

과제구분	기본 Code : ES 0102	수행시기	전반기	연구기간	2000~2004
연구과제명	농업 토양환경 정보망 운영체계 확립			과제책임자	조 광 래
세부과제명	농경지 토양유형별 검정시비량 실증 시험				
색임용어	보통답(밭), 사질답(밭), 미숙답(밭), 습답, 질소검정시비량, 벼, 배추				
연구원별 임무					
구분	소속	성명	전화번호	담당업무	
세부과제책임자	경기도원, 환경농업연구과	조광래	031)229-5822	시료채취, 연구총괄	
공동연구자	경기도원, 원예연구과	원선이	031)229-5803	생육, 수량조사	
	경기도원, 환경농업연구과	노안성	031)229-5826	수량조사	
	"	강창성	031)229-5821	토양분석	
	"	심재만	031)229-5824	식물체 분석	
	"	박경열	031)229-5820	연구자문	
	평택, 안성, 김포, 광주, 화성시, 여주군농업기술센터	종합검정실 담당자		시료채취, 수량조사	

### ABSTRACT

These studies were conducted to establish the recommendation method of nitrogen fertilization according to the soil types for rice and chinese cabbage cultivation. Paddy rice was trasplanted in four types of paddy soils and chinese cabbage were cultivated in three types of upland soils. Application rates of nitrogen fertilizer in each soils were 0, 0.5, 1.0, and 1.5 times of recommended nitrogen amunt by soil test, respectively. The results of these studies were as follows : Number of tillers per plants, amount of nitrogen absorption, and chlorophyl content in paddy rice leaves were increased on proportion to application rate of nitrogen fertilizer . According to the increment of nitrogen fertilizer, rate of nitrogen absorption were increased in well adapted and newly reclaimed paddy soil, but it was decreased in sandy textured and poorly drained paddy soils. The equation of recommendation for nitrogen fertilization by the types of paddy soils was as follows :  $N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = [12.74 - 1.52 \cdot \text{OM}(\%) + 0.028 \cdot \text{SiO}_2(\text{mg kg}^{-1})] \times \text{coefficients}$  (coefficients by soil types: well adapted = 0.94, newly reclaimed = 1.06, sandy textured = 1.05, poorly drained = 0.78). Nitrate contents in upland soils and leaves of chinese cabbage were increased on proportion to applied amount of nitrogen fertilizer. Rate of nitrogen absorption were increased in order of newly reclaimed> sandy textured> well adapted upland soils. The equation of recommendation for nitrogen fertilization by the types of upland soils for chinese cabbage was as follows :  $N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = [44.082 - 5.881 \cdot \text{OM}(\%)] \times \text{coefficients}$ (well adapted = 0.85, sandy textured = 0.88, newly reclaimed = 0.87)

**Key words** : Soil types, Paddy soils, Upland soils Nitrogen, Equation

## 1. 연구목표

1990년대 이전 우리나라 농가에서 논과 밭작물에 대한 화학비료와 퇴비(가축분퇴비)의 시비량은 다수확 위주로 토양의 특성에 관계 없이 무분별하게 사용하였다. 이러한 결과로 일부 토양에서는 인산이나 치환성칼륨 등의 양분이 과다하게 축적되어 있는 현실이다. 따라서 최근에는 친환경농업의 필요성이 강조되면서 농업환경의 보전을 위한 많은 노력을 하고 있다(류, 1996). 이를 토대로 1991년 이후 부터 주요 작물의 질소시비 추천은 적정시비량과 토양분석 결과 간의 상관관계를 근거로 토양검정에 의한 시비량이 추천되고 있다. 이러한 질소시비 추천으로 활용될 수 있는 지표성분으로는 토양 유기물이 알맞다고 하였다(곽 등, 1989a). 이를 기초로 하여 벼와 배추를 포함한 많은 작물에 토양 유기물 함량을 고려하여 질소시비량을 추천하고 있다(이등, 1990 ; 농과원, 1999). 그러나 토양 유기물 함량에 의한 질소시비 추천량은 토양의 유형과 관리법, 작물의 종류와 품종, 기후 등 여러 가지 조건에 따라 달라질 수 있다고 생각된다.

본 시험은 논과 밭토양에서 유형별로 토양검정에 의한 질소시비량을 설정코자, 벼와 노지배추를 시험작물로 하여 포장시험을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 시험 1. 벼에 대한 토양 유형별 검정시비량 실증 시험

벼에 대해 토양검정에 의한 질소시비량을 설정코자, 2000년도 부터 2002년 까지 보통답, 미숙답, 사질답, 습답 유형별로 시험을 수행하였다. 시험장소는 표 1에서 같이 미숙답은 경기도농업기술원 시험포장, 기타는 현지농가 포장이었다.

표 1. 답유형별 시험장소

답유형	2000년	2001년	2002년
보통답	평택	평택	안성
미숙답	화성	화성	화성
사질답	안성	여주	여주
습 답	이천	김포	평택

답유형별의 시험전 토양화학성은 표 2와 같다. 보통답은 치환성칼륨 함량이 다소 낮고, 미숙답은 치환성칼슘과 유효규산 함량이 높은 토양이었으며, 사질답은 치환성양이온과 염기성치환용량이, 습답은 유효인산과 치환성칼륨 함량이 매우 낮은 토양이었다.

표 2. 답유형별 시험전 토양화학성

구 분	pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.Cations(cmol kg <sup>-1</sup> )			Av. SiO <sub>2</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmol kg <sup>-1</sup> )
				K	Ca	Mg		
보통답	5.6	24	117	0.38	6.0	2.6	126	13.7
미숙답	6.9	26	104	0.49	9.6	1.9	221	16.9
사질답	5.6	21	95	0.19	3.1	0.8	119	6.7
습 답	5.8	23	33	0.22	5.3	1.7	120	15.8

질소시비량은 토양검정 진단(농과원, 1999)에 의해 산출하였으며, 유형별로는미숙답>사질답>보통답>습답 순으로 질소시비량이 많았다(표 3).

