
질소비료 저투입에 의한 우수농산물
간이판정지표로서 주요농작물의 “가식부위내
NO₃⁻함량” 활용가능성에 관한 연구

손상목* 오경석**

STUDY ON UTILITY OF NITRATE CONTENT IN EDIBLE PARTS OF CROPS AS AN
INDICATOR OF SIMPLIFIED JUDGEMENT FOR SUPERIOR AGRICULTURAL PRODUCTS
BY LOW NITROGEN INPUT.

Sang Mok Sohn*, Kyeong Seok Oh**

Abstract

Major vegetables and fruits in Korea are grouped in 3 Categories according to the Concentration of NO₃⁻ content in edible parts of the plant. NO₃⁻ content are high in order fruit < fruits vegetables < leaf vegetables < root vegetables.

NO₃⁻ content of vegetables grown in several nationwide regions showed no meaningful significance, but among the cultivation methods there are some obvious differences, by naked land cultivation, by green house cultivation and by organic agriculture. Organic agriculture products had the lowest value of NO₃⁻ whereas green house products received the highest.

As the amount of N-fertilization increases, the NO₃⁻ accumulation in the edible parts of plant also increase. There are high correlation between N-fertilization rate, yield components and NO₃⁻ accumulation in plant organs.

Finally, it discussed the utility of NO₃⁻ content in edible parts of vegetables as a indicator for proper judgement of agriculture products grown by different rate of N-fertilization.

I. 緒 言

우리나라는 근래에 들어 集約的인 作物栽培의 結果 窒素施肥量이 점차 증대됨으로서(농협중앙회; 1991) 農作物 可食部位內의 NO₃⁻集積量이 더욱 증

가하고 있다. 窒素施肥量 또는 土壤中の 窒素의 含量이 적을 때에는 NO₃⁻가 모두 NH₄⁺로 還元되어 NH₄⁺-assimilation에 이용되지만 다량의 窒素가 施肥 될 때에는 이것이 모두 NH₄⁺로 還元되지 못하므로 細胞內에 NO₃⁻의 형태로 다량 저장된다(Hippe;

* 본 論文은 '91~'92年 韓國科學財團 研究支援(901-1511-060-2)의 一部 研究結果가 包含되었음

** 檀國大學校 農科大學(Coll. of Agriculture, Dan Kook University, Cheon An 330-714, Korea)

1984, 孫; 1990).

收穫後 可食部位內에 含有되어 있는 NO_3^- 濃度가 지나치게 많을 경우 이를 섭취하는 人體에 有害한 성분으로 作用하게 된다(Burton; 1982, Diercks; 1983, Hansen; 1978, Hippe; 1984, Munzert; 1983, Phillips 1971, Selenka 1983). NO_3^- 가 다량 攝取되면 Hemoglobin이 Methemoglobin의 형태로 되어 위험하게 되는데, 유아에 있어서 Hemoglobin 對比 Methemoglobin 比率이 10%에 이르면 筋肉의 弱化등 경미한 靑藍症의 증후를 보이거나 30~40%일 경우 筋肉 弛緩, 靑藍症, 皮膚色 變化, 脈搏 및 呼吸速度가 빨라지는 뚜렷한 증후를 보이며, 40~70%에 이를 경우 심한 靑藍症 症勢(Blue Baby 症狀; 攝取한 음식중의 NO_3^- 가 혈액중의 hemoglobin과 결합하여 methemoglobin을 형성함으로써 hemoglobin이 산소와 결합할 수 없게함으로서 혈액중의 酸素가 감소되어 窒息狀態가 됨) 또는 사망에 이르게도 되며 (Selenka 1983, Phillips; 1971, Ohshima; 1981), 攝取한 NO_3^- 가 消化過程中 nitrosamine 등 발암성 물질을 만들어 낼 가능성도 있다(Bakshi; 1969, Kuntze; 1983, Phillips; 1971).

獨逸의 경우, 一人當 一日 攝取量은 병원음식 45 mg, 가정음식 49mg이며, 가정음식을 기준으로 하였을 때 飲食種類 및 材料中 NO_3^- 를 가장 많이 함유하고 있는 것은 菜蔬로서, 이를 통해 一人當 一日 平均 NO_3^- 攝取量의 72.4%인 35.7mg이나 攝取되고 있다고 하며 肉類, 穀類, 과일, 乳製品등을 통해서는 각각 18.5%, 5.5%, 2.9%, 0.7%로 상대적으로 적은 양이 攝取되고 있을뿐이다(Selenka; 1983).

우리나라의 경우 유럽보다 더욱 많은 菜食을 하고 있을뿐만 아니라 窒素肥料 使用量 역시 네델란드에 이은 세계 2위로 다량의 窒素肥料를 施用하고 있어 菜蔬를 통한 NO_3^- 攝取量이 많으리라 추측되고 있다.

본 연구는 최근의 先進各國의 環境保存型 農業趨勢와 관련하여 첫째, 우리가 주로 食用하고 있는 각종 菜蔬 및 과일의 NO_3^- 의 含量 규명, 둘째, 有機農法, 하우스栽培, 露地栽培 등 재배방법과 재배지역에 따른 主要菜蔬의 可食部位內 NO_3^- 集積量의 차이, 셋째, 窒素施用量에 따른 主要菜蔬의 可食部位

內 NO_3^- 集積量 差異등을 밝힘으로서, 넷째, 窒素肥料 低投入 持續農法에 의한 右手農產物 評價地標로서 NO_3^- 含量의 활용가능성을 살펴보고자 실시되었다.

II. 研究內容 및 方法

供試作物 및 試料採取

各 作物別 可食部位內 NO_3^- 集積量 差異를 규명하기 위한 作物 種類는 葉菜類, 根菜類, 果菜類, 과일류 등 4종류로서 葉菜類로는 상치, 시금치, 썩갯, 쪽파, 양파, 대파, 배추, 양배추, 붉은양배추를 사용하였고, 根菜類로는 당근, 고구마, 무우, 열무를 果菜類로는 오이를 과일류는 레몬, 키위, 바나나, 사과, 금귤을 선택하였다. 試料는 산지에서 직송한 신선한 것을 구입하여 증량을 조사하고 시료를 채취하였다. 可食部位別 NO_3^- 集積量 分析을 위해 배추는 葉柄, 葉身, 전체로 나누었고, 파는 지상부와 지하부로, 오이는 果肉과 果芯으로 바나나, 레몬, 금귤은 속과 껍질로 구분하여 조사 분석하였다.

有機農法, 하우스栽培, 露地栽培 등 栽培方法別 可食部位內 NO_3^- 集積量 差異를 규명하기 위해 오이와 상치 두 종류(청오이, 다다기; 적상치, 청상치)를 재배방법별로 각각 分析試料를 채취하였다. 產地에서 직송된 것을 각 지역 農水產物 都賣市場에서 구입하였으며 오이는 果肉과 果芯으로 구분하여 실시하였다. 재배지별 集積量 차이를 위한 供試作物로 오이는 다시 백다다기 오이와 청오이를, 상치는 적상치와 청상치를 각 品種當 5개 主要栽培地域의 試料를 採取하였다.

