

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
화학비료 사용저감을 위한 시비기술 개발		농업환경 ES 0101	'09~	환경농업연구과	강안석
3) 현장진단에 의한 양분관리 연구		"	'09~'10	"	임수정
색인용어	현장진단, 배추, 오이, 옥수수, 생육불량				

## ABSTRACT

This research was conducted to confirm in the real time diagnosis system on cultivation of chinese cabbage and cucumber at plastic film condition. During cultivation period we tested the real time diagnosis 7 times. pH variation was not severe, the ranges were 6.1~7.1 in chinese cabbage soil and 5.8~6.3 in cucumber soil. NO<sub>3</sub>-N was lower than 150ppm 4 times and then we applied additional nitrogen fertilizer. The productivity of chinese cabbage and cucumber was the best in real time diagnosis treatment, 9,138kg/10a and based on soil test treatment, 4,033 respectively. So we could reduce N fertilizer 28~57%. To resolve the growth failure complaints of Corn, real time diagnosis was carried out. Soil pH was 3.9 before the test. At treatment of lime 500kg + rice straw 500kg were able to reach the target quantity of chinese cabbage. Soil pH was also improved to 5.8.

### 1. 연구목표

토양검정은 작물이 필요로 하는 토양중 양분의 양을 조사하여 시비량을 결정하는 과학적인 방법이다. 토양검정만으로는 충분하지 않은데 이유는 토양환경을 결정하는 요인이 많기 때문이다. 따라서 작물을 재배하기 전에 토양의 상태를 잘 파악 할 수 있는 방법을 갖추어야 농사를 과학적으로 지을 수 있게 된다. 최근 시설재배지 내에 염류 집적은 과비 및 연작에 의해 주로 야기되며 재배기간중 작물과 토양의 양분상태를 알기 위해서는 실험실 수준에서 식물체와 토양에 대한 분석을 하여야 한다. 그러나 이러한 정밀분석은 시간이 많이 필요로 하는 문제가 있는 반면에 농가현장에서 간편하고 신속하게 토양과 작물의 영양상태를 진단할 수 있는 간이진단기술 및 판단기준이 필요하다 기존에 식물의 영양진단 방법으로 잎을 분석하여 건물중을 기준으로 표현하는 방법이 가장 합리적인 방법으로 이용 되어왔다(Kenworthy, 1973). 그러나 엽분석을 통한 영양진단 방법은 적절한 시기에 필요한 양분을 공급해 줄 수 없는 단점이 있어 기존의 방법을 대체할 수 있는 새로운 실시간 영양진단법이 몇 가지 개발되었다(김 등, 2003; 김 등, 2004). 현장진단은 토양을 현장에서 분석하여 토양의 상태를 판단하는 것이다. 식물에 나타나는 증상을 눈으로만 진단하고 있는데 똑같은 증상이라 하더라도 여러 가지 원인에서 발생하기 때문에 정확히 진단하기는 매우 어려우므로 포장에서 토양을 분석하여 토양의 상태를 파악하여 진단의 정확도를 높이는 것이다. 따라서

본 시험의 목적은 농가에서 발생하는 토양비료 분야 민원을 실시간 해결하고 더 나아가 작물재배 전 토양양분 뿐만 아니라 재배 중에도 토양의 수용성 양분을 실시간으로 분석하여 작물 생육에 맞는 최적의 비료를 공급 함 으로서 작물의 생산성을 높이고, 토양환경의 건전성 확보를 위해 수행 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### <시험 1> 시설재배 작물 현장진단에 의한 양분관리 연구

#### - 2009(배추)

본 시험은 강원도 춘천시 우두동 에 위치한 강원도농업기술원 시험연구포장에서 수행 하였다. 시험에 사용된 토양특성은 표 1과 같다. 토양 pH는 6.49, EC는 0.57, 유효인산 561mg/kg 으로 시설토양으로 배추를 재배하기 적합한 토양이었고, 유기물은 11.5g/kg으로 적정값(25~35) 보다 낮았다. 토양 양이온중 칼슘은 적정, 칼리는 적정이하, 마그네슘은 적정보다 약간 낮았다.