표 3. 답유형별 질소시비량(kg ha<sup>-1</sup>)

처리내용	보통답	미숙답	사질답	습답
1) 무질소	0	0	0	0
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	64	75	67	60
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	127	150	134	119
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	191	225	202	179
5) 표준시비	110	110	130	130

처리내용은 2000년도에는 무질소구와 토양검정 질소시비량의 0.5배, 1.0배, 1.5배 등 4처리를 두고, 2001년도와 2002년도는 무질소구와 토양검정 질소시비량의 0.5배, 1.0배, 1.5배, 질소 표준시비구 등 5처리를 두었다. 질소 표준시비량은 ha 당 보통답과 미숙답은 110kg, 사질답과 습답은 130kg 이었다. 분시방법으로 질소는 요소를 기비에 50%를 주고, 추비는 4회(분얼비 20%, 수비 20%, 실비 10%) 분시 하였으며, 인산은 용과린을 전량 기비로 사용하였고, 칼리는 염화칼리로 기비에 70%, 수비에 30%를 나누어 주었다. 답유형별의 시험 품종은 보통답에서는 추청벼, 미숙답에서는 대안벼, 사질답에서는 2000년은 대안벼, 2001년은 새추청벼, 2002년은 추청벼, 습답에서는 2000년은 일품벼, 2001년과 2002년은 추청벼이였으며, 묘는 중묘를 미숙답에서는 손이앙, 기타는 기계이앙하였다(표 4).

분석용 토양은 시료채취 후 그늘에서 건조하여 2 mm 체를 통과시킨 것을 사용하였다. pH는 초자전극법, OM은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1N-NaOAc로 추출하여 원자발광분석법으로, 기타는 농촌진흥청 농업기술연구소 토양화학분석법(1988)에 준하였다.

생육조사는 농업과학기술연구조사분석기준(농진청, 2003)에 의거 조사하였으며, 현미중 성분함량은 AN-700(kett, Japan), 완전립은 RN-500(kett, Japan)으로 분석하였다. 벼 엽 중 엽록소 함량은 아세톤으로 전처리한 후 비색계로 정량하였다.

표 4. 답유형별 시험품종 및 재배법

구	분	품종	이앙일	재식거리(cm)
보통답	2000	추청	5월 17일	30×14.5
	2001	추청	5월 17일	30×16
	2002	추청	5월 17일	30×14
구	분	품종	이앙일	재식거리(cm)
미숙답	2000	대안	5월 25일	30×14
	2001	대안	5월 22일	30×14
	2002	대안	5월 23일	30×14

구	분	품종	이앙일	재식거리(cm)
사질답	2000	대안	5월 22일	30×14.5
	2001	새추청	5월 22일	30×14
	2002	추청	5월 22일	30×14
구	분	품종	이앙일	재식거리(cm)
습답	2000	일품	5월 26일	30×14
	2001	추청	5월 21일	30×14
	2002	추청	5월 24일	30×14

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 질소시비량별 생육 및 엽중 엽록소 함량

답유형별로 질소시비량에 따른 벼 출수기의 생육상황을 조사한 결과는 표 5와 같다. 토양검정 질소시비구에서의 초장은 답유형에 관계 없이 질소시비량이 증가함에 따라 길어지고, 경수는 많아지는 경향이였다. 답유형별 초장은 보통답> 습답> 미숙답> 사질답 순으로 컷으며, 경수는 보통답에서 가장 많았다. 토양검정 질소시비구에서의 엽록소 함량의 경우도 초장과 경수와 같은 경향으로 답유형에 관계 없이 질소시비량 증가함에 따라 높아졌다. 답유형별로 토양검정 질소시비량 1.0배에서의 엽록소 함량은 미숙답에서 가장 높았으며, 사질답에서는 초장과 같은 경향으로 가장 적었다. 이는 사질답의 시험전 CEC(표 2)가 다른 답에 비해 낮아 시비된 질소(NH<sub>4</sub>-N)의 유실에 따라 흡수가 저하된 것으로 생각된다.

표 5. 질소시비량별 벼 출수기 생육 및 엽록소 함량

	처리내용	초장(cm)	경수(개 주 <sup>-1</sup> )	엽록소(mg gFW <sup>-1</sup> )
보통답	1) 무질소	97.2	21.5	0.90
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	101.4	23.1	0.98
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	106.4	24.7	1.35
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	111.9	27.2	1.72
	5) 표준시비	126.0	31.0	1.77
	처리내용	초장(cm)	경수(개 주 <sup>-1</sup> )	엽록소(mg gFW <sup>-1</sup> )
미숙답	1) 무질소	85.1	15.5	1.12
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	90.6	16.6	1.24
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	99.8	18.5	1.46
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	105.8	18.8	1.73
	5) 표준시비	98.5	17.1	1.31

처리내용	초장(cm)	경수(개 주 <sup>-1</sup> )	엽록소(mg gFW <sup>-1</sup> )
1) 무질소	68.0	15.8	0.88
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	74.5	16.0	1.15
사질답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	77.0	19.0	1.29
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	85.1	19.5	1.39
5) 표준시비	61.7	17.9	1.57

처리내용	초장(cm)	경수(개 주 <sup>-1</sup> )	엽록소(mg gFW <sup>-1</sup> )
1) 무질소	90.9	13.7	1.13
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	101.4	16.8	1.22
습 답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	105.9	19.5	1.32
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	110.1	20.9	1.39
5) 표준시비	107.5	19.7	1.49

#### 나. 질소시비량별 질소흡수량과 질소흡수이용율

질소시비량별로 벼 수확기에 질소흡수량과 질소흡수이용율을 조사한 결과는 표 6과 같다. 토양검정 질소시비구에서의 질소흡수량은 생육과 같은 경향으로서 보통답, 미숙답, 사질답, 습답에서 모두 시비량이 많아짐에 따라 높아졌다. 토양검정 질소시비량의 1.0배에서 질소흡수량을 답유형별로 비교하면, 습답에서는 107kg ha<sup>-1</sup>으로 가장 많았으며, 미숙답에서는 94kg ha<sup>-1</sup>으로 제일 적었고, 사질답과 보통답에서는 100kg ~ 102kg ha<sup>-1</sup>으로 비슷한 수준이었다. 질소흡수이용율은 습답에서 가장 높았으며, 토양검정 질소시비량의 증가에 따라 보통답과 미숙답 및 사질답에서는 질소흡수이용율이 높아졌으나 습답에서는 반대로 낮아지는 경향이였다. 토양검정 질소시비구에서 질소흡수량과 질소흡수이용율과의 관계를 보면, 보통답, 미숙답, 사질답에서는 질소흡수량과 비례하여 질소흡수이용율이 높아졌으나, 습답에서는 반비례하는 경향이였다.