窒素施肥量 증가에 따른 主要 菜蔬의 可食部位內 NO_3^- 含量 차이를 규명하기 위해 Pot당 9kg의 모래와 9kg의 熟田土壤(pH 5.1, 유기물 1.6%, 인산 250ppm, 규산 250ppm, C.E.C. 9.6me/100g)을 넣고 인산 4g, 칼리 7.5g 및 各種 無機成分(孫: 1986)을 혼합처리하였다. 窒素는 NH_4NO_3 의 형태로 5개 처리수준을 두어 pot당 0, 1, 2, 4, 8g 사용하였으며, 4g까지의 處理區는 전량을 모두 基肥로 사용하고 8g 處理區는 追肥로서 8葉期에 각각 分施하였다. 葉菜類로는 서울배추를, 根菜類인 무우는 한

올대형을 각각 供試品種으로 사용하였으며, 처리당 5反復으로 실시하였다. 收穫適期에 各作物別로 收量調査 및 試料를 채취하였다.

NO₃⁻ 分析方法

채취된 NO₃⁻分析用 시료는 냉장고(4℃)에 밀폐 보관하였다가 2~3일 이내에 均質化시킨 후에 ionselective electrode와 reference electrode를 이용한 Przemek 등의 방법(1991)에 준하여 3反復으로 분석하였다. 生育特性 및 收量構成要素 調査는 農村振興廳 農事試驗事業 調査基準(1983)에 준하였다.

Ⅲ. 實驗結果 및 考察

I) 各作物別, 栽培方法別, 栽培地別 可食部位內 NO₃⁻ 集積量 差異

표 1은 主要 農作物의 可食部位內 NO₃⁻集積量을 作物群別로 구분하여 나타낸 것이다. 根菜類中 가장 높은 NO₃⁻集積量은 무우의 2101ppm이었고 당근은 285ppm, 고구마 42ppm으로 상당히 낮았다. 葉菜類는 썩갓과 시금치가 높아 각각 1786ppm, 1575ppm 이었으며 상치와 붉은 양배추는 각각 720ppm, 530ppm으로 그 다음 그룹이었으며, 葉菜類中 가장 낮은 作物은 양파로서 45ppm이었다. 果菜類인 오이에서는 가늘고 짧은 품종(다다기오이)이 비교적 높은 集積을 보여 果芯 253ppm, 果肉 333ppm인 반면, 크고 긴 큰 품종(가시오이)은 낮은 수치로 果芯 52ppm, 果肉 149ppm이었다. 특히 오이는 果芯과 果肉을 구분하여 集積量을 비교할 때 果芯보다 果肉에서 集積量이 3.4배 이상 높았다. 이상의 각종 채소의 NO₃⁻함량은 대체로 Wehrmann (1984)의 結果와 일치하거나 다소 높은 傾向이었다.

〈표 1〉 주요 과수와 채소의 가식부위내 NO₃⁻ 집적량

작목군	작목(또는 가식부위별) 및 NO ₃ ⁻ 집적량(ppm/FW)										
과일류	바나나		금 굴		레 몬		키 위		사 과		
	과육		과피		과육		과피				
(46)	103	65	23	32	49	30	21				
과채류	다다기 오이				가시오이						
	과육		과심		과육			과심			
(197)	333		253		149			52			
엽채류	썩갓	시금치	상치	대파	쪽파	양배추	붉은양배추	양파	베추**	열무	
	(668)	1786	1576	720	410	62	163	530	45	1099(56-3664)	290
근채류	무우**				당근			고구마			
	(809)	2101(99-3449)				285			42		

* 3반복의 분석치의 평균임

** 베추, 무우의 경우 질소수준별 시비 시험의 결과 가식부위내 최고, 최저치의 평균임

과일중 가장 많은 集積量을 보인것은 바나나가 103ppm이었으며, 그 다음으로는 금굴의 果皮 65ppm, 果肉 23ppm을 나타내었다. 레몬은 果皮 49ppm, 果肉이 32ppm, 키위 30ppm으로 금굴과 비

슷하였으며, 사과 20ppm으로 조사과일중 가장 낮은 수준이었다.

葉菜類, 根菜類, 果菜類, 과일류 등 各 作物間의 NO₃⁻함량의 평균은 표 2에서 알 수 있는 바와 같

이 과일류 46ppm, 果菜類 197ppm, 葉菜類 668ppm, 根菜類 809ppm 순으로 높았다. 가장 많은 集積을 보인 것은 根菜類이며 가장 낮은 集積을 보인 것은 과일류였다. 根菜類 및 葉菜類에서 NO₃⁻集積量이

높은 것은 窒素의 吸收, 同化, 貯藏器官인 뿌리, 잎 부분이 對象作物의 뿌리, 잎부분로서 可食部位이기 때문이다.

〈표 2〉 NO₃⁻ 함량(ppm/FW)수준별로 구분한 각종 과일류, 과채류, 엽채류, 근채류

작목 종류	저 수준의 NO ₃ ⁻ 함량 (100ppm 이하)	중간 수준의 NO ₃ ⁻ 함량 (101-1000ppm)	고 수준의 NO ₃ ⁻ 함량 (1000ppm 이상)
과 일 류	사과	바나나	
	금귤		
	레몬		
	키위		
과 채 류		오이	
엽 채 류	양파	상치	쭈갓
	쪽파	대파	시금치
		양배추	배추
		붉은양배추	
근 채 류	고구마	당근	무우

한편, 栽培方法에 따른 主要 菜蔬의 可食部位內 NO₃⁻集積量의 차이는 표 3, 4와 같다. 오이의 경우 露地栽培 259ppm, 하우스재배 206ppm, 有機農法 149ppm으로서 유기농업에서 제일 낮았고 노지재배에서 제일 높았다. 한편 果芯의 경우는 栽培方法別 集積量의 差異가 거의 없었다. 백다다기의 경우, 果肉부분의 NO₃⁻集積量은 하우스에서 재배된 백다다기가 267ppm으로 가장 높았으며 有機農法에 의해 재배된 백다다기의 NO₃⁻集積量이 158ppm으로 가장 낮게 나타났다. 露地에서 재배된 백다다기의 NO₃⁻

露地栽培의 경우 청오이 可食部位內 NO₃⁻集積量이 높은 까닭은 伴行적인 窒素肥料의 過多한 施用과 土壤內의 NO₃⁻過多集積때문으로 사료된다.

표 4에서 보는 바와 같이 상치의 品種別, 栽培方法別에 따른 NO₃⁻集積量은 하우스내에서 재배된 청상치에서 가장 높은 1325ppm을 보였으며, 有機農法에 의해 재배된 것이 가장 낮은 241ppm으로 하우스에서 재배된 청상치에 비해 1/4수준이었다. 이와 같은 양상은 오이와 마찬가지로 周年栽培로 인한 하우스내의 窒素의 過剩供給으로 인한 것으로 보이며 有機農法에 의해 재배되었던 청상치는 完熟된 有機質肥料로 窒素가 공급되어 NO₃⁻集積量이 낮은 것으로 생각되어 진다.

