

고랭지 무 재배지 토양검정에 의한 NPK 시비기준량

이계준* · 이정태 · 장용선¹ · 황선웅² · 박철수³ · 주진호⁴

농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구센터, ¹농업과학기술원,
²국립식량과학원 벼맥류부, ³KT&G 중앙연구원, ⁴강원대학교

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

Gye-Jun Lee,* Jeong-Tae Lee, Yong-Seon Zhang¹, Seon-Woong Hwang²,
Chol-Soo Park³, and Jin-Ho Joo⁴

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

¹National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

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

³KT&G Central Research Institute, Daejeon, 305-805, Korea

⁴Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

An attempt was made to provide the most reasonable fertilizer recommendation for radish crop based on soil analysis data and yield response to the N, P, K fertilizers, which was obtained from field experiments on 2004 in highland, 850 meters above the sea level. Optimum times of NPK application to past application amount based on soil test were 0.90-0.77-0.50 for radish. The adjusted NPK 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 10-23-50% for radish in highland. In application to total cultivation area, 2,546ha for radish, saving amounts of NPK fertilizers with these adjusted recommendation in comparison with past application levels will be 244.4 tons for radish. Using the optimal application amounts for radish, we will can reduce agricultural pollution without affecting crop yields.

Key words: NPK application, Recommendation, Soil testing, Yield response, Radish, Highland

서 언

고랭지토양은 표고가 높고 경사가 심하여, 빈번한 집중호우로 해마다 많은 양의 농경지 토양이 유실되고 있다. 이에 따라 토양 양분도 토사와 같이 동반 유출되어 경사지 토양은 비옥도가 매우 낮은 실정이다. 여기에 농업인들은 과량의 비료를 시용하고 있어 염류집적, 토양양분의 불균형 및 생리장애가 빈번히 발생하는 것으로 알려져 있다(NAAES, 2001).

최근 평안지 및 고랭지 재배농가의 시비실태조사 결과에서도 화학비료를 과용하고 있음이 보고되고 있다(RDA 2005, Lee et al., 2002; NIAST, 2001; Park et al., 1994). 이와 같이 과다시비에 의한 고랭지 토양환경 조건이 매우 열악함에도 여름철 단경기에는 고랭지 무를 많이 재배하고 있다. 서늘한 날씨에 잘 자라

는 무를 혹서기에도 공급할 수 있는 곳은 해발 600m 이상의 고랭지에 한정되어 있다. 특히 무는 가격변동 폭이 매우 커서 상업농들은 최대의 환금작물로서 고소득을 얻기 위하여 다량의 화학비료와 유기질 및 부산물비료를 사용하면서 매년 반복해서 무를 재배하고 있다.

특히 고랭지에서 과량의 비료 사용 결과 농경지로부터 영양분 유출에 의해 영양물질이 하천으로 유입되면서 하천의 수질오염 등이 우려 되고 있는 실정이다(Joo et al., 2007).

아직도 우리나라는 단위면적당 비료사용량이 세계적으로 많은 나라 중에 포함되는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 1998). 급변하는 주변 환경의 변화에 발맞추어 화학비료는 친환경농업을 위하여 환경조화형 및 자원절약형 시비를 하고 더 나아가 안정 농산물을 생산할 수 있는 시비의 개념으로 전환 되어야 한다. 이에 초점을 맞추어 연구를 하고 있지만 고랭지 무 재배지에 적합한 시비추천 기준이 없는 실정이다.

접수 : 2008. 12. 28 수리 : 2009. 5. 13

*연락처 : Phone: +82333301900,

E-mail: gyejum@rda.go.kr

이러한 견지에서 본 연구는 포장시험을 통하여 고랭지권의 주요 작물인 무에 대한 토양검정에 의한 N, P 및 K 시비추천 기준을 설정코자 수행하였다.

재료 및 방법

시험포장은 표고 850m인 강원도 평창군 대관령면 횡계리에 위치하고 있다. 2004년에 관동여름무를 재배하였으며, 시험전 토양은 Table 1과 같이 유기물, 유효인산 및 치환성 칼륨 함량 등 대부분의 토양화학성분 함량이 낮은 반면 치환성 칼슘 함량이 높은 사양토이었다.

