

무 재배시 질소이용률 및 수량에 미치는 토중시비 효과

양창휴* · 류철현 · 신복우 · 강승원¹⁾

호남농업연구소, ¹⁾작물과학원
(2005년 10월 30일 접수, 2005년 12월 14일 수리)

Effect of Banded Subsoil Fertilization on the Yields and N Utilization of Radish (*Raphanus sativus* L.) in Plastic Film Mulching Cultivation

Chang-Hyu Yang*, Chul-Hyun Yoo, Bok-woo Shin, and Seung-Won Kang¹⁾ (Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea, ¹⁾National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-707, Korea)

ABSTRACT: To establish law-put fertilization technique and increase of fertilization efficiency during cultivation of plastic film mulching for plant, the improvement of soil properties, nutrition efficiency and yield by banded subsoil fertilization (BSF) using band spoty applicator was conducted at radish (*Raphanus sativus* L.) field in Honam Agricultural Research Institute from 1997 to 1998 for 2 years. These results were as follows. T-N, available P₂O₅ exchangeable Ca and K contents of soil were increased those of before experiment, especially in BSF treatment. Also, the content of soil NO₃-N was higher in BSF as fertilization amount is increasing than in CF (conventional fertilization). Uptake amounts of nitrogen fertilized were high in BSF during overall the growth period of plant and N utilization was high by 21.9~30.4% in BSF compared to in CF. The rate of fertilizer loss by rainfall was largely reduced, because all fertilizer applied was putted around the root zone. The total yields of fresh radish BSF treatments were more increased 13~37% than that of CF treatment.

Key Words: Radish, Banded subsoil fertilization, N utilization, Yield

서 론

시비는 작물재배에 있어서 천연공급으로 부족한 영양분을 비료로서 공급하는 것으로 과잉시비는 물이나 대기 등 환경에 부정적인 영향을 미치므로 토양상태, 작물 종류 등에 따른 적절한 시비를 통한 시비효율을 증대할 필요가 있다. 최근에는 비료 사용에 의한 아산화질소 발생량 증가¹⁾와 지하수 질산오염이 염려되고 있으며 특히 지하수의 질산오염은 채소재배 주산지나 다원 등에서 수확물의 품질을 높이기 위한 과잉시비 때문에 야기된다고 하였다²⁾. 시비에 의해 기인되는 오염을 경감시키기 위한 기본적 대책은 토양 중에 과잉의 비료 성분이 잔류되지 않도록 토양 진단에 의한 토양의 양분상태를 파악하고 질소, 인산 및 염기 성분의 축적이나 불균형을 방지하는 것이다. 더욱이 국소시용이나 완효성비료의 사용에 의한 효율적인 시비체계를 연구하고 용수의 순환이용 등 새

로운 기술을 도입하는 것도 바람직하다³⁾. 하우스나 노지에서 토양이 피복되어 있는 경우 토양수분이 지표면으로 향하여 이동하는 비율이 높아 표층에 비료성분이 축적되고 비닐을 제거하면 수분은 하층으로 향하여 이동하는 비율이 높아 축적된 비료성분이 하층으로 이동되며 질산이온의 이동이 빠른 것으로 알려져 있다⁴⁾. 무를 재배할 때 피복재배의 효과는 지온상승, 품질향상, 진딧물 회피로 인한 바이러스 방제 등이 있으며 뿌리 비대를 촉진 시킨다⁵⁾. 작물근역의 국소시비는 작물의 이용률을 향상시켜 작물수량을 유지하면서 시비량 절감이 가능한 것으로 환경부하의 경감에 효과적이다. 현재 밭작물의 추비 사용방법은 강우직전 작물이나 지표면에 살포하고, 두둑을 형성하여 재배하는 비닐피복재배 작물에서는 비닐 위에 비료를 손으로 뿌려주기 때문에 사용한 비료가 강우에 의해 유실이 심하여 추비횟수를 3~5회로 늘려줄 뿐 아니라 비료의 사용 효과가 낮아 시비량을 증가시켜 시비노력 등 생산비를 증가시키는 요인이 되며 특히 지표면이나 비닐 위에 사용된 비료가 유실이 심하여 환경오염원이 되기도 한다.