표 6. 질소시비량별 질소흡수량과 질소흡수이용율

처리내용	질소흡수량(kg ha <sup>-1</sup> )	질소흡수이용율(%)
1) 무질소	79	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	87	12.6
보통답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	102	17.9
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	117	20.2
5) 표준시비	86	19.1

처리내용	질소흡수량(kg ha <sup>-1</sup> )	질소흡수이용율(%)
1) 무질소	57	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	68	14.1
미숙답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	94	24.2
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	111	23.5
5) 표준시비	80	20.6

처리내용	질소흡수량(kg ha <sup>-1</sup> )	질소흡수이용율(%)
1) 무질소	72	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	81	12.4
사질답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	100	21.0
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	125	26.0
5) 표준시비	101	14.4

처리내용	질소흡수량(kg ha <sup>-1</sup> )	질소흡수이용율(%)
1) 무질소	63	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	90	44.4
습답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	107	36.3
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	123	33.5
5) 표준시비	107	30.3

#### 다. 질소시비량별 현미 품질

질소시비량별 현미의 품질을 답유형별로 조사한 결과는 표 7과 같다. 보통답에서 단백질 함량은 토양검정 질소시비량의 증가에 따라 높아지는 경향이었으나 아밀로스, 지방산 함량은 질소시비량 간에는 현저한 차이 없이 비슷하였으며, 미숙답, 사질답, 습답에서도 보통답과 유사한 경향이였다. 토양검정 질소시비구에서의 품질총평은 모든 답유형에서 질소시비량이 많아짐으로서 떨어지는 경향이였으며, 토양검정 질소시비량의 1.0배에서의 품질총평은 사질답 > 보통답=습답 > 미숙답 순이였다. 완전립 비율은 미숙답과 사질답에서는 질소시비량의 증가에 따라 낮아졌으며, 보통답과 습답에서는 토양검정 질소시비량의 0.5배에서 가장 높았다.

표 7. 질소시비량별 현미의 품질(2002)

처리내용	성분(%)				완전립비율(%)
	단백질(CM)	아밀로스	지방산	품질총평	
1) 무질소	6.9	19.0	15.9	72	88.9
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	7.5	19.1	15.9	69	90.6
보통답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	7.9	19.1	15.9	67	87.5
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	8.9	19.2	16.0	63	77.9
5) 표준시비	8.1	19.0	16.1	65	83.7

처리내용	성분(%)				완전립비율(%)
	단백질(CM)	아밀로스	지방산	품질총평	
1) 무질소	7.7	19.0	15.7	66	82.4
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	8.2	19.0	15.6	64	80.4
미숙답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	9.0	19.0	16.1	60	78.1
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	9.5	19.1	16.0	58	74.5
5) 표준시비	8.3	19.1	15.9	64	81.5

처리내용	성분(%)				완전립비율(%)
	단백질(CM)	아밀로스	지방산	품질총평	
1) 무질소	7.0	19.1	15.9	72	84.6
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	7.1	19.1	15.4	71	80.7
사질답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	7.6	19.1	15.5	68	80.1
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	8.3	19.1	15.2	66	71.3
5) 표준시비	7.6	19.0	15.3	68	80.2

처리내용	성분(%)				완전립비율(%)
	단백질(CM)	아밀로스	지방산	품질총평	
1) 무질소	7.5	19.0	15.4	69	82.8
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	7.8	19.2	16.1	68	84.5
습 답 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	7.9	19.1	15.9	67	78.2
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	8.5	19.3	16.3	65	74.3
5) 표준시비	8.5	19.3	16.5	65	81.3

#### 라. 질소시비량별 수량구성 요소 및 수량

답유형별로 질소시비량에 따른 수량구성 요소 및 수량은 표 8과 같다. 토양검정 질소시비구에서의 수수는 모든 답에서 시비량의 증가에 따라 많아졌으나, 등숙비율은 떨어지는 경향이 있었다. 쌀수량은 수수와 같은 경향으로서 토양검정 질소시비량이 많아 짐에 따라 증가하였으며, 토양검정 질소시비량의 1.0배에서의 쌀수량은 미숙답 > 보통답=습답 > 사질답 순으로 많았다. 표준시비구와 토양검정 질소시비구 간의 쌀수량으로 보아, 토양검정에 의한 질소시비량은 보통답과 미숙답 및 습답에서는 0.5배~1.0배 수준, 사질답에서는 1.0배~1.5배 수준이 적절하리라 생각된다.

표 8. 질소시비량별 수량구성 요소 및 수량

처리내용	수수 (개 주 <sup>-1</sup> )	수당립수 (립)	등숙비율 (%)	쌀수량 (Mg ha <sup>-1</sup> )	
보통답	1) 무질소	19.7	60.3	89.8	4.63(90)
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	21.4	64.9	88.1	4.91(96)
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	22.1	65.1	86.8	5.25(103)
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	24.4	61.4	83.7	5.35(104)
	5) 표준시비	23.2	63.9	91.8	5.12(100)
처리내용	수수 (개 주 <sup>-1</sup> )	수당립수 (립)	등숙비율 (%)	쌀수량 (Mg ha <sup>-1</sup> )	
미숙답	1) 무질소	13.8	63.4	92.5	3.99(80)
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	15.2	66.4	90.0	4.54(91)
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	16.5	71.6	88.3	5.37(107)
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	18.2	72.9	84.3	5.63(112)
	5) 표준시비	17.3	67.1	90.3	5.01(100)
처리내용	수수 (개 주 <sup>-1</sup> )	수당립수 (립)	등숙비율 (%)	쌀수량 (Mg ha <sup>-1</sup> )	
사질답	1) 무질소	15.0	69.6	92.2	3.92(79)
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	15.7	69.4	88.6	4.59(93)
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	18.3	73.7	87.9	4.84(98)
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	20.5	79.9	86.8	5.37(108)
	5) 표준시비	18.2	77.7	93.4	4.96(100)
처리내용	수수 (개 주 <sup>-1</sup> )	수당립수 (립)	등숙비율 (%)	쌀수량 (Mg ha <sup>-1</sup> )	
습답	1) 무질소	13.0	74.7	94.5	3.76(71)
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	16.2	74.8	91.8	4.99(95)
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	18.7	78.3	89.7	5.25(99)
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	20.2	74.0	89.1	5.62(106)
	5) 표준시비	19.8	59.9	95.0	5.28(100)