처리하는 NPK 시비량으로서 토양검정시비량을 기준하여 질소는 무질소구, 0.5배구, 0.75배구, 1.0배구인 4수준, 인산과 칼리는 무인산구, 무칼리구를 포함하여 0.5배구, 1.0배구 등 각각 3수준으로 하여 난괴법 3반복으로 수행하였다. N-P-K의 토양검정 시비량은 336-185-337 kg ha⁻¹이었다. 사용한 비종은 질소의 경우 요소, 인산은 용과린, 칼리는 염화加里로 하여 기비 및 추비는 시험수행 당시의 작물별 시비처방기준(NIAST, 1999)에 의하여 사용하였다.

퇴비도 시험처리 당시(NIAST, 1999) 토양유기물 검정치를 기준하여 밧짚퇴비(20톤 ha⁻¹)의 35% 상당량인 7,000 kg ha⁻¹를 사용하였고, 무 재배시 붕소결핍을 미연에 방지하기 위하여 파종 전에 ha당 붕사 30 kg을 사용하였다. 또한 소석회를 무 파종 15일전에 750 kg ha⁻¹를 석회소요량 검정에 의하여 사용하였다.

무의 재식거리는 60 × 25 cm로 2004년 6월 24일에 파종하여 그해 9월 3일에 수확하였다. 이때 시험구 크기는 구당 15㎡(3 × 5m)이었다. 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 의하여 실시하였고(RDA, 2003) 토양 및 식물체 분석은 농진청 표

준분석법(NIAST, 2000)에 준하였다.

결과 및 고찰

NPK 시비수준별 수량 및 적정 시비량 무의 수량과 토양검정결과에 의하여 산정한 질소비료의 적정 시비배율 및 시비량은 Table 2와 같다. 먼저 무 수량은 질소 시비배율이 높아질수록 증가하였지만 처리간 수량차이는 유의성이 없었다. 그러나 고랭지에서 무의 지속적 안정 생산이 가능하도록 적정시비 수준은 최고수량보다 적은 98%에서 결정하였다. 이는 농가에서 최고수량을 목표로 하고 있고 외국의 Cate et al.(1965) 및 Reagan(1994)이 제안한 최고수량의 95% 수준을 목표로 하는 점을 부분적으로 만족할 수 있도록 중간수량 수준을 생산할 수 있는 시비배율을 적용하여 산출하였다. 산출한 무의 질소시비적량은 토양검정량의 0.9배이고 이때의 시비량은 302 kg ha⁻¹이었다. 시비량 결정과 관련하여 김 등(Kim et al., 1998)에 의하면 시비수준에 대한 생육 및 수량의 반응은 동일한 작물 및 토양조건 내에서도 완만한 증가나 직선적인 증가 등 여러 가지 형태로 나타나므로 정확한 시비량 결정방법은 생육 및 수량 등 시비반응의 차이에 따라 달리 하는 것이 합리적이라고 하였다.

본 시험결과의 시비수준별 수량성에 의하여 산출된 질소시비량을 요약해 보면, 토양검정 시비량 대비 적정 시비배율은 0.90배이며, 이러한 시비배율에 상당하는 질소시비량은 302 kg ha⁻¹이었다. 또한 작물별로 설정되어 있는 현행 평단지 조건의 작물별 시비추천식에 시험전 토양의 검정치를 대입하여 나온 질소시비량에 비하여 절감량은 10% 정도가 되었다.

Table 3은 인산 및 칼리의 시비배율에 따른 무 수량과 적정 시비수준을 검토한 성적이다. 인산의 적정 시

Table 1. Chemical properties of study site.

| Soil texture | pH | OM | Av.P ₂ O ₅ | Exchangeable cations | | | NO ₃ -N | T-N |
|--------------|-----|--------------------|----------------------------------|--|-----|-----|---------------------|--------------------|
| | | | | K | Ca | Mg | | |
| | 1:5 | g kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | ----- cmol ⁺ kg ⁻¹ ----- | | | mg kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ |
| SL | 6.3 | 8.5 | 248 | 0.08 | 8.5 | 2.1 | 2.5 | 0.7 |

Table 2. Radish yields and optimal application rates of N fertilizer.