*연락처:

Tel: +82-63-840-2272 Fax: +82-63-840-2118
E-mail: yang1907@rda.go.kr

이러한 문제점을 해결하고 시비효율증진 및 생력시비기술을 확립하고자 작물근접 토양 중에 시용이 가능한 토중시비기를 개발하여 비닐피복 원예작물 무를 재배할 때 토중시비에 의한 시비량 절감과 양분이용률 향상, 생육 및 수량성을 검토한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

공시기종은 시비구(호파3조), 시비 깊이, 시비 간격 및 시비량 조절장치 등을 갖춘 토중시비기로 국일 정밀기기 제작소에서 제작되었으며 본 시험은 2년 동안(1997~1998)에 걸쳐 완주군 농가포장에서 수행하였다.

시험 전 토양의 토성과 화학적 특성은 Table 1과 같다. 토양 pH가 낮고 유기물, 유효인산과 치환성 칼슘 및 마그네슘 함량이 적은 사양토로서 비옥도가 대체로 낮았다. 태진 무를 8월 하순~9월 상순에 재식거리 24×60 cm로 파종하여 11월 상순에 수확하였고 시비량은 무 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O=160-120-160 kg ha⁻¹)으로 질소와 칼리는 2회 분시, 인산은 전량기비로 사용하였다.

시험구 처리는 표준시비, 토중시비100%, 70%, 50%, 질소 무시용으로 5처리를 두었고 추비횟수는 토중시비기를 이용한 토중시비의 경우는 1회, 관행시비는 3회 실시하였다. 토양분석은 농업과학기술원 토양화학분석법⁶⁾에 준하여 pH는 초자전극법, 총질소는 Kjeldahl법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온 Ca, Mg, K는 NH₄OAc

로 침출시켜 ICP(Varian Livity 110)를 이용하여 분석하였고 토성분석은 Sodium hexametaphosphate 용액에 의한 분산 후 Hydrometer를 이용하여 측정하였으며 토양 중 NO₃-N 분석은 미량확산분석법⁷⁾(Conway)을 이용하였다. 식물체는 60℃에서 건조 후 분쇄한 시료를 H₂SO₄-H₂O₂로 습식분해하여 분해여액을 이용하여 NO₃를 Indophenol-blue 법으로 분석하였다.

질소이용률은(시비구질소흡수량- 무시비구질소흡수량)/질소시비량×100으로 산출하였으며 엽색측정은 SPAD 502 meter(Minolta, Japan)를 사용하였다.

무 생육 및 수량은 농촌진흥청 농사시험연구조사기준⁸⁾에 준하여 엽수, 근장, 근경, 근중을 조사하였다.

결과 및 고찰

토중시비기

토중시비기의 주요 특징은 Table 2와 같다. 작물근접 토양 깊이별 시용이 가능하고 작물에 따라 시비 간격과 시비량을 조절할 수 있으며 비닐피복재배 작물도 비닐을 뚫고 토중에 시비가 용이하여 사용한 비료의 유실을 방지할 수 있어서 시비량 절감효과와 농업환경오염을 방지할 수 있다.

상하좌우로 조절하여 비료를 사용할 수 있도록 하였고 경사지 밭에서도 이용이 가능하며 두류, 서류, 채소류 및 특용작물 등의 비료 시용이 가능하다.

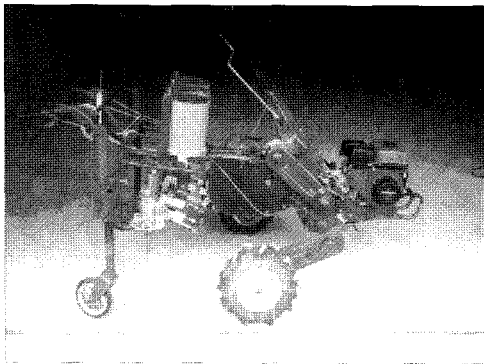


Fig. 1. Banded subsoil applicator.