〈표 3〉 오이의 재배형태별 NO₃⁻ 집적량(ppm/FW) 차이

품종	부위	노지재배	하우스재배	유기농법
청오이	과 육	259	206	149
	과 심	35	38	32
백다다기	과 육	201	267	158
	과 심	52	29	34

集積量은 201ppm으로 하우스재배보다는 낮았으나

〈표 4〉 상치의 재배형태별 NO₃⁻集積量 차이

구 분	노지재배	하우스재배	유기농법
청상치	989	1325	241
적상치	1801	1050	1418

栽培地別 可食部位內 NO₃⁻含量의 차이를 알아보

기 위해 오이와 상치를 대상으로 全國의 5개 주요 산지별로 조사 분석한 결과를 나타낸 것이 표 5이다. 백다다기의 果肉 NO₃⁻集積量은 調査地域中 고흥 오이가 356ppm으로 가장 높게 나타나 가장 낮은 천안의 134ppm에 비해 2.6배 이상 높았고, 果芯의 NO₃⁻集積量은 果肉에 비해 아주 낮았을 뿐만 아니라, 地域別로도 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데 천안지역의 NO₃⁻集積量이 25ppm으로 역시 가

장 낮았다. 청오이에서의 部位別 NO₃⁻集積量은 역시 果肉이 果芯에 비해 무척 높았다. 果肉 部位의 NO₃⁻集積量은 地域別로 큰 差異를 보여 전남 고흥이 506ppm으로 가장 높아, 가장 낮은 경남 마산의 86ppm에 비해 5.8배나 높았으나 果芯의 NO₃⁻集積量은 地域的 差異가 거의 없었으나 그중 경남 마산 지역에서 栽培된 것이 19ppm으로 특히 낮았다.

〈표 5〉 오이의 둘레길이, 과장, 과중 및 NO₃⁻集積量(ppm/FW)차이

재배지역	둘레길이 (cm)	과장 (cm)	과중(g)		NO ₃ ⁻ 集積量(ppm/FW)	
			전체	과심	과육	과심
백다다기						
경기 안성	10.2	21	119	20	162	47
충남 천안	9.7	21	127	25	134	25
충남 창리	10.2	14.8	86	17.9	142	41
전남 구례	10.7	21.5	131	23.7	308	49
전남 고흥	11	20	160	32	356	44
청오이						
경기 광주	11.5	26.7	210	51	339	38
경남 마산	10.7	25	161	29	86	19
전남 산동	10	25	161	23	137	39
전남 구례	10.6	25	144	24	94	44
전남 고흥	13.5	29.6	290	55	506	49

표 6은 적상치의 NO₃⁻集積量의 地域的인 差異를 調査한 것이다. 적상치의 NO₃⁻集積量은 오이에 비해 높았으나 충남 천안 807ppm, 경기 양평 1114ppm, 경기 하남 2774ppm, 경기 의왕 2755ppm, 경기 구리 3192ppm으로 地域的인 차이가 컸다. 가장 낮은 지역에 비해 가장 높은 경기 구리의 경우 3.9배나 높았으나 가장 낮은 천안의 적상치는 텃밭을 이용해서 小規模로 栽培된 것으로서 化學肥料 形態의 窒素施肥가 없었기 때문에 사료된다. 청상치 또한 地域別 NO₃⁻集積量의 差異가 큰 것으로 調査되었는데, 가장 높은 경기 구리 3944ppm은 가장 낮은 경기 의왕 177ppm에 비해 19.4배 높았다. 調査地域中 구리시, 하남시, 의왕시의 것은 有機農法栽培 商標가 붙어 百貨店에서 販賣되는 것으로

하남시, 의왕시의 것은 546ppm과 177ppm으로 월등히 낮았으나, 구리시의 有機農法栽培 오이는 3944ppm으로 調査地域中 가장 높아 有機農法으로 栽培되지 않은 것으로 推定된다.

〈표 6〉 재배지역별 적상치의 NO₃⁻집적량(ppm/FW)차이

	적상치		청상치	
	NO ₃ ⁻ 집적량(ppm/FW)		NO ₃ ⁻ 집적량(ppm/FW)	
충남 천안	807	서울	세곡	1152
경기 양평	1114	경기	양평	2100
경기 하남	2774	경기	하남	546
경기 의왕	2755	경기	의왕	177
경기 구리	3192	경기	구리	3944

결론적으로 農産物의 可食部位內 NO_3^- 含量은 재배지역별로 큰 차이가 있었으나 栽培地域과는 전혀 무관한 것으로 판단되며 오히려 農作物의 栽培方法과 環境條件에 좌우된 것으로 판단된다. 즉 窒素肥料의 施用量, 土壤中 窒素含量, 有機物로부터 공급되는 窒素, 土壤의 理化學的 性질등 제반 재배 환경조건이 그 요인이 될 수 있다고 사료된다.

II) 窒素施肥水準에 따른 主要 菜蔬의 可食部位內 NO_3^- 含量 差異에 관한 研究

窒素施肥량과 배추의 生育 및 收量關係를 나타낸

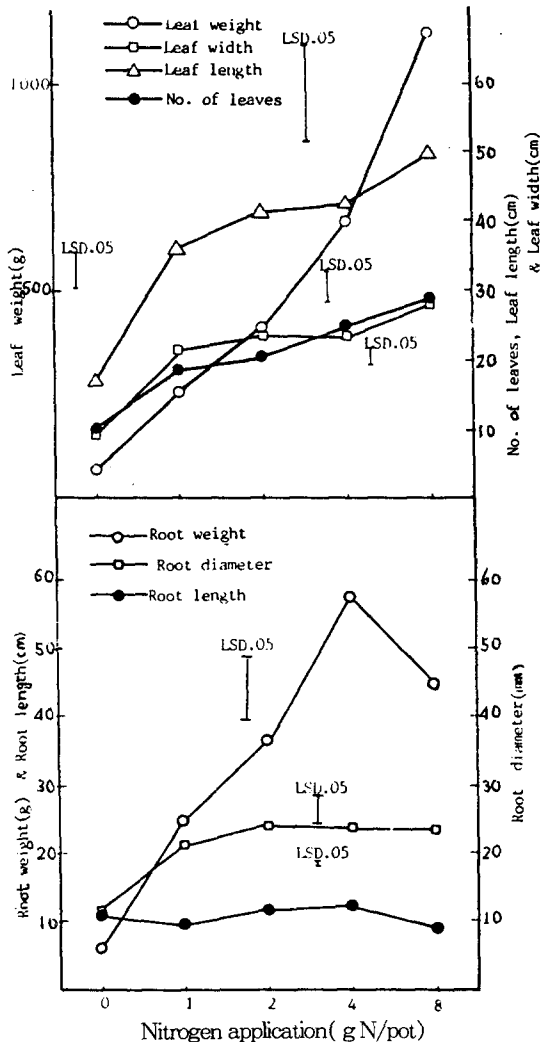


그림 1. 질소시비수준별 배추 생육의 차이

것이 그림 1이다. 葉數, 葉長, 葉幅은 無肥區에 비하여 窒素施肥區에서 컸고 施肥量이 늘어날수록 증가하였으나 2g이상의 窒素 處理區들에서 그 증가 폭은 극히 완만하였다. 그러나 배추의 可食部位 收量인 地上部 生體重은 窒素施肥量이 증가함에 따라 직선적으로 급격히 증가하여, 2g施用區 411.3g에 비해 4g施用區 678.7g, 8g施用區에서 1125.0g으로 각각 1.7배, 2.7배나 증가하였다. 地下部 根長, 根直徑은 窒素施肥水準間에 거의 차이가 없었으나 根重은 窒素施肥量이 증가할수록 증가하였으며 根重의 경우 다만 窒素 8g施用區에서는 오히려 減少하는 傾向이었다.