| 0 | Radish yield with N application times | | | LSD | Optimum N [†] | |
|-----------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|--------|------------------------|---------------------|
| | 0.50 | 0.75 | 1.0 | | Appl. times | Appl. amounts |
| | ----- kg ha ⁻¹ ----- | | | 5% | | kg ha ⁻¹ |
| 58,520 (71) [‡] | 73,370 (89) | 74,920 (91) | 82,540 (100) | 14,219 | 0.90 | 302 |

[†] Application times and amounts of N fertilizer for stable radish yield

[‡] Yield index

비배율 질소시비량 결정방법과 마찬가지로 최고수량의 100%와 95%를 부분적으로 만족할 수 있는 중간 범위의 수량 수준을 생산할 수 있는 질소 시비배율인 0.77배로 하였으며, 칼리는 무칼리구에 비하여 유의성은 없었지만 칼리성분의 흡수량, 토양 칼륨함량의 유지 및 증수효과가 매우 큰 수준인 0.5배를 적정 칼리 시비배율로 하였다.

본 시험결과에서 무재배지에 대한 적정 시비배율에 해당하는 인산 및 칼리 시비량 각각 142, 168 kg ha⁻¹ 이었고 이에 따른 비료 절감량은 인산 23%, 칼리 50%로 산정되었다.

NPK 시비추천 방법개선 고랭지 무 재배지 토양검정을 위한 질소 시비추천방법은 평난지의 질소시비추천 방법과 마찬가지로 토양유기물 수준을 3등급으로 구분하여 질소시비량을 가감 조절사용토록 하고 있다 (NIAST, 2006). 평난지 무 노지재배의 경우 토양유기물 20 g kg⁻¹ 이하는 336 kg ha⁻¹, 21~30 g kg⁻¹은 280 kg ha⁻¹ 31 g kg⁻¹ 이상은 224 kg ha⁻¹를 사용토록 하

고 있다. 이와 관련하여 Table 4는 평난지의 토양유기물 함량에 따른 질소 추천시비량에 본 연구결과에서 산정한 N 적정 시비배율을 적용하여 고랭지 무에 적용할 수 있는 질소 추천기준을 제시한 것이다.

요약해서 보면 시비수준별 수량에서 산출한 적정 시비배율은 절감되는 질소질 비료의 양이 10% 이상으로 저투입 시비수준이라 볼 수 있다. 고령지농업연구소의 보고(NAAES, 2002)에 의하면 고랭지 토양의 유기물함량을 평균 33 g kg⁻¹(Yang et al., 2001)이라고 할 때 감자의 현행시비량 168 kg ha⁻¹를 131 kg ha⁻¹로, 고랭지 배추의 현행시비량 247 kg ha⁻¹은 215 kg ha⁻¹로 조정이 가능하여 감자 및 고랭지 배추에 대한 질소질비료를 각각 22%, 13%씩 절감할 수 있었다고 하였다.

Hanson et al.(1977)에 의하면, 질소시비량 증감과 관련하여 토양유기물에 100kg에 들어있는 질소량은 약 4kg으로 추정된다고 하였으며 이 질소는 대부분 작물에 이용되지 않는 유기태 질소이며 작물이 흡수하기 위해서는 무기태 질소로 분해되어야 하는데 연

Table 3. Radish yields and optimal application rates of P and K fertilizers.

| fertilizer | Radish yields with P and K application times | | | LSD | Optimum P and K [†] | |
|-------------------------------|--|-----------------|-----------------|--------|------------------------------|---------------------|
| | 0 | 0.5 | 1.0 | | Appl. times | Appl. amounts |
| | ----- kg ha ⁻¹ ----- | | | 5% | | kg ha ⁻¹ |
| P ₂ O ₅ | 66,690 (81) [‡] | 76,180 (92) | 82,540 (100) | 32,879 | 0.77 | 142 |
| K ₂ O | 80,990 (98) | 90,430 (110) | 82,540 (100) | 18,977 | 0.50 | 168 |

[†] Application times and amounts of N fertilizer for stable radish yield

[‡] Yield index

Table 4. Recommendation rates of N fertilizer based on soil organic matter and N recommendation method for radish.

| OM in soil (g/kg) | N recommendation rates | | Reduction of N |
|----------------------|---------------------------------|----------|----------------|
| | Plain land | Highland | |
| | ----- kg ha ⁻¹ ----- | | % |
| < 20 | 336 | 302 | 10 |
| 21~30 | 280 | 252 | 10 |
| 31 < | 224 | 202 | 10 |