마. 논토양 유형별 질소시비량 추천식

벼 재배시 답유형별로 질소시비량과 수량 간의 관계는 그림 1과 같다. 토양검정에 의한 벼 재배시 질소 표준시비량에 해당하는 질소시비량은 보통답에서는 103kg ha<sup>-1</sup>, 미숙답에서는 117kg ha<sup>-1</sup>, 사질답에서는 137kg ha<sup>-1</sup>, 습답에서는 101kg ha<sup>-1</sup> 이었으며, 답유형별의 질소시비량 추천식은 표 9와 같다.

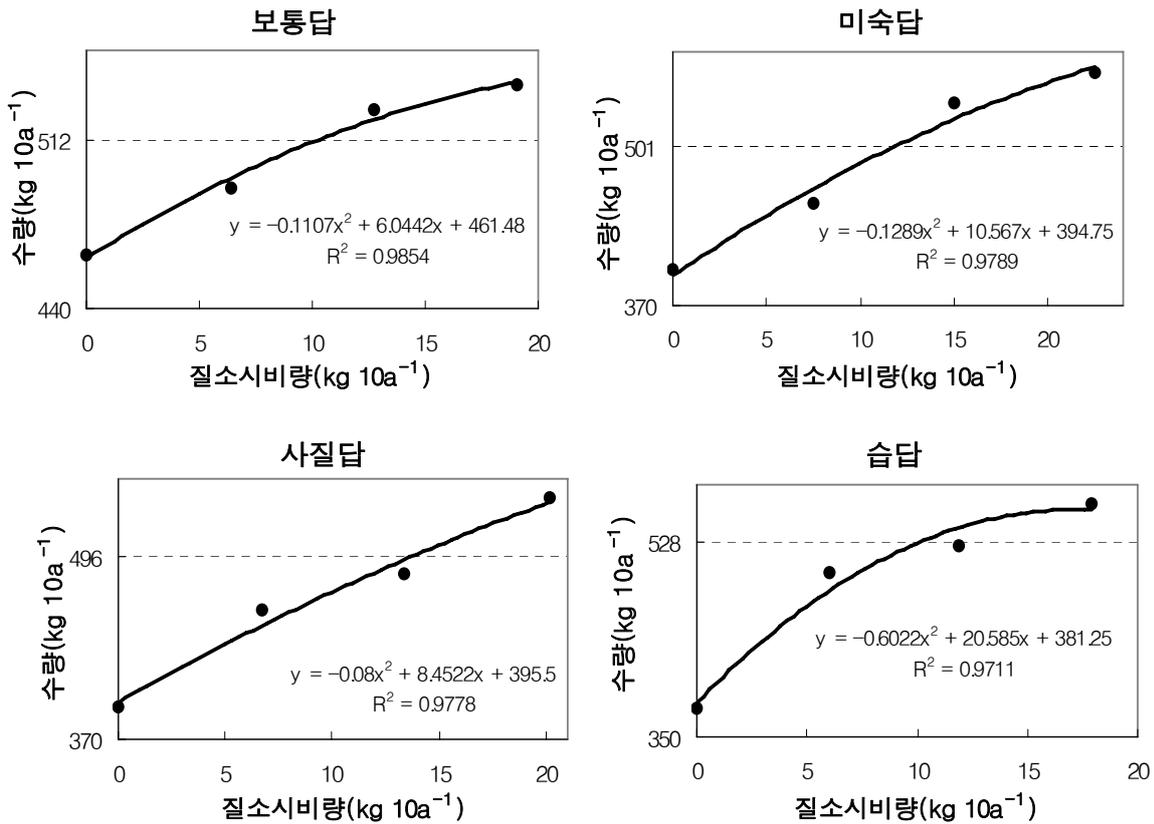


그림 1. 답유형별 질소시비량과 수량 간의 관계

표 9. 답유형별 토양검정에 의한 질소시비량 추천식

답유형	보정계수	질소시비량 추천식
보통답	0.94 (103/110)	$N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = (12.74 - 1.52 \cdot \text{OM}^* + 0.028 \cdot \text{SiO}_2) \times \text{보정계수}$
미숙답	1.06 (117/110)	$N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = (12.74 - 1.52 \cdot \text{OM}^* + 0.028 \cdot \text{SiO}_2) \times \text{보정계수}$
사질답	1.05 (137/130)	$N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = (12.74 - 1.52 \cdot \text{OM}^* + 0.028 \cdot \text{SiO}_2) \times \text{보정계수}$
습답	0.78 (101/130)	$N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = (12.74 - 1.52 \cdot \text{OM}^* + 0.028 \cdot \text{SiO}_2) \times \text{보정계수}$

\*OM 단위는 % 임

#### 바. 답유형별 시험후 토양화학성

답유형별로 시험후 토양화학성을 조사한 결과는 표 10과 같다. 시험전에 비해 보통답에서는 유기물, 치환성마그네슘, 유효규산 함량이 감소하였으며, 미숙답에서는 유기물, 유효인산, 치환성양이온 등 모든 성분이 감소하였다. 그리고 사질답에서는 유기물, 치환성양이온, 유효규산 함량 등이, 습답에서는 유기물, 치환성칼륨, 마그네슘, 유효규산 함량 등이 시험전에 비해 줄어드는 경향이였다.