窒素施肥量 增加에 따른 可食部位別 NO_3^- 含量은 그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 外部葉이 内部葉에 비해 다소 높은 경향이였다. 窒素 低水準 즉, 2g施用區까지의 外部 및 内部葉의 葉身, 葉柄은 모두 거의 비슷하게 낮은 NO_3^- 含量을 나타냈으나, 4g, 8g施用區 등 窒素過多處理區의 경우 外部 및 内部葉 공히 葉柄部位가 葉身に 비해 상당히 높았으며, 8g施用區 外部葉의 경우 葉柄의 NO_3^- 集積量이 급격히 증가하였으며 可食部位別로는 葉身에서 4.5배, 20.2배, 葉柄의 경우 9.4배, 79.7배 많았고, 内部葉의 경우 葉身은 10.3배, 28.2배, 葉柄은 34.8배,

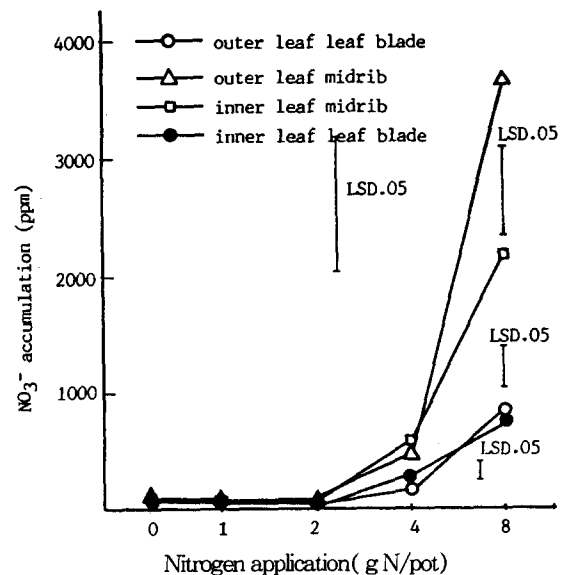


그림 2. 질소시비수준별 배추 가식부위내 NO_3^- 집적량의 차이

130.3배나 높았다. 한편 최고의 NO₃⁻함량은 8g 施用區 外部葉 葉柄에서 3664ppm으로 나타났다. 배추의 可食部位別 NO₃⁻함량은 窒素의 施用量이 증가할수록 많아져 内部葉의 경우 17ppm에서 2176ppm까지, 外部葉의 경우 38ppm에서 3664ppm으로 증가하였는데, 이는 배추의 NO₃⁻함량이 1000ppm 내지 4000ppm 이었다는 Möhler(1982)의 보고와 거의 일치하였다. NO₃⁻集積量은 2g 施用수준에서는 별 차이가 없었으나 2g 이상 施用區들에서 葉身에 비해 葉柄에서 급격히 높아져 過多한 窒素施肥의 경우 주로 葉柄部位에 많이 集積됨을 알수 있었다. 또한 4g 이상의 窒素施肥時 可食部位인 지상부 生體重 증가폭보다 NO₃⁻集積量 증가가 훨씬 컸는데 이는

셀러드(Hippe; 1984)와 비슷한 경향이였다. 50ppm 이상의 NO₃⁻가 함유된 음식을 食用하면 청람증의 우려가 있고(Finck; 1979), 菜蔬 1kg당 2000mg 즉, 2000ppm을 초과해서는 안된다는 주장(Anon; 1985, Anon; 1985₂ 김; 1989)을 고려할 때 過多한 窒素施肥는 바람직하지 않다고 판단되었다. 배추 葉柄의 두께와 NO₃⁻함量間에 正의 相關關係가 인정되어 葉柄 두께가 두꺼울수록 NO₃⁻함量이 많은 것으로 나타나, 葉柄 두께가 얇은 在來의 朝鮮배추를 대체하여 널리 栽培되고 있는 葉柄이 두꺼운 新品種들은 NO₃⁻過多集積의 여지를 더욱 크게 하는 것으로 사료되었다.

표 7에서와 같이 窒素施肥量과 배추의 葉數, 葉

〈표 7〉 배추 가식부위내 NO₃⁻ 집적량과 배추 수량구성요소간의 상관관계

	NO ₃ ⁻ application	NL	LL	LW	Y	RL	RW	DR	NOM	NOL	NIM
No.of Leaves	0.837**										
Leaf length	0.758**	0.893**									
Leaf width	0.729**	0.838**	0.959**								
Yield	0.936**	0.906**	0.827**	0.783**							
Root length	-0.212	-0.015	-0.080	-0.144	-0.135						
Root weight	0.676**	0.877**	0.807**	0.762**	0.748**	0.195					
Diameter of root	0.498*	0.764**	0.774**	0.711**	0.578**	0.093	0.769**				
NO ₃ ⁻ accum. of outerleaf midrib	0.851**	0.600*	0.561*	0.566**	0.755**	-0.288	0.356	0.158			
NO ₃ ⁻ accum. of outer leaf leafblade	0.765**	0.548*	0.502*	0.440*	0.798**	-0.269	0.301	0.299	0.651**		
NO ₃ ⁻ accum. of inner leaf midrib	0.840**	0.532*	0.459*	0.488*	0.704**	-0.121	0.325	0.177	0.835**	0.696**	
NO ₃ ⁻ accum, of inner leaf leaf blade	0.914**	0.732**	0.538*	0.478*	0.826**	-0.186	0.516*	0.333	0.808**	0.727**	0.826**

*, ** : Significant difference at .05 and .01 levels of proability, respectively

長, 葉幅, 地上部, 生體重, 內部 및 外部葉의 葉柄, 葉身의 NO_3^- 含量 등은 각각 相互間에 高度의 正相關을 나타냈으며, 이들 形質과 根長은 否의 相關을 나타냈으나 유의성은 인정되지 않았다. 한편 根重, 根直徑은 葉數, 葉長, 葉幅, 地上部 生體重과는 正의 相關이 인정되었으나 可食部位別 NO_3^- 含量과는 相關關係가 인정되지 않았다.

그림 3은 수확된 무우의 株當 葉數, 葉長, 葉重, 根長, 根直徑, 根重을 나타낸 것이다. 株當 葉數는 2g 施用區 19.0개에 비해 8g 施用區 21.0개로 조금 늘어났으나 窒素施肥水準別로 뚜렷한 차이가 없었으나, 葉長은 30.3cm에서 40.3cm로 1.3배, 葉重은 84.20g에서 179.07g으로 증가되어 2.1배 이상 무거웠다. 根長, 根直徑은 완만하게 증가하였으나 根重은 4g 施用區까지 급격히 증가하였으나 8g 施用區에서는 根重, 根直徑이 2g 施用區보다 오히려 감소하였다.