Table 5. Recommendation equations of P and K fertilizers based on soil testing for radish.

| Crop | Fert. | Recommendation equation [†] | | % reduction of P and K |
|--------|-------------------------------|--|--|---------------------------|
| | | Plain land | Highland | |
| Radish | P ₂ O ₅ | Y ₁ = 308.80 - 0.50X ₁ | Y ₁ = 237.78 - 0.38X ₁ | 23 |
| | K ₂ O | Y ₂ = 351.80 - 618.90X ₂ | Y ₂ = 175.90 - 309.45X ₂ | 50 |

[†] Y₁ : P₂O₅ application rates, kg ha⁻¹ X₁ : Avai. P₂O₅ content in soil, mg kg⁻¹

Y₂ : K₂O application rates, kg ha⁻¹ X₂ : Exch. K/√(Ca+Mg) of soil

간 분해되는 양은 20분지 1내지 10분지 1이다. 따라서, 토양에 유기물이 증가되면 질소가 공급되는 효과가 있으므로, 유기물 함량이 많을수록 질소 시비량을 줄이게 되고, 고랭지에서 재배되는 저온작물은 평란지에 재배되는 고온작물에 비하여 질소요구량이 적다고 하였는데 이러한 사실은 본 연구결과를 뒷받침 해 주고 있다.

고랭지 무에 대한 인산 및 칼리의 시비 추천기준도 질소와 마찬가지로 평란지의 시비 추천기준을 그대로 사용해 왔다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 Table 5에서와 같이 평란지에 적용하고 있는 인산 및 칼리 시비추천식에 본 시험결과인 고랭지조건에 적정시비 배율을 대입하여 산출한 인산 및 칼리의 시비추천식을 제시하여 현재 준고랭지 및 고랭지 무에 대한 시비추천을 할 수 있도록 하였다.

채소류에 대한 시비추천식을 볼 때 적정 인산시비량 추천은 토양의 유효인산함량으로, 적정 칼리시비량의 추천량은 토양의 치환성 칼리염기비($K/\sqrt{Ca+Mg}$)의 의하여 산출하고 있다. 따라서 측정된 토양검정치의 다소에 따라 인산과 칼리질비료를 가감 조절할 수가 있음을 내포하고 있다.

Table 6은 고랭지 무에 대하여 기존 대비 토양검정에 의한 조정 시비량간의 차이, 즉 ha당 질소, 인산 및 칼리질비료의 절감량과 ha당 이들 3요소비료의 절감량에 고랭지 무 재배면적을 적용하여 산출한 총비료 절감량을 비교한 성적이다.

고랭지 무를 재배한 토양의 화학성분 분석치(RDA, 2005)를 평야지 및 본 연구결과인 고랭지의 각 시비 추천식에 대입하여 산출할 수가 있었는데, 그 결과 질소, 인산 및 칼리의 절감량을 성분량으로 환산하면 각각 ha당 28, 0 및 68 kg이었다. 재배면적을 적용해서 산정한 질소, 인산 및 칼리질 비료의 절감량을 보면 71.3, 0 및 173.1톤으로 총합계가 244.4톤이나 되었다. 1990년대부터 화학비료 사용은 지속적인 안정생산과 환경을 고려한 시비기준 개발이 꾸준히 이루어졌으며 최근에는 농산물 안전성을 위한 화학비료의 절감 연구를 주로하고 있다(Isherwood, 1999; Virendra

Kumar, 1995).

이상의 결과를 요약하여 볼 때 고랭지 무에 대한 NPK 시비기준은 평란지의 토양검정시비량을 기초로 하여 여기에 시비배율을 감안하여 산출한 조정된 시비기준량을 사용하면 고랭지 무 수량의 감소는 최소화하면서 화학비료 절감으로 시비증대는 물론 고랭지 환경오염의 경감 효과가 크리라고 판단된다.

적 요

고랭지 농업환경에 적용할 수 있는 토양검정에 의한 시비기준을 설정하고자 고랭지 무에 대하여 2004년에 표고 850m의 사양질 밭토양에서 N, P 및 K 비료의 시비수준을 달리하여 포장시험을 수행하였다.