표 10. 담유형별 시험후 토양화학성(2001)

처리내용	pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.Cations (cmol kg <sup>-1</sup> )			Av. SiO <sub>2</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmol kg <sup>-1</sup> )
				K	Ca	Mg		
시험전	5.5	24	38	0.51	7.9	4.7	151	16.0
보통답								
1) 무질소	5.5	21	44	0.55	7.5	4.0	64	16.7
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	5.4	21	35	0.51	7.5	3.9	68	16.6
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	5.3	21	33	0.38	7.3	3.9	66	16.4
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	5.4	21	32	0.37	7.8	4.0	67	16.1
5) 표준시비	5.4	20	36	0.52	7.9	3.5	78	16.2
시험전	7.1	27	88	0.47	9.8	2.0	183	16.4
미숙답								
1) 무질소	5.7	25	74	0.36	6.8	1.5	100	12.6
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	5.9	26	72	0.29	7.5	1.5	121	12.8
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	5.9	24	78	0.26	7.7	1.6	108	12.0
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	5.6	24	67	0.33	7.2	1.5	117	12.9
5) 표준시비	5.8	24	68	0.29	7.5	1.5	106	13.1
시험전	5.7	21	106	0.29	3.0	0.6	81	9.2
사질답								
1) 무질소	5.6	19	124	0.25	2.5	0.5	37	7.1
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	5.7	18	113	0.20	2.6	0.5	40	6.9
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	5.9	18	106	0.16	2.6	0.5	52	6.8
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	5.7	20	101	0.13	2.6	0.5	40	7.4
5) 표준시비	5.7	20	109	0.13	2.5	0.5	37	7.0
시험전	6.0	20	25	0.26	5.6	1.7	157	12.8
습답								
1) 무질소	6.6	16	42	0.22	5.7	1.5	146	9.2
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	6.7	16	25	0.20	5.6	1.6	154	9.7
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	6.3	17	39	0.20	5.6	1.5	140	10.0
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	6.2	19	22	0.17	5.1	1.4	145	9.7
5) 표준시비	6.3	19	24	0.20	5.2	1.5	151	10.1

시험 2. 배추에 대한 토양 유형별 검정시비량 실증 시험

노지배추에 대해 토양검정에 의한 질소시비량을 설정코자, 2003년도 부터 2004년 까지

보통밭, 사질밭, 미숙밭 유형별로 수행하였다. 시험장소는 2003년도에는 보통밭은 광주(현지농가), 사질밭은 평택(현지농가), 미숙밭은 화성(경기도농업기술원 시험포장)에서, 2004년도에는 보통밭(경기도농업기술원 시험포장)과 미숙밭은 화성(현지농가), 사질밭은 안성(현지농가)이었다(표 11).

표 11. 밭유형별 시험장소

밭유형	2003년	2004년
보통밭	광주	화성
사질밭	평택	안성
미숙밭	화성	화성

시험전 토양화학성은 표 12에서와 같이 보통밭과 사질밭은 유효인산 함량이 매우 높고, 미숙밭은 유기물과 유효인산 함량이 다소 적은 토양이었다.

표 12. 밭유형별 시험전 토양화학성

구 분	pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.Cations(cmol kg <sup>-1</sup> )		
				K	Ca	Mg
보통밭	6.1	28	1,078	1.05	7.4	1.7
사질밭	7.1	22	1,142	1.00	7.7	1.9
미숙밭	6.9	11	324	0.73	4.8	1.9

처리내용은 무질소구, 토양검정 질소시비량의 0.5배, 1.0배, 1.5배, 질소 표준시비구 등 5처리를 두었다. 질소시비량은 토양검정 진단(농과원, 1999)에 의해 산출하였으며, 유기물 함량이 높은 보통밭에서는 적었으며, 유기물 함량이 낮은 사질밭과 미숙밭에서는 많았다(표 13).

표 13. 밭유형별 질소시비량(kg ha<sup>-1</sup>)

처리내용	보통밭	사질밭	미숙밭
1) 무질소	0	0	0
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	139	158	189
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	277	315	378
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	416	473	567
5) 표준시비	320	320	320

3요소 분시방법으로 질소는 요소로 기비에 34% 주고, 추비에는 66%를 시험작물 정식후 20일 간격 3회 균등히 나누어 주었으며, 인산은 용과린으로 전량 기비, 칼리는 염화칼리로 기비에 56% 주고, 추비에는 44%를 정식후 20일에 1회 시비하였다.

시험에 사용한 작물(품종)은 삼진배추로 2003년도에는 9월 상순, 2004년도에는 8월 하순에 75×40cm 재식거리로 정식하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

분석용 토양은 시료채취 후 그늘에서 건조하여 2 mm 체를 통과시킨 것을 사용하였다. pH는 초차전극법, OM은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1N-NaOAc로 추출하여 원자발광분석법으로, 토양과 작물체내 NO<sub>3</sub>-N는 Kjeldahl법으로, 기타는 농촌진흥

청 농업기술연구소 토양화학분석법(1988)에 준하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 질소 시비량별 토양중 NO<sub>3</sub>-N 함량의 경시적 변화

토양검정 질소시비량의 0, 0.5, 1.0, 1.5배 수준별로 토양중 NO<sub>3</sub>-N 함량을 경시적으로 조사한 결과는 그림 2와 같다. NO<sub>3</sub>-N 함량은 모든 발유형에서 배추 정식후 20일에서 40일까지는 증가하다가 그 후에는 감소하였으며, 시기에 관계 없이 질소시비량이 많을수록 높은 경향이였다. 정식후 20일에서 토양검정 질소시비량의 0.5, 1.0, 1.5배 수준별 NO<sub>3</sub>-N 함량은 보통밭과 사질밭에서는 처리간 차이가 크지 않았으나 미숙밭에서는 현저한 차이가 있었다. 미숙밭에서 처리간 NO<sub>3</sub>-N 함량이 현저한 차이가 있었던 것은 보통밭과 사질밭에 비해 미숙밭에서 시험전 유기물 함량(표 12)이 낮아 질소시비량이 많고, 또한 미숙밭의 물리적 성질이 나빠 배추에 의한 NO<sub>3</sub>-N 흡수가 더디어 잔류량이 높았던 것으로 생각된다. 그러나 정식후 40, 60일에서의 NO<sub>3</sub>-N 함량은 처리간 차이가 질소시비량과 비슷하였다. 한편 질소를 표준시비(320kg ha<sup>-1</sup>) 하였을 때의 NO<sub>3</sub>-N 함량은 정식후 20일에서는 미숙밭>사질밭>보통밭 순으로 높았으나, 정식후 40, 60일에서는 반대로 보통밭>사질밭>미숙밭 순으로 많아지는 경향이였다. 이는 시험전 유기물 함량(표 12)이 보통밭>사질밭>미숙밭 순으로 높았던 것과 같은 관계로 토양중의 유기물에 의한 질산화작용이 유기물 함량 순으로 많았던 것으로 생각된다.