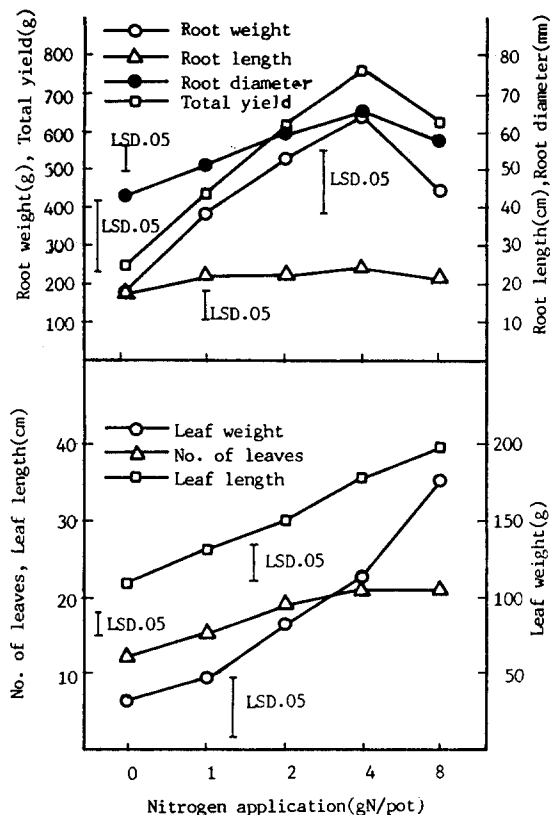


그림 3. 질소시비수준별 무우 생육의 차이

무우의 根地上部와 根地下部の NO_3^- 集積含量은 그림 4에서 알수 있는바와 같이 窒素施肥量이 증가할수록 증가하여 根地下部는 0g, 1g, 2g, 4g, 8g 施用區에서 114ppm, 200ppm, 486ppm, 1875ppm, 2521ppm으로 증가한 반면, 根地下部는 84ppm, 446ppm, 806ppm, 2232ppm, 3449ppm으로 더욱 많이 증가하였으며 모든 처리구에서 根地上部가 根地下部보다 NO_3^- 含量이 높았다. 無肥區에서 根地下部の NO_3^- 含量은 根地上部보다 높았으나 窒素시용량이 증가할수록 根地上部の NO_3^- 集積量이 급격히 증가하여 根地上部 대 根地下部 NO_3^- 含量 차이는 4g 施用區 1.2:1, 8g 施用區 1.4:1로 역전되어 根地上部가 많아지는 양상을 나타냈다. 根地上部 및 根地下部 즉, 근부에서는 0g 施用區에 비해 窒素시용량이 증가할수록 거의 직선적인 증가추세를 보이며 약 2배내외로 증가한 반면, 葉身 및 葉柄, 즉 무우 줄기와 엽에서는 2g 시용수준까지 施肥量이 증가할 때 완만히 증가하다가 2g 이상의 施肥水準에서 급격히 증가하는 양상을 나타냈다. 葉身, 葉柄 모두 窒素시용량 증가와 더불어 NO_3^- 含量이 증가하였으며 葉身은 무처리 148ppm에 비해 최고 21.7배까지, 葉柄은 107ppm에 비해 최고 22.2배까지 증가하여 3209ppm, 2381ppm으로 NO_3^- 集積量이 격증하였다. 葉身과 葉柄의 NO_3^- 含量은 葉身이 葉柄보다 각 처리구에서 1.3배 내지 2.6배 정도 높았다. 무우 可

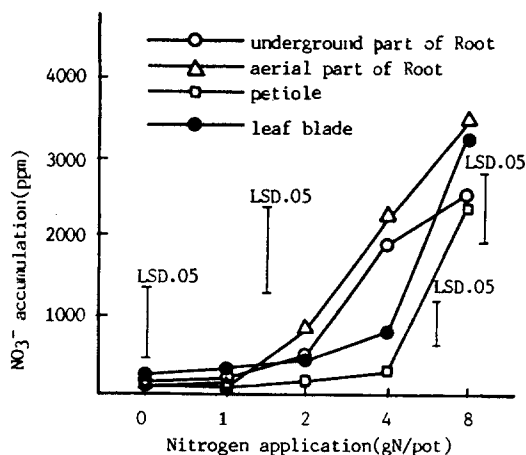


그림 4. 질소시비수준별 무우 가식부위내 NO_3^- 집적량의 차이

食部位中 최고의 NO₃⁻含量은 3449ppm으로서 8g 施用區 根地上部에서 나타났으며, 이는 0g 施用區 根地上部の 85ppm에 비해 40.8배나 많은 集積量이었다.

무우의 可食部位中 근부 NO₃⁻集積含量은 窒素施肥量이 증가함에 따라 根地上部는 85ppm에서 3449ppm으로 40.8배, 根地下部는 114ppm에서 2521ppm으로 22.1배나 급격히 증가하였는데 이는 콜라비根部(Hippe; 1984)의 증가폭 70배(20-1400ppm)보다는 낮았으나 절대치는 최고 2.5배나 높았다. 모든 처리구에서 根地上部가 根地下部보다 NO₃⁻含量이 높은 것은 사탕무우(Altay; 1984)와는 정반대의 현상이었으나 당근(Wiebe and Behr; 1987)과는 같았다. 窒素시용량을 ha당 0, 100, 200kg 증가할 때 NO₃⁻

含量이 219ppm, 360ppm, 432ppm으로 증가한 당근(Manss and Manss; 1989)에 비해 무우의 NO₃⁻集積量이 훨씬 더 많이 증가되었음을 알 수 있었다. 葉身과 葉柄의 NO₃⁻含量 역시 窒素施肥量이 증가할수록 증가하는 경향이었으며 葉身이 葉柄보다 각 처리구에서 높았는데 이로 미루어 NO₃⁻가 葉柄보다 葉身內에 더 많이 集積되어 Reserve됨을 알 수 있었다. 무우에 있어 窒素施肥量 증가에 따른 葉數, 根長 및 葉長의 증가폭은 미미하나 根重, 葉重의 증가가 뚜렷한 것과 무우의 可食部位인 根地上部, 根地下部, 葉身, 葉柄에서의 NO₃⁻含量이 1g 시용수준까지 완만히 증가하다가 그 이상의 施肥수준에서 급격히 증가한 것으로 보아 窒素 過多施用이 무우에서도 극히 바람직하지 않다고 사료된다.