Fig. 2. The spectacle of banded subsoil fertilization.

Table 1. Soil texture and chemical properties of the soil before experiment

pH (1 : 5)	OM (g kg ⁻¹)	T-N (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cat (cmol _c kg ⁻¹)			Soil texture
				K	Ca	Mg	
5.4	13.4	0.65	323	0.63	3.5	1.0	SL

Table 2. Characteristics of band spoty applicator

Power (Hp)	Fertilization hole (ea)	Fertilization depth (cm)	Fertilization interval (cm)	Control on amount of applied fertilizer
4	3 (hopper)	3~15	20~30	Three steps

토양의 화학적 특성변화 및 토양 중 양분함량

시험 후 토양화학성 변화는 Table 3과 같다. 총질소, 유효인산, 치환성 칼륨 및 칼슘 함량이 많아졌으며 대조구 관행시비에 비하여 토중시비 처리구에서 높은 경향을 나타냈었고 시비수준간에는 큰 차이를 보이지 않았다.

무는 지하부를 이용하기 때문에 토양의 물리적인 특성에 매우 의존적이며 작토심이 깊고 보수력과 배수가 양호한 경질토양 및 중성 내지 약산성토양에서 품질이 양호한 무를 생산할 수 있다.

무 생육기간 동안 토양 중 질산태질소 함량은 Fig. 3과 같이 토중시비에서 시비수준이 높을수록 많았고 생육후기까지 높은 양상을 나타냈다.

토양에는 각종의 유기태질소가 존재하여 지력질소를 형성하며 이들 질소는 미생물의 작용에 의해 분해되어 암모니아태질소, 다시 질산태질소로 되어 작물에 흡수 이용된다.

식물체 중 양분함량 및 무 생육

일반적으로 식물체내 질산염의 함량은 재배환경 즉 일조

부족이나 저온 또는 질소비료를 다량 사용할 때 증가하는 경향을 나타내고⁹⁻¹²⁾ Wright 등¹³⁾은 식물의 부위에 따라 질산염의 분포가 다르게 나타나며 식물중에 따라서도 그 함량이 차이가 있다고 하였다. 밭작물 특히 채소는 질산태질소를 선호하여 흡수하는 경향이며 흡수된 질산태 질소는 환원되어 아미노산의 구성성분으로 되거나 질산태질소로 세포내에 존재한다.

무의 부위별 질산태질소 함량은 Table 4와 같이 생육초기에 높았고 토중시비에서 시비수준이 높을수록 많았으며 근경 부위에 낮게 나타났다. Cho 등¹⁴⁾은 무의 잎에서 파종 후 25 일경에 질산태질소 함량이 높게 나타났고 무 가식 부위의 NO₃⁻ 집적량은 뿌리보다 잎에서 높았으며 질소시비량 증가에 따라 흡수량이 높았던 Sohn 등¹⁵⁾의 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 토중시비에서 질소시비량을 감비하여도 집적량이 많은 것은 검토할 필요가 있는 것으로 생각된다. 식물체내의 질산함량은 박과 과채류(오이, 참외, 호박, 수박) 및 유채과 채소(배추, 무)에는 약간 많다¹⁶⁾.