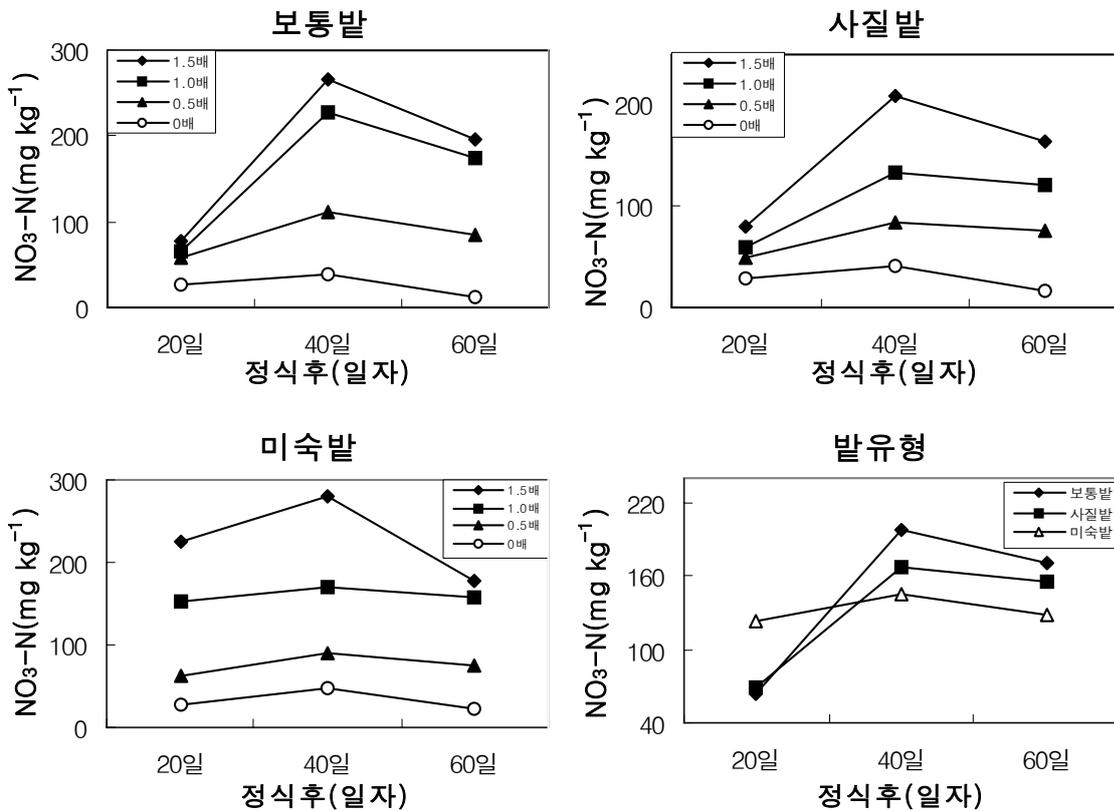


그림 2. 토양검정 질소시비량별 토양중 NO<sub>3</sub>-N 함량과 질소 표준시비시 발유형별 NO<sub>3</sub>-N 함량의 경시적 변화(2004)

#### 나. 질소시비량별 시험후 토양화학성

시험후에 토양검정 질소시비구에서의 토양중 NO<sub>3</sub>-N 함량은 모든 밭에서 질소 시비량의 증가에 따라 많아졌으며, 토양검정 질소시비량의 1.0배에서의 밭유형별 NO<sub>3</sub>-N 함량은 보통밭 > 미숙밭 > 사질밭 순으로, 표준시비구에서는 보통밭 > 사질밭 > 미숙밭 순으로 높았다(표 14).

표 14. 질소시비량별 시험후 토양중 NO<sub>3</sub>-N(mg kg<sup>-1</sup>) 함량

처리내용	보통밭	사질밭	미숙밭
1) 무질소	36	45	34
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	79	77	65
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	127	108	122
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	142	135	145
5) 표준시비	125	120	105

기타 시험후의 토양화학성을 보면, 시험전에 비해 보통밭에서는 유효인산과 치환성칼륨, 칼슘 함량이 다소 감소하고, 치환성마그네슘은 증가하였으며, 사질밭에서는 유효인산과 치환성양이온이 감소하였고, 미숙밭에서는 유효인산과 치환성양이온이 증가하는 경향이였다(표 15).

표 15. 밭유형별 시험후 토양화학성

처리내용	pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.Cations (cmol kg <sup>-1</sup> )			
				K	Ca	Mg	
시험전	6.1	28	1,078	1.05	7.4	1.7	
보통밭	1) 무질소	6.4	28	1,064	0.84	7.2	1.9
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	6.3	28	1,011	0.89	7.2	1.9
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	6.4	28	1,013	0.88	7.2	1.8
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	6.4	29	1,022	0.87	7.1	1.8
	5) 표준시비	6.4	28	1,017	0.88	7.2	1.9
처리내용	pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.Cations (cmol kg <sup>-1</sup> )			
				K	Ca	Mg	
시험전	7.1	22	1,142	1.01	7.7	1.9	
사질밭	1) 무질소	7.0	19	1,013	0.85	6.0	1.5
	2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	7.1	20	1,046	0.85	6.3	1.5
	3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	7.1	20	1,031	0.84	6.2	1.5
	4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	7.0	19	1,043	0.86	6.2	1.5
	5) 표준시비	7.1	20	1,041	0.86	6.3	1.5