〈표 8〉 무우 가식부위내 NO₃⁻ 집적량과 무우 수량구성요소간의 상관관계

	NO ₃ ⁻ application	LW	NL	LL	RW	RL	DR	TY	NUR	NAR	NAL
Leaf weight	0.915**										
No. of leaves	0.768**	0.863**									
Leaf length	0.888**	0.846**	0.801**								
Root weight	0.401	0.539*	0.710**	0.574**							
Root length	0.269	0.482*	0.604**	0.465*	0.865**						
Diameter of root	0.439	0.481*	0.637**	0.502*	0.910**	0.696**					
Total yield	0.572**	0.658**	0.701**	0.653**	0.904**	0.305	0.273				
NO ₃ ⁻ accum.of underground part of root	0.851**	0.874**	0.804**	0.819**	0.387	0.856**	0.876**	0.157			
NO ₃ ⁻ accum.of aerial part of root	0.909**	0.864**	0.806**	0.854**	0.358	0.237	0.314	0.149	0.960**		
NO ₃ ⁻ accum.of 0.868** leaf blade		0.850**	0.571**	0.744**	0.226	0.241	0.217	-0.056	0.766**	0.750**	
NO ₃ ⁻ accum.of 0.863** Petiole		0.840**	0.538*	0.721**	0.098	0.104	0.096	0.048	0.740**	0.763**	0.763**

*, ** : Significant difference at .05 .01 levels of probability, respectively

무우의 收量構成要素와 可食部位別 NO_3^- 含量間의 相關關係는 표 8과 같다. 窒素施肥量은 根重, 根長, 根直徑을 제외한 모든 收量構成要素 및 各 可食部位別 NO_3^- 含量과 상관관계가 인정되었으며 根地上部, 根地下部, 葉身, 葉柄의 NO_3^- 含量은 葉重, 葉數, 葉長 상호간에 高度의 정상관 관계가 인정되었다.

8g 施用區에서 무우의 경우 根長, 根直徑, 根重이 4g 施用區에서 보다 오히려 감소한 것은 窒素過多 施用시 NO_3^- 및 NO_3^- Reduction 산물인 NH_4^+ 過多集積으로 N- 및 C-Assimilation까지 coordinate되어 inhibition됨으로서(Ramamurthy; 1981, Sohn; 1986) 窒素過多施用區에서 可食部位內의 NO_3^- 集積量은 높아지고 이들 생육특성 또는 수량구성요소가 감소된 것으로 사료된다. 또한 高窒素施肥時 可食部位內 NO_3^- 集積量이 급격히 증가하는 것은 作物體가 DNA에 소유하고 있는 NO_3^- -Reduction 및 NH_4^+ -Assimilation 능력보다 NO_3^- 의 influx가 지나치게 많아 결국 可食部位內에 集積(Kückke; 1985, 孫; 1985, 손; 1990)된 것으로 보인다. 이는 過多하게 NO_3^- -Reduction 반응산물인 NH_4^+ 및 NH_4^+ Assimilation의 최종산물인 amino acid의 過多集積으로 인한 feedback mechanism에 의해 NO_3^- -Reduction을 저해(Hartmann; 1982, Kuntze; 1983, 孫; 1985, Tolbert; 1971)받았기 때문으로 사료된다. 그리고 窒素過多 施肥時 菜蔬 可食部位의 Vitamine C含量이 감소하며 人體에 유해한 oxalacid 및 nitrosamine(Finck; 1979, Kappel; 1985), nitrosamine과 nitrosamide 등(Borneff; 1982, Crampton; 1980, Magee; 1983, Ohshima; 1981)의 含量이 증가한다고 알려져 있어 장차 이에 대한 자세한 연구검토가 필요하다고 사료된다.

Ⅲ) 栽培方法 및 窒素肥料 低投入 持續農法에 의한 優秀農產物 평가지표로서의 “可食部位內 NO_3^- 含量” 활용에 관하여

韓國農業은 지난 1세기 이래 여러가지 技術革新으로 生産性を 향상시켰으며 세계에서도 유래가 드문 集約的인 農業의 발전을 이룩하여 왔다. 그러나 化學肥料를 過剩投入하는 현재와 같은 농업생산 방

법은 地下水의 汚染, 土壤의 酸性化, 人體內의 有害 등의 악영향을 유발하고 있어 현재와 같은 농업생산방법은 생태적으로 뿐만 아니라 경제적, 사회적으로도 장차 비판의 대상이 될 것으로 보인다.

표 9는 최근 우리나라의 耕地面積 및 窒素肥料 消費量의 년도별 추이를 나타낸 것이다. 1990년 현재 논과 밭의 경지면적은 총 215만ha로서 1984년의 218만ha에 비해 약 3.3% 감소하였으나 窒素質 肥料 使用量은 1984년의 39만에서 1990년에는 56만으로 오히려 43% 이상 증가하여 窒素質 肥料의 過多施用의 경향이 더욱 심각해지고 있는 것으로 나타나고 있다. 近來의 이 같은 化學肥料와 農藥의 사용증가가 食糧增産에 기여한 것은 사실이나 有機物 공급없이 化學肥料만을 투입할 경우 環境汚染을 초래하고 可食部位內 NO_3^- 集積量의 증가로 국민건강도 위협하게 되므로 지나친 化學肥料의 사용을 자제하고 有機物의 사용을 늘려나가는 방향의 새로운 농법으로의 전환이 역설되고 있다(柳; 1992, 孫; 1991, Kolbe et al; 1989, Manss & Manss; 1989, Nielson & Lee; 1987, Oh; 1991). 안정성 있는 優秀農產物을 생산케 하고 環境과 생태계의 보존 및 農土의 地力 增進에 기여할 수 있는 低投入 持續農業의 研究가 大學 및 農村振興廳 등 연구기관에서 활발히 진행하여 지금이야 말로 韓國農業을 環境保全과 農業生産活動을 양립시켜 지속 가능한 방향으로 전환하여야 할 시점에 놓여있다.(孫, 韓: 1993)

최근 EC 및 美國 등 先進 農業國에서의 이미 실시되고 있는 食水の NO_3^- 許容基準 제정과 食水 취수원의 주변 농경지에서의 窒素肥料施用의 엄격한 제한은 두말할 것도 없이 NO_3^- 攝取量을 줄여 보려는 것에 그 목적이 있다고 할 것이다. 일인당 일일 NO_3^- 攝取量中 獨逸의 경우 49mg(Selenka 1983)으로 알려져 있다. 이 중 菜蔬를 통해 72.4%인 35.7mg이나 섭취되고 있는데, 우리나라의 主要 菜蔬인 배추, 무우는 본 연구결과에서 알 수 있는 바와 같이 NO_3^- 를 多量으로 함유하고 있는 菜蔬類 일 뿐만 아니라 질소시비량에 따라 可食部位內 NO_3^- 集積量이 직선적으로급격히 상승(그림 2, 4참조)하는 경향을 나타내는 채소에 속한다. 더군다나 우리나라는 세계에서 窒素肥料 使用量이 네덜란드 다

음으로 가장 많은 나라에 속하여 可食部位內 NO₃⁻ 多量攝取가 무엇보다 문제가 되는 국가라고 판단된다. 식수 NO₃⁻ 한계치보다 더욱 절실하고 긴급히 요청되는 분야가 農産物의 可食部位內 NO₃⁻ 含量에 대한 연구와 NO₃⁻를 過多 攝取할 경우의 人體에 미치는 위험정도를 연구하는 분야라고 생각되는 이유가 여기에 있다.