생육시기별 엽색은 Table 5와 같이 토중시비에서 질소수

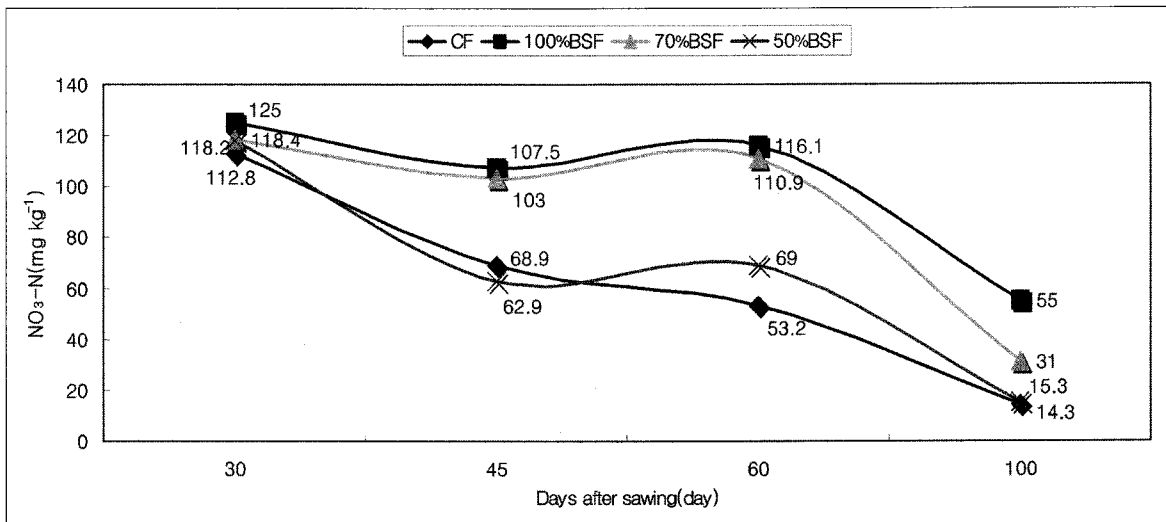


Fig. 3. The change of NO₃-N content in soil during growing season on fertilization methods.
*CF : Conventional Fertilization, BSF : Banded Subsoil Fertilization.

Table 3. The changes of soil chemical properties after experiment

Treatment	pH (1 : 5)	OM (g kg ⁻¹)	T-N (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cat (cmolc kg ⁻¹)		
					K	Ca	Mg
Control ¹⁾	5.4	13.0	0.60	410	0.83	3.8	1.2
100%BSF ²⁾	5.5	12.6	1.05	416	0.84	3.8	1.2
70%BSF ²⁾	5.5	12.7	1.00	411	0.83	3.8	1.2
50%BSF ²⁾	5.5	12.1	0.80	412	0.81	3.8	1.2
Non Fertilization	5.4	12.0	0.45	381	0.74	3.7	1.2

¹⁾ Control : Conventional Fertilization.

²⁾ BSF : Banded Subsoil Fertilization.

Table 4. The change of NO₃⁻ content in plant during growing season on fertilization methods (unit : mg kg⁻¹)

Treatment	Early growing season		Middle growing season		Harvesting season	
	Leaf		Leaf	Root	Leaf	Root
Control	11,341		6,762	4,306	3,680	2,330
100%BSF*	11,362		7,722	5,749	4,557	3,172
70%BSF	11,353		7,093	5,054	4,125	3,051
50%BSF	11,359		7,048	4,683	3,725	2,645
Non Fertilization	9,823		4,324	3,635	2,043	1,332

*BSF : Banded Subsoil Fertilization.

Table 5. Changes of SPAD values during growing season on fertilization methods

Treatment	Days after sawing (day)				
	30	40	50	60	100
Control	38.3	42.4	38.5	36.1	32.1
100%BSF*	39.1	43.8	45.0	43.2	41.1
70%BSF	38.8	43.4	43.8	42.9	40.9
50%BSF	39.0	43.2	43.6	42.2	40.4
Non Fertilization	30.6	38.2	36.7	33.5	30.9

*BSF : Band Spoty Fertilization.

※ Measurement : SPAD 502

Table 6. Changes of dry weight during growing season on fertilization methods (unit : g m⁻²)

Treatment	Days after sawing (day)			
	30	45	60	75
Control	4.9	166(100) ^b	438(100)	569(100)
100%BSF*	5.0	252(152)	568(130)	733(129)
70%BSF	4.3	228(137)	538(123)	698(123)
50%BSF	4.1	200(120)	432(99)	586(103)
Non Fertilization	4.1	122(73)	241(55)	330(58)

^b() : Increasing ratio of dry weight compare to control.