표 1. 배추 시험전 토양 화학성분

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ext. Cation(cmol+/kg)		
				K	Ca	Mg
6.49	0.57	11.5	561	0.45	6.10	1.35

시험에 사용된 배추의 품종은 CR 명품 이었고, 재식거리는 75×40cm로 하여 9월 7일 정식, 11월 3일 수확 하였다. 시험처리는 무시비, 검정시비, 검정1/2, 검정(현장진단), 검정1/2(현장진단)등 5처리 난괴법 3반복을 두었다. 여기서 검정(현장진단) 처리라 함은 기비는 검정시비를 하고(표 2) 추비는 NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 의 현장진단 값에 따라 추비 여부를 판단, 추비하기로 결정되면 검정시비 해당 질소나 인산을 추비하는 시험처리 였다 검정시비구의 분시 비율은 인산은 총량을 기비 하였으며, 질소와 칼리는 20%를기비 시용하고, 잔량 80%는 일주일 간격으로 관수시 추비 하였다.

표 2. 배추에 대한 검정시비량 (kg/10a)

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	돈분	소석회
25	4	15	444	100.7

토양 및 식물체 분석은 RDA(2000)의 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였고, 현장진단 분석 중 토양 pH 와 EC는 생토 5ml를 50ml 비이커에 넣고 증류수 25ml 첨가하여 잘 섞은 다음 일정시간 지난후 여과하여 현장에서 간이 측정기로 실시간 측정 하였고 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>는 Test-strip을 이용하여 측정하였다.

- 2010(오이)

배추와 마찬가지로 오이도 강원도 춘천시 우두동에 위치한 강원도농업기술원 시험연구포장에서 수행하였다. 시험에 사용된 토양특성은 표 3과 같다. 토양 pH는 6.0, EC는 1.00, 유효인산 450mg/kg으로 시설오이를 재배하기 적합한 토양이었고, 유기물은 22g/kg으로 적정값(25~35) 보다 낮았다. 토양의 양이온 중 칼슘과 마그네슘은 적정범위였고, 칼리는 적정수준보다 다소 낮았다.

표 3. 오이 시험전 토양 화학성분

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cation (cmol <sub>c</sub> /kg)				L R (kg/10a)
				K	Ca	Mg	Na	
6.0	1.00	22	450	0.6	5.0	1.7	0.28	133

오이의 품종은 장백침, 재식거리는 80×40cm로 하여 8월 6일 정식, 11월10 까지 수확하였다. 시험처리는 배추와 마찬가지로 무시비 검정시비, 감비 50%, 검정(현장진단), 감비50%(현장진단)등 5처리 난괴법 3반복을 두었고 현장진단은 10~15일 간격으로 조사하였다. 오이의 1회 관개량 및 관개간격은 표 4와 같다. 비종은 일반비료를 선택하여 인산은 전량 기비, 질소, 칼리는 총량을 나누어 10~15일 간격 현장진단 조사가 끝나고 시비 하였으며 현장진단구는 질산태질소 기준인 150ppm 이하 일 때 해당량을 시비하였다.

표 4. 1회 관개량 및 관개간격

시 기	1회관개량(mm)	관개간격(일)
8월 6일~8월16일	4	
8월17일~9월17일	8.7	3
9월18일~수확종기	11.6	

표 5. 토양 분석에 의한 검정시비량

질 소	인 산	칼 리	돈분퇴비	소석회
9.2	3	8.8	444	101

<시험 2> 현장진단 활용 민원해결

인제군 북면 용대리에서 발생된 옥수수 생육불량 민원 해결을 위하여 시험을 수행하였다. 본 포장은 옥수수를 재배 하는 토양으로 생육이 그림1. 2와 같이 저조하였다, 현장에서 pH를 측정된 결과 3.9로 매우 낮았으며, 의심되는 병원균, 제초제 잔류 분석을 위하여 식물체 및 토양을 채취하여 분석 하였다. 분석결과 병원균, 잔류 제초제는 검출이 되지 않았고(농촌진흥청 현장지원팀), 정밀 토양검정 결과는 표 6과 같다.