식물체가 갖고 있는 窒素의 Turnover Capacity를 초과하는 窒素가 외부로부터 공급되었을 때 과잉의 窒素가 식물체내에 일시 저장되어 있는 것이 바로 식물체내 NO₃⁻ 含量으로, 농작물 재배시 窒素肥料을 얼마나 사용하였는지(즉 過剩, 過定, 不足與否) 가장 정확하게 나타내는 지표가 바로 식물체내 NO₃⁻ 含量인 것은 이미 알려진 바와 같다(孫;1990, Manss & Manss;1989, Wehrmann & Scharpf;1984, Kolbe et al;1989). 또한 작목별로 可食部位內 NO₃⁻ 含量의 차이가 뚜렷하여 NO₃⁻ 含量이 높은 農産物(1000ppm이상), NO₃⁻ 含量이 중간수준인 農産物(101-1000ppm), NO₃⁻ 含量이 낮은 農産物(100ppm 이하)이 있음은 이미 본고의 첫부분에서 논한 바와 같다. 農産物의 NO₃⁻ 含量차이는 첫째 作物에 따라서 달라질 수 있으며(作物 種 또는 品種의 遺傳的 差異), 둘째 같은 식물체내에서도 부위별로 달라질 수 있으며(果實 또는 種實, 葉, 莖, 뿌리, 塊根 및 塊莖), 셋째 작물의 재배환경조건에 따라서(光, 溫度, 水分, 土壤內 養分, 肥料施肥量) 달라질 수 있다.

일일 NO₃⁻ 攝取량을 최소화하기 위해서는 섭취하는 農産物의 可食部位內 NO₃⁻ 含量이 적어야 하겠으나 이를 위해서는 첫째, 可食部位 중에서 NO₃⁻ 가 많은 부분의 면적 또는 중량을 줄여 나가는 방향으로의 품종육성 등의 방법을 동원할 수 있겠다. 배추의 경우 可食部位中 葉柄의 NO₃⁻ 含量이 대단히 높아 장차 葉柄의 두께가 얇고 葉柄이 짧은 조선배추와 같은 재래종과 유사한 계통의 品種開發이 필요한 것이다. 둘째, 窒素施肥量이 증가할수록 수확량은 증가하나 NO₃⁻ 含量 역시 비례적인 증가를 보이므로 앞으로는 農産物의 등급이 무게나 크기외에 可食部位의 NO₃⁻ 含量등과 같은 質的인 면도 고려하는 방향으로 바뀌어져야 할 것이다. 예를 들면 低投入 持續的 農法 또는 有機農法에 의한 優秀農産

物의 품질보증의 Parameter에 可食部位內의 NO₃⁻ 含量을 표시케 함으로서 과연 肥料의 投入量이 얼마인지를 소비자가 추측하여 알 수 있는 체제를 마련토록 하여야 할 것이다. 이를 위해서는 앞으로 각 작목별, 재배조건별로 체계적인 보완 연구가 필요하다고 사료된다. 참고로 NO₃⁻ 含量程度을 간이적으로 측정하여 즉시 알 수 있도록 고안된 저가의 휴대용 NO₃⁻ 簡易分析機가 있음은 이러한 제도의 정착에 도움이 될 것으로 보인다.

우수農産物의 품질보증의 Parameter에 NO₃⁻ 含量을 표기토록 하는 것은 이밖에도 窒素過多施肥로 인한 地下水 汚染등의 環境汚染을 방지하고, 不良低級 有機農産物의 橫行防止라는 環境保存的 農業 유도라는 측면의 효과도 기대할 수 있다고 판단된다.

IV. 摘 要

각종 농작물의 NO₃⁻의 含量을 규명하고, 有機農法, 하우스栽培, 露地栽培 등 재배방법과 재배지역에 따른 주요 菜蔬의 可食部位內 NO₃⁻ 集積量의 차이와 窒素施用量에 따른 주요 菜蔬의 可食部位內 NO₃⁻ 集積量 차이를 밝힘으로서 窒素肥料 低投入 持續農法에 의한 優秀農産物 평가지표로서 NO₃⁻ 含量의 활용성에 관하여 논하였다.

1) 작목별 NO₃⁻ 平均集積量은 과일(46ppm) < 果菜類(197ppm) < 葉菜類(668ppm) < 根菜類(809ppm)의 순으로 높았으며, 과일보다는 菜蔬에 NO₃⁻가 다량 集積되어 있었다. 葉菜類에서 썩갯이 1786ppm으로 가장 높았으며 양파가 45ppm으로 가장 낮았다. 根菜類에서는 무우가 2101ppm으로 가장 높았고 고구마가 42ppm으로 가장 낮았으며, 과일의 경우 바나나가 102ppm으로 가장 높았고 사과가 21ppm으로 가장 낮았다.

2) 재배형태별 可食部位內 NO₃⁻ 集積量은 오이, 상치 모두 有機農業 < 露地栽培 < 하우스栽培의 순으로 높았다. 오이의 부위별 NO₃⁻ 集積量은 果芯에 비해 果肉에서 높았으며 오이의 부위별 NO₃⁻ 集積量은 果芯에 비해 果肉에서 높은 오이의 NO₃⁻ 集積量 100ppm내외에 비하여 상치는 1000ppm내외로 약

10배정도 높았다. 각 작목별로 재배지별 NO₃⁻集積量에 뚜렷한 경향은 발견할 수 없었으나 텃밭에서 소규모로 재배된 경우와 有機農業으로 재배하여 출하한 경우 동일작목 동일지역의 일반재배와 비교하여 集積量에 큰 차이가 있었다.

3) 배추, 무우의 收量, 收量構成要素 및 可食部位內 NO₃⁻集積量은 窒素施肥量이 증가할수록 증가였으며 최고의 NO₃⁻集積量은 배추의 外部葉 葉柄 3664ppm, 무우의 根地上部 3449ppm으로 무비구에 비해 각각 130배, 41배나 급격히 증가되었다. 배추의 NO₃⁻集積量은 外部葉이 內部葉에 비하여 높았고, 외부 및 内部葉 모두 葉部位의 NO₃⁻集積量이 葉身に 비하여 많았으며 窒素施肥量이 증가할수록 동일 개체내에서 葉柄 대 葉身の 부위별 NO₃⁻ 차이가 커져 8g用區의 외부엽에서 그 비율이 4.8 : 1 이나 되었다. 무우는 根地上部가 根地下部보다, 葉身이 보다 NO₃⁻集積量이 높았다.

4) 따라서 작목별 재배방법별(有機物 인량 및)로 가식부위별 NO₃⁻集積量 차이를 나타내 窒素肥料 低投入 持續農法에 의한 優秀農産物의 品質保證의 Parameter로서 可食部位內 NO₃⁻含量表示方法이 적절한 것으로 판단되었다.

謝 辭

논문작성에 보여준 독일 괴팅겐대학교의 Dr.H. Kolbe의 호의와 일부 분석과 자료정리를 도와준 한인아 양과 정의석, 주영덕 군에게 감사한다.