고랭지 무에 대한 안정 목표수량을 생산하기 위한 NPK의 적정 시비배율은 현행 평란지 토양검정 기준량 대비 각각 0.90, 0.77 및 0.50배이었다. 산출된 적정 시비배율을 조정된 시비추천식에 적용하여 고랭지 여름작물인 무에 알맞은 시비추천식을 설정할 수 있었다.

설정된 시비추천 방법에 의한 무의 N, P 및 K 시비량에 작물의 재배면적을 적용하여 산출한 고랭지 무 재배시 화학비료의 절감량은 질소, 인산 및 칼리의 경우 각각 71.3, 0 및 173.1톤으로 총합계 244.4톤이나 되었다. 따라서 평란지의 토양검정시비량보다 10~50%를 절감할 수 있는 새로운 시비추천식을 적용하면 고랭지 무의 생산성도 유지하면서 고랭지 농업환경 오염을 경감할 수 있을 것이다.

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.
 Joo, J. H., J. E. Yang, Y. S. Ok, S. E. Oh, K. Y. Yoo, S. C. Yang and Y. S. Jung. 2007. Assessment of Pollutant Loads from Alpine Agricultural Practices in Nakdong River Basin. Korean J.

Table 6. Saved amounts of NPK fertilizers by new models for radish in highland area.

| Fertilizer | Recommendation [†] | | | Total requir. of highland [‡] | | |
|-------------------------------|---------------------------------|----------|---------|--|----------|---------|
| | Plain land | Highland | Differ. | Plain land | Highland | Differ. |
| | ----- kg ha ⁻¹ ----- | | | ----- ton ----- | | |
| N | 280 | 252 | 28 | 712.9 | 641.6 | 71.3 |
| P ₂ O ₅ | 30 | 30 | 0 | 76.4 | 76.4 | 0 |
| K ₂ O | 135 | 67 | 68 | 343.7 | 170.6 | 173.1 |
| Total | 445 | 349 | 96 | 1133.0 | 888.6 | 244.4 |

[†] Estimated based on soi testing value and application model in 2004(RDA, 2005)

[‡] Cultivation areas were 2,546 ha for radish of highland area in 2008(MIFAFF, 2009)

- Environmental Agriculture. 26. 232-238.
- Hanson, R. and J. Brown. 1977. Soil Fertility. Computerized Soil Test Interpretation. University of Missouri-College of Agriculture Department of Agronomy.
- Isherwood K. F. 1999. Fertilizer use and the environment. UNEP/IFA Project.
- Kim Y. H., B. G. Jeong and C. S. Lee. 1998. Modeling efficient fertilizer application for precision farming. Strategies for Improvement of Agricultural Environment and Creation of the Venture Businesses from Agricultural Chemistry. 98 International symposium : 75-91.
- Lee, C. S., G. J. Lee, K. Y. Shin, J. H. Ahn, and H. J. Cho. 2002. Status of fertilizer application in farmers' field for summer Chinese cabbage in highland. Korean J. Soil Sci. Fert. 35 : 306-313.
- Lee, J. T., G. J. Lee, Y. S. Zhang, S. W. Hwang, S. J. Im, C. B. Kim and Y. H. Mun. 2006. Status of Fertilizer Application and Soil Management for Major Vegetable Crops in Farmers` Fields of Alpine Area. Korean J. Soil Sci. Fert. 39 : 357-365.
- 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. 2001. The research on environment and disease-insect control. Commemoration issue for the 40th history of highland agriculture. National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA. p 190-205.
- NAAES. 2002. Research report. National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA. p 547-563.
- NIAST. 1999. Fertilizer application recommendation for crops. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. p 41-53.
- NIAST. 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 Agricultural Science and Technology(revised edition), RDA. p 81-92.
- Park B. G., T. H. Jeon, Y. H. Kim and Q. S. Ho. 1994. Status of farmers' application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. Korean J. Soil Sci. Fert. 27 : 238-246.
- RDA. 2003. 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.
- 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.
- Yang J. E., B. O. Cho, Y. O. Shin and J. J. Kim. 2001. Fertility status in northeastern alpine soils of south Korea with cultivation of vegetable crops. Korea J. Soil Sci. Fert. Vol. 34(1) : 1-7.