<그림 1> 옥수수 생육불량 포장

<그림 2> 옥수수 생육불량 개체

표 6. 옥수수 재배지 토양의 화학적 성질

구 분	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LR
	(1:5)	dS/m	g/kg		----cmol/kg----		mg/kg	kg/10a
피해지(중)	4.4	1.02	25.17	2.98	0.30	0.78	114	398
피해지(심)	4.1	0.79	30.80	0.77	0.28	0.16	349	398
인근정상	4.5	0.40	53.26	0.85	0.50	0.18	1109	398
기준	6.5-7.0	-	20-30	5-6	0.45-0.55	1.5-2.0	150-250	-

pH는 현장에서 측정했던 값과 비슷한 4.1 이었다. 특히 한 점은 칼슘 함량이 적정값(5cmol+/kg) 에 많이 모자랐다. 따라서 생육불량의 원인은 토양 산성에 따른 양분흡수 불균형으로 결론을 내리고, 농가관행, 검정시비, 토양개량구 I, II를 처리로 하여 실증 시험을 수행하였다. 과중기가 맞지 않아 옥수수(미백2호)는 중간 생육 까지만 관찰 하고, 수확이 가능한 배추(불암3호)를 9월 2일 정식 하였다. 각각의 시험처리는 표 7과 같다. 현재 검정에 의한 추천 최대 석회량은 농용석회로 398kg/10a이다. 본 토양의 pH는 너무 낮아 토양 개량구에 생석회 500kg/10a처리구와 생석회 500에 벧짚 500을 추가한 토양개량구를 처리 하였다

표 7. 처리별 비료 및 개량제 시용량

처 리	질소	인산	칼리	석회	퇴비
농가관행	40.0	10.0	25.0	0	0
검정시비	36.9	12.2	19.5	398(농용석회)	444(돈분)
토양개량 I	36.9	12.2	19.5	500(생석회)	444(돈분)
토양개량 II	36.9	12.2	19.5	500(생석회)	444(돈분)+벧짚500

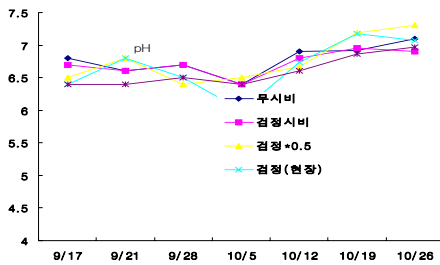
### 3. 결과 및 고찰

#### <시험 1> 시설재배 작물 현장진단에 의한 양분관리 연구

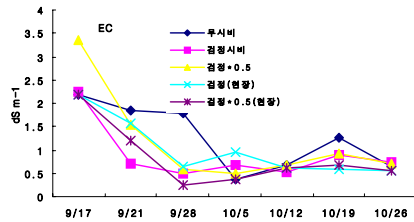
- 2009(배추)

정식후 10일이 지난후 부터 토양 현장진단을 실시하였다. 토양pH의 경시적 변화는 그림 3과 같다. 전체적으로 6~7로 측정되어 pH를 올리거나 내리기위한 조치는 취하지 않았다. 토양 EC는 초기 2.2~3.35dS/m를 나타내다 수확기에는 0.55~0.73을 나타내었다(그림 4). 토양의 수용성 인산은 생육기간동안 기준값인 20ppm을 초과하여 인산을 추비하지는 않았다. 주요처리별 NO<sub>3</sub>-N의 경시적 변화는 기 설정된 기준값인 150ppm과 비교 했을때 무시비 처리는 생육초기인 9월 17일 이후 기준값 이하 였으며, 검정시비에 따라 추비 하였을 경우 추비 총 7회중 9월 28일, 10월 5일, 10월 12일의 NO<sub>3</sub>-N의 함량이 150ppm을 초과하여, 토양속에 충분한 무기질소가 존재함에도 비료를 과다 시비한 결과를 초래 하였으며 현장진단을 통해 시비할 경우는 10월 6일, 10월 12일 질소를 공급하지 않아 비료를 절감 할 수 있었다.

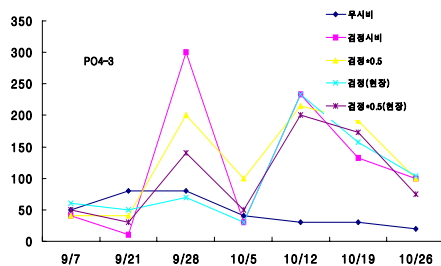
시험후 토양의 화학적 성질을 실험실에서 정밀 검정한 결과 EC는 시험전 0.57dS/m에서 시험후 처리별 0.33~0.55dS/m로 변이 폭이 크지 않았고, pH, 인산함량, 양이온도 큰 차이를 나타내지 않았다(표 8).