처리내용	pH (1:5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.Cations (cmol kg <sup>-1</sup> )		
				K	Ca	Mg
시험전	6.9	11	324	0.73	4.8	1.9
미숙발 1) 무질소	6.5	10	410	1.15	5.2	2.0
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	6.4	10	404	1.12	5.2	2.1
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	6.5	11	415	1.14	5.3	2.1
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	6.5	11	418	1.17	5.3	2.0
5) 표준시비	6.5	11	410	1.16	5.2	2.0

#### 다. 질소시비량별 배추 생체내 NO<sub>3</sub>-N 함량

질소시비량별로 수확기 배추 생체내의 NO<sub>3</sub>-N 함량을 조사한 결과는 표 16과 같다. 무질소구와 토양검정 질소시비량의 1.0배에서의 포기중 NO<sub>3</sub>-N 함량은 미숙발>보통발>사질발 순으로, 표준시비구에서는 미숙발>사질발>보통발 순으로 높았다. 그리고 표준시비구의 배추 부위별 NO<sub>3</sub>-N 함량은 발유형에 관계 없이 외엽>중엽>속엽 순으로 많았다.

표 16. 질소시비량별 수확기 배추 생체내의 NO<sub>3</sub>-N(mg kg<sup>-1</sup>) 함량(2004)

처리내용	포기	부위별		
		외엽	중엽	속엽
1) 무질소	390	-	-	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	503	-	-	-
보통발 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	766	-	-	-
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	910	-	-	-
5) 표준시비	734	1,360	438	235

처리내용	포기	부위별		
		외엽	중엽	속엽
1) 무질소	260	-	-	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	610	-	-	-
사질발 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	731	-	-	-
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	1,009	-	-	-
5) 표준시비	897	1,173	651	290

처리내용	포기	부위별		
		외엽	중엽	속엽
1) 무질소	638	-	-	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	985	-	-	-
미숙발 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	1,073	-	-	-
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	1,171	-	-	-
5) 표준시비	1,038	1,523	990	491

#### 라. 질소시비량별 질소흡수이용율

수확기에 질소시비량별로 질소흡수이용율을 조사한 결과는 표 17과 같다. 발유형별의 질소흡

수이용율은 미숙발>사질발>보통발 순으로 높았으며, 모든 발유형에서 질소시비량이 적은 토양검정 질소시비량의 0.5배에서 가장 높았다. 그리고 토양검정 질소시비구에서의 질소 흡수이용율은 사질발과 미숙발에서는 질소시비량이 증가함에 따라 감소하였으나, 보통발에서는 일정한 경향이 없었다.

표 17. 질소시비량별 수확기 질소흡수이용율(%)

처리내용	보통발	사질발	미숙발
1) 무질소	-	-	-
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	25.5	28.5	46.0
3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	20.8	26.0	36.1
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	22.2	23.5	31.2
5) 표준시비	21.8	26.0	33.2

#### 마. 질소 시비량별 수량

토양검정 질소 시비구에서 발유형별 배추 수량은 질소 시비량이 많을 수록 증가하였으며, 무질소구에서는 토양중의 유기물 함량(표 12, 15)과 비례하는 보통발>사질발>미숙발 순으로 수량(평균)이 많았다. 표준시비구의 수량을 대조로 하였을 때 수량을 발유형별로 보면, 보통발과 사질발에서는 토양검정 질소시비량의 1.0배 수준에서, 미숙발에서는 0.5배 수준에서 통계적인 차이 없이 비슷한 수준이었다(표 18).

표 18. 배추 수량(Mg ha<sup>-1</sup>)

처리내용	2003	2004	평균
1) 무질소	53.74	65.27	59.51(63)
보통발 2) 토양검정 질소량의 0.5배	78.63	86.99	82.81(87)
3) 토양검정 질소량의 1.0배	84.73	98.34	91.54(96)
4) 토양검정 질소량의 1.5배	95.64	129.07	112.36(118)
5) 표준시비	92.27	97.61	94.94(100)
LSD(5%)	19.32	6.90	
CV(%)	12.7	3.8	
처리내용	2003	2004	평균
1) 무질소	48.12	39.30	43.71(53)
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	63.61	72.41	68.01(83)
사질발 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	80.91	88.50	84.71(103)
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	86.74	116.84	101.79(124)
5) 표준시비	74.47	89.50	81.99(100)
LSD(5%)	12.55	5.24	
CV(%)	9.4	3.4	

처리내용	2003	2004	평균
1) 무질소	13.69	46.04	29.87(33)
2) 토양검정 질소시비량의 0.5배	81.40	70.41	75.91(84)
미숙발 3) 토양검정 질소시비량의 1.0배	117.03	87.78	102.41(114)
4) 토양검정 질소시비량의 1.5배	131.44	107.89	119.67(133)
5) 표준시비	104.90	74.99	89.95(100)
LSD(5%)	17.36	10.79	
CV(%)	10.3	7.4	

### 바. 발토양 유형별 질소시비량 추천식

노지배추 재배시 발유형별로 질소시비량과 수량 간의 관계는 그림 3과 같다. 토양검정에 의한 노지배추 재배시 질소 표준시비량에 해당하는 질소시비량은 보통밭에서는 272kg ha<sup>-1</sup>, 사질밭에서는 280kg ha<sup>-1</sup>, 미숙답에서는 277kg ha<sup>-1</sup>이었으며, 발유형별의 질소시비량 추천식은 표 19와 같다.