引 用 文 獻

- Altay, H.(1984) : Morphophysiologische Untersuchungen über der Stickstoff-Stoffwechsel der Zuckerrübe in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. Dissertation. University of Göttingen.
- Anon.(1985₁.) : Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen : Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sondergutachten Stuttgart und Mainz.
- Anon.(1985₂.) : Umweltlexikon, Kln, 279—280.
- Bakshi, S.P., Fahleh, F.L. and Pierce, L.E.(1969) : Sage Cyanosis—Acquired Methoglobinemic Nitrite Poisoning. New Engl. J. Med. 270 : 1072.
- Borneff, J.(1982) : Nitrat, Nitrit, Nitrosamine in Gewässern.(ed. Deutsche Forschungsgemeinschaft) Verlag Chemie. Weinheim. 2.
- Burton. W.G.(1982) : Post—harvest physiology of food crops. Verlag Longman, London.
- 정후섭 (1992) : 日本, 和蘭, 獨逸의 지속형 농업을 위한 有機農業. 선진 해외농업 기술현황 공동연구 67—97. 서울대학교 농업생명과학대학.
- Crampton, R.F.(1980) : Garcinogenic Dose—Related Response to Nitrosamines. Dnclogy. 37 : 251—254.
- Diercks, R.(1983) : Alternativen in Landbau—eine kritische Gesamtbilanz. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- Finck, A.(1979) : Dunger und Dungung.—Grundlagen, Anleitung zur Dungung der Kulturpflanzen. Verlag Chemie. 442.
- Hansen, H.(1978) : The influence of nitrogen fertilization on the chemical composition of vegetables. Qualitas Plantarum. Plant Foods for Human Nutrition. 28 : 45.
- Hartmann, T.(1982) : Die Ammonium—Assimilation in N—Stoffwechsel der Pflanze. Biologie in unsere Zeit. 12 : 9—19.
- Hippe, J.(1984) : Einfluss starke differenzierter Nährstoffgaben auf die Bildung von N—Nitrosaminen, die konzentration ihrer Vorstufen sowie die Gehalte einiger anderer wertbestimmender Inhaltsstoffe in Kartoffeln, Kohlrabi, Kopfsalat und Tomaten unter besonderer Berücksichtigung der quantitativen analytischen Erfassung von in diesem Zusammengang bedeutenden ineder-molekularen Stickstoffverbindungen. Dissertation. University of Göttingen.
- 嘉田良平(1991) : 農業의 새물결(韓國語版), 全國農業技術者協會.
- Kappel, N.(1985) : The Different Effect of Compost and

- Mineral Fertilization on Yield, nitrate and Vitamin C Content of Leaf Vegetables. IFOAM Bulletin. 55 : 4-6.
- Kolbe, H., Zhang, W.L. and Ballueer, L.(1989) : Simulation of Fertilizer Influence on Yield and Quality of Potato Tubers by Nonlinear Optimization Method. XI International Plant Nutrition Colloquium, July 30-August 4,1989, Wageningen, The Netherlands
- 金東秀 編(1988) : 土壤化學分析法, 農業技術研究所. 450.
- 金文憲(1983) : 農業의 經營計劃論, 유신각. 서울. 160-171.
- Kucke, M.(1985) : Nitrat-Reduktion und Stickstoff-Akkumulation in Vegetationsablauf von Weizen als Faktoren der N-Versorgung des Korns. Dissertation. University of Gottingen.
- Kuntze, H.(1983) : Zur Stickstoff-Dynamik in landwirtschaftlich genutzten Boden. In : Nitrat-ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung. Arbeiten der DLG. Band 177 : 25-37, Verlag DLG. Frankfurt.
- Magee, P.E. and Barnes, J.M.(1956) : The production of malignant primary hepatic tumors in the rat by feeding demethylnitrosamin. Brit. J.Cancer 10 : 113-122.
- Manss, v-H. and Manss, F.(1989) : Verfahren zur Absenkung des Nitratgehaltes in Wurzelgemüse während der Ernte. Ökologie und Landbau 70 : 11-13.
- Mohler, K. (1982) : Nitrat- und Nitritgehalte der Nahrungsmittel In-Nitrat-Nitrite-Nitrosamine in Gewässern(Hrsg. Deutsche Forschungsgemeinschaft, bearb. V.F.Selenka) Verlag Chemie, Weinheim.
- Munzert, k. and Lepschy, j.(1983) : Zur Frage des Nitratgehaltes in Kartoffelkollen. Der Kartoffelbau 34 : 163.
- Nielsen, E. and Lee, L.K.(1987) : The Magnitude and Costs of Groundwater Contamination from Agricultural Chemicals, USDA, Agricultural Economic Report, No.576
- 농림수산부(1991) : 농림수산통계연보 農業協同組合中央會(農協年鑑)
- Oh, S.I.(1991) : Managing Nitrate Groundwater Pollution From Irrigated Agriculture : An Economic Analysis. Dissertation. Washington State University
- Ohshima, Barth.(1981) : Quantitative estimation of endogenous nitroation in human by monitoring N-Nitrosoprolin excreted in the urine. Cancer Research. 41 : 3658-3662.
- Philips, W.E.(1971) : Naturally occurring nitrate and nitrite in foods in relation to infant methaemoglobinemia. Food and Cosmetics Toxicology. 9 : 219.
- Prezemeck, E. and Kucke, M.(1983) : Choice of measurement, Method of measurement. Report of a Seminar held at Catholic University of Heuven. Belgium.
- Ramamurthy, Sand, Luedders, P.(1981) : High pressured liquid chromatographic analysis of glutamic acid, aspartic acid and their amides in extracts of Fragaria and Citrus. Gartenbauwissenschaft. 46 : 132.
- Reichelderher, K. and Philipps, T.(198) : Agricultural Policy and Environmental Quality, Resources for Future, P.4
- 류순호(1992) : 持續的인 土壤生産性 維持 및 環境保全을 위한 土壤管理 技術. 선진 해외농업 기술현황 공동연구 2 : 35-65. 서울대학교 농업생명과학대학
- Selenka, F.(1983) : Gesundheitliche Bedeutung des nitrats in der Nahrung In : Nitrat-ein Problem fuer unsere trinkwasserversorgung. Arbeiten der DLG. Band 177 : 7-24. DLG Verlag. Frankfurt.
- Sohn, S.M.(1986) : Ober die Aktivitat der Glutaminsynthetase in Blättern von Weizen im Vegetationsverlauf und in Abbaugeschwindigkeit von der N

-Ernahrung, Dissertation. University of Göttingen.

孫尙穆(1990₁): 窒素施肥量에 따른 감자 塊莖內의 NO₃, Glutamine Asparagine, Protein 含量變化. 檀國大學校 論文集. 24 : 715-724.

孫尙穆(1990₂): 유기농업과 관행농업의 수익성 비교 및 유럽 수개국 유기농업단체들의 유기農産物 보증상품등록제. 배재대학교, UNESCO 공동주최 “지역사회개발기술에 관한 Seminar” PP13-22

孫尙穆(1991): 한국 유기농업의 발전방안에 대한 소고. 신용협동조합중앙회. 제1차 농촌교도원 연구회 자료 PP52-63

孫尙穆, 吳京錫(1993): 窒素施肥量이 배추, 무우, 오이의 可食部位內 NO₃ 集積量에 미치는 영향. 韓國土壤肥料學會誌.(인쇄중)

孫尙穆, 韓仁娥(1993): 선진농업국의 환경보전형 지속농업 전환추세, 단국대학교 논문집(인쇄중)

Tobert, N.E.(1971): Nitrate Uptake by Wheat as Influenced by Ammonia and Other Cations. Annual Rev. Plant Physiol. 22 : 45-74.

Wiebe, H.-J. and Behr, U.(1987): Distribution of Nitrate in Important Vegetables. Aid Verbraucherdienst. 32(7) : 135-137