*BSF : Banded Subsoil Fertilization.

준이 증가할수록 길었으며 파종 후 50일에 가장 높은 수치를 나타냈다. 엽색은 엽록소 및 엽 중 T-N 함량이 많을수록 짙어지는 경향으로 품종, 재배법 등에 따라 크게 변하며 엽색을 짙게 하고 비타민 성분을 증가시키면서 질산농도를 높이지 않는 시비법 및 재배법의 확립이 필요하다.

시비방법과 시비수준에 따른 건물중은 Table 6과 같이 토중시비에서 질소수준이 높을수록 무거웠고 파종 후 45일경에 증가량이 많아지는 경향을 나타냈다.

질소흡수량과 이용률 및 손실률

시비방법별 시비질소 흡수량 및 질소이용률은 Fig. 4와 같다. 시비질소 흡수량은 토중시비 100% > 토중시비 70% > 관행시비 > 토중시비 50% 순으로 많았고 질소이용률은 토중시비 50%에서 높았으며 토중시비에 의한 시비전량을 작물근접

에 사용할 수 있어 시비질소의 손실률을 크게 감소시켰다.

채소류를 기준으로 할 때 비료사용 후 흡수하는 이용률은 토양조건, 작물 및 비종과 시비법 등에 따라 다르지만 질소 40~60%, 인산 10~20%, 가리 50~70%정도로 질소와 가리이용률에 비하여 인산이용률이 매우 낮은 것으로 알려져 있다¹⁷⁾.

상품성비율 및 수량성

무의 상품성(근중 500 g 이상) 비율은 Fig. 5와 같이 토중시비 100%에서 61.2%, 70%에서 58.4%로 양호하였다.

채소의 수량증가를 위해서 시비는 필수적이며 특히 외형적인 품질의 향상 즉 상품의 분류에 적도가 되는 외적인 크기에 많은 영향을 미친다. Park 등¹⁸⁾은 무의 질소시비량이 증가함에 따라 근경(7~10 cm)이 증가하였고 texture(음식

물을 씹을 때 입안에서 느끼는 단단한 정도)는 엽폭, 엽장, 근경, 근장과 부의상관을 나타낸 반면에 T/R율은 정의상관을 보였으며 시비효과와는 무관하였다.

시비방법 및 질소수준별 무 수량은 Table 7과 같다. 토중 시비 100%, 70%에서 지상부 및 지하부 생육이 양호하였으며, 근경이 굵고 근중이 무거운 관행시비 61.46 Mg ha⁻¹에

비하여 13~37% 증수되었다.

농가에서 일반적으로 발작물재배 때 추비비용은 강우직전 지표면에 시비함으로서 유실 및 용탈이 심하여 시비기준량보다 40% 이상 더 주고 있는 실정이며 추비횟수도 3~5회 이상으로 생산비의 증가요인이 되고 있다. 특히 비닐피복재배에서는 비료유실이 더욱 심하여 비료이용률이 낮을 뿐만 아

