b. Effect of application added phosphorus and potassium for potato and Chinese cabbage in mounded highland soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 35 : 372-380.

Lee, C. S., H. K. Kwak, Y. J. Lee, and Y. D. Park. 1990. Estimation Optimal Rates of N, P and K Fertilizers for Vegetable crops Based on Soil Testing in Upland Soils. Research Report, Rural Development Administration(Soils and Fertilizers) 32(3) : 32~37. MIFAFF. 2009. Greenhouse Status of Establishment Vegetables and Results of Vegetables Production in 2008. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Republic of Korea. [Http://www.mifaff.go.kr](http://www.mifaff.go.kr).

NAAES. 2002. Research report. National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA. p 547~563.

NIAS. 1999. Fertilizer application recommendation for crops. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. p 43~91.

NIAS. 2000. Methods of Soil and Crop Plant Analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA.

- NIAST. 2001. Evaluation study on environmental affects by fertilizer use in cultivation lands. The 3rd year completed cooperation report. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. p 3~46.
- NIAST. 2006. Fertilizer application recommendation for crops. National Institute of RDA. 1998. Investigation and Standard for Agricultural experiment. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2005. Status of Fertilizer Application and Soil Management in farmers' Fields for Major Vegetable Crops in Alpine Area. The 2nd year completed cooperation report, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- 농촌진흥청. 2006. 표준영농교본, 당근재배
- Reagan M. W. 1994. Best management practices for phosphorus fertilization. Best Management Practices for Colorado Agriculture : 1 20.
- Virendra Kumar. 1995. Balanced Use Plant Nutrients with Particular Reference to Integrated Plant Nutrient Systems in the Asian Region. IFA-FADINAP Regional Meeting.