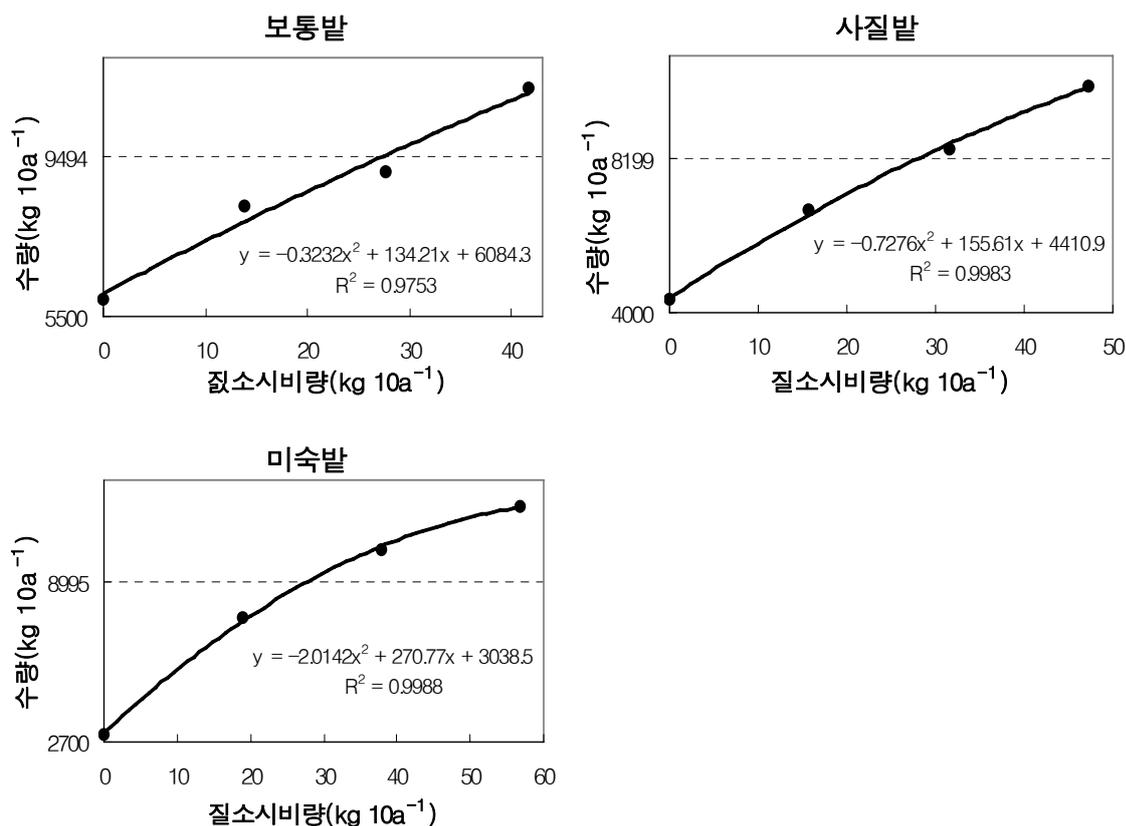


그림 3. 발토양 유형별 질소시비량과 수량간의 관계

표 19. 발유형별 토양검정에 의한 질소시비량 추천식

발유형	보정계수	질소시비량 추천식
보통밭	0.85 (272/320)	$N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = (44.082 - 5.881 \cdot \text{OM}^*) \times \text{보정계수}$ (OM은 %임)
사질밭	0.88 (280/320)	$N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = (44.082 - 5.881 \cdot \text{OM}) \times \text{보정계수}$ (OM은 %임)
미숙밭	0.87 (277/320)	$N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = (44.082 - 5.881 \cdot \text{OM}) \times \text{보정계수}$ (OM은 %임)

\*OM 단위는 %임

#### 4. 결과요약

논과 밭토양 유형별로 토양검정에 의한 질소시비량을 설정코자, 토양검정 질소시비량의 0배, 0.5배, 1.0배, 1.5배와 질소 표준시비량 등 5처리를 두어, 벼와 가을 노지배추를 시험 작물로 포장시험을 수행하였다.

##### 시험 1. 벼에 대한 토양 유형별 검정시비량 실증 시험

가. 토양검정 질소시비량이 증가함에 따라 경수와 질소흡수량은 많아지고 엽중의 엽록소 함량은 높아졌으며, 질소흡수이용율은 보통답과 미숙답 및 사질답에서는 높아졌으나 습답에서는 낮아지는 경향이였다.

나. 토양검정 질소시비량의 증가에 따라 현미중의 단백질 함량은 높아졌으나, 품질총평은 떨어지는 경향이였다.

다. 쌀수량은 토양검정 질소시비량 증가에 따라 높아졌다.

라. 답유형별 토양검정에 의한 질소시비량 추천식은 다음과 같다.

$$\cdot N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = [12.74 - 1.52 \cdot \text{OM}(\%) + 0.028 \cdot \text{SiO}_2(\text{mg kg}^{-1})] \times \text{보정계수}$$

$$\cdot \text{보정계수} : \text{보통답} = 0.94, \text{미숙답} = 1.06, \text{사질답} = 1.05, \text{습답} = 0.78$$

마. 시험전에 비해 시험후 토양중의 유기물, 치환성마그네슘, 유효규산 함량은 감소하는 경향이였다.

##### 시험 2. 배추에 대한 토양 유형별 검정시비량 실증 시험

가. 토양검정 질소시비량의 증가에 따라 토양과 배추 엽중의  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 높아졌다.

나. 시험전에 비해 시험후 토양중의 유효인산과 치환성칼륨 함량은 보통밭과 사질밭에서는 감소하였으나, 미숙밭에서는 증가하는 경향이였다.

다. 질소흡수이용율은 미숙밭 > 사질밭 > 보통밭 순으로 높았다.

라. 발유형별 토양검정에 의한 질소시비량 추천식은 다음과 같다.

$$\cdot N(\text{kg } 10\text{a}^{-1}) = [44.082 - 5.881 \cdot \text{OM}(\%)] \times \text{보정계수}$$

$$\cdot \text{보정계수} : \text{보통밭} = 0.85, \text{사질밭} = 0.88, \text{미숙답} = 0.87$$

#### 5. 인용문헌

- 곽한강, 이춘수, 송요성. 1989a. 경제작물재배지 시비기준 설정. 농기연시험연구보고서. 225 ~ 229.
- 이춘수, 곽한강, 이용재, 박영대. 1990. 토양검정에 의한 채소류의 N P K 시비량 추천. 농진청농시논문집(토양비료편). 32(3) : 32 ~ 37.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술연구조사분석기준(제4판)

농업과학기술원. 1999. 작물별 시비처방기준.

농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법

류순호. 1996. 농업환경연구의 현황과 금후방향. 우리농업의 첨단기술 개발 전략에 관한  
심포지움(농촌진흥청) : 31 ~ 56.