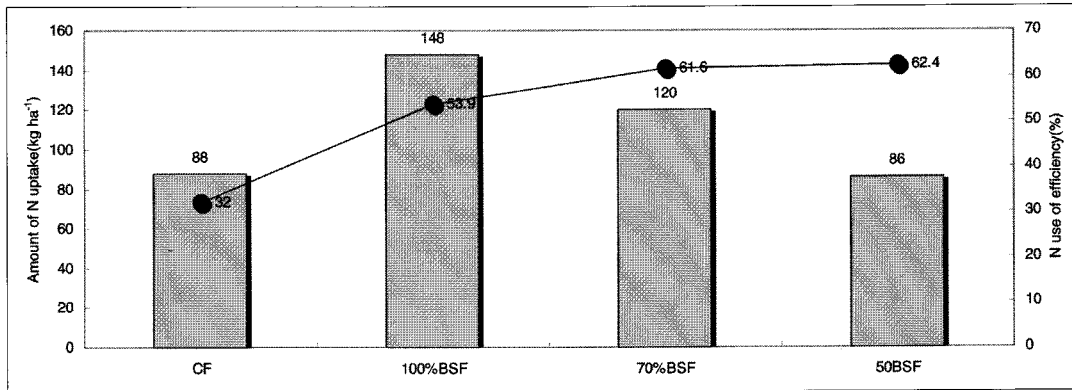


Fig. 4. N utilization and amount of N uptake on fertilization methods.
*CF : Conventional Fertilization, BSF : Banded Subsoil Fertilization.

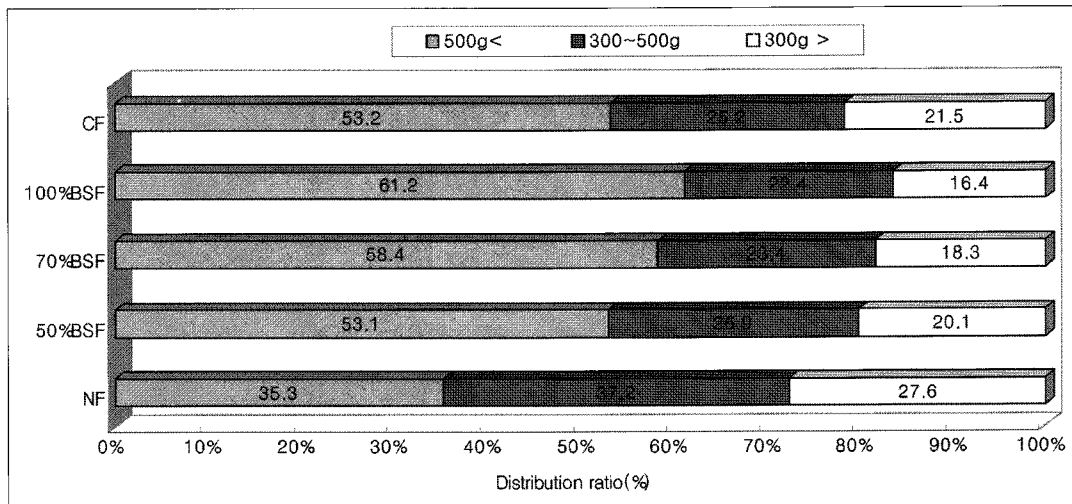


Fig. 5. Distribution ratio of root weight in radish on fertilization methods.
*CF : Conventional Fertilization, BSF : Banded Subsoil Fertilization.

Table 7. Yield and yield components in radish on fertilization methods

Treatment	Leaf number (No. plant ⁻¹)	Root length ----- (cm)	Root diameter -----	RL/RD	Root weight (g plant ⁻¹)	Yield (Mg ha ⁻¹)	Yield index
Control ¹⁾	15.5	18.7	7.7	2.43	737	61.46	100
100%BSF ²⁾	17.9	21.1	9.4	2.24	1,009	84.07	137
70%BSF	17.7	20.3	8.2	2.48	946	79.01	129
50%BSF	16.8	19.5	8.2	2.38	831	69.23	113
Non Fertilization	13.3	15.7	6.6	2.38	446	37.12	60

¹⁾ Control : Conventional Fertilization.

²⁾ BSF : Banded Subsoil Fertilization.

나라 환경오염원이 되고 있다. 토중시비기를 사용하여 시비 효과를 구명한다 추비 전량을 작물근접 토양 중에 시용함으로서 유실을 최소화할 수 있어 1회시용으로 비료 이용률을 증진시킬 수 있으며 시비량을 50% 절감하여도 수량이 감소되지 않아 저 투입 생력재배가 가능하여 밭작물 재배농가의 경쟁력 강화 및 농가소득 향상에 조력할 것으로 기대된다.

요 약

비닐피복작물 재배시 시비효율 증대 및 생력시비기술 확립을 위하여 토중시비기를 개발하였고 1997년부터 1998년까지 2년 동안 이를 이용하여 무를 재배한 후 토양개량, 양분이용률 및 수량성에 미치는 영향을 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

시험 전에 비하여 총질소, 유효인산, 치환성 칼륨 및 칼슘 함량이 많아졌으며 토중시비에서 증가율이 컸으며 토양 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 관행시비에 비해 토중시비에서 시비수준이 높을수록 많았다. 식물체 중 시비질소 흡수량은 토중시비에서 전 생육기간 동안 많았고 질소이용률은 관행시비 32.0%에 비하여 토중시비에서 21.9~30.4% 높았으며 토중시비로 작물근접에 시비가 가능하여 강우에 의한 시비질소의 손실률이 크게 감소되었다. 무 뿌리 개당 500 g 이상의 상품성 비율이 관행시비 53.2%에 비하여 토중시비 70%, 100%에서 58.4~61.2% 높았으며 총수량은 관행시비 61.46 Mg ha⁻¹ 대비 13~37% 증수되었다.

참고문헌

- 楊宗興, 陽捷行. (1991) 土壤から亞酸化窒素發生. 日七肥誌. 62, 654-661.
- 桃木德博. (1994) 淺層地下水の窒素抑制と栽培管理. 環境保全型農業シンポジウム [暖地農業における養分循環の問題點と技術展望]資料. 52-66.
- 熊澤喜久雄. (1994) 環境保全型農業における土壤肥料研究の展望. 環境保全型農業シンポジウム [暖地農業における養分循環の問題點と技術展望]資料. 1-16.
- 加藤英孝. (1994) 黒ボク土の溶質移動現象の理論と肥培管理への適用. 環境保全型農業シンポジウム [暖地農業における養分循環の問題點と技術展望]資料. 32-51.
- 농촌진흥청. (2002) 무 재배기술. 표준영농교본-126.
- 농촌진흥청 농업과학기술원. (2000) 토양 및 식물체 분석법.
- 土壤養分測定法委員會. (1975) 土壤養分分析法. 養賢堂. 189-190.
- 농촌진흥청. (2003) 농업과학기술 연구조사분석기준.
- Barker, A. V. and Maynard, D. N. (1971) Nutritional factors affecting nitrate accumulation in spinach. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 2, 471.
- Barker, A. V., Peck, N. H, and Macdonald, G. E. (1971) Nitrate accumulation in vegetables. *Agron. J.*, 63, 126.
- Brown, J. R. and Smith, G. E. (1966) Soil fertilization and nitrate accumulation in vegetables. *Agron. J.*, 58, 209.
- Maynard, D. N., Barker, A. V., Minotti, P. L, and Peck, N. H. (1976) Nitrate accumulation in vegetables. *Advan. Agro.*, 28, 71.
- Wright, M. J. and Davison, K. L. (1964) Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Advan. Agro.*, 16, 194.
- Cho, S. M., Han, K. W, and Cho, J. Y. (1996) Nitrate reductase activity by change of nitrate from nitrogen content on growth stage of radish. *Korean J. Environ. Agric.* 15(3), 383-390.
- Sohn, S. M. and Oh, K. S. (1993) Influence of nitrogen level on the accumulation of NO_3^- on edible parts of chinese cabbage, radish and cucumber. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 26(1), 10-19.
- 相馬 曉. (1988) 野菜の品質向上と施肥. 1-141.
- Jung, B. G., Choi, J. W., Yun, E. S., Yoon, J. H., Kim, Y. H, and Jung, K. B. (1998) Chemical properties of the horicultural soils in the plastic film houses in korea. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 31(1), 9-15.
- Park, K.W., Fritz, D. (1982) Study on the quality of radish(*Raphanus sativus* L. var. *niger* (Mill.) S. Kerner) part I. Effect of soil moisture, seasons, harvesting period and fertilization on texture of radish. *J. Kor. Soc. Hort Sci.* 23(3), 188-193.