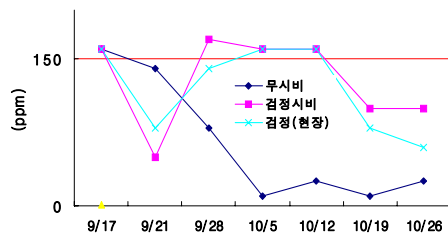
<그림 3> 토양의 pH 경시적 변화



<그림 4> 토양 EC의 경시적 변화



<그림 5> 토양 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 변화



<그림 6> 주요처리 NO<sub>3</sub>-N 변화

표 8. 시험전·후 처리별 토양의 화학적 특성 비교

구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ext. Cation(cmol+/kg)		
					K	Ca	Mg
시험전	6.49	0.57	11.5	561	0.45	6.10	1.35
무시비	6.74	0.45	10.1	451	0.18	5.89	1.06
검정시비	6.56	0.37	10.1	505	0.30	6.02	1.19
감비50% ♪	6.62	0.55	9.6	451	0.38	5.97	1.07
검정(현장)♣	6.60	0.38	9.4	495	0.41	6.10	1.20
감비50%(현장)	6.58	0.33	9.9	484	0.45	6.31	1.27

♪ : 검정시비에 대한 감비율

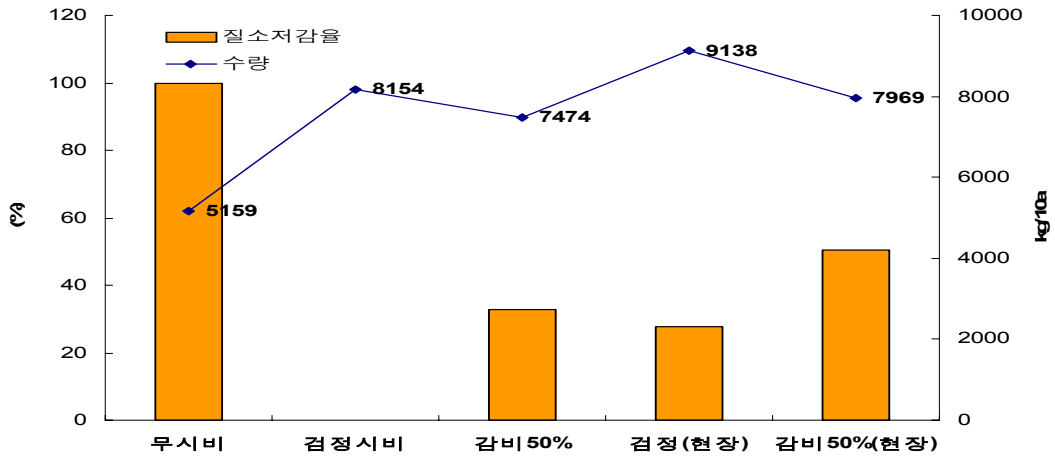
♣ : 현장진단후 추비시용 결정(총7회중 4회 추비시용)

수확기 배추의 생육특성은 표 9와 같다. 엽장은 처리별로 51.4~54.5cm, 엽폭은 37.2~38.6cm 주폭은 23.4~24.7cm 로 큰차이가 없었고, 상품성 수량의 지표인 구중은 검정시비(현장진단) 처리시 3.44kg 으로 가장 좋았다. 배추의 수량은 검정시비시 8,154kg/10a였고, 검정시비 후 현장진단에 따라 재배 하였을 경우 9,138kg/10a로 가장 많았다. 절대 비료량이 적은 무시비, 검정감비 50%의 수량은 각각 5,159, 7,474kg/10a였다.

표 9. 수확기 배추의 생육특성 비교

구분	엽장(cm)	엽폭(cm)	주폭(cm)	주중(kg)	구폭(cm)	구중(kg)
무시비	52.7	37.2	23.4	3.9	17.8	2.54
검정시비	54.5	38.6	23.8	4.7	18.5	3.07
감비50%	51.8	38.5	24.4	4.7	18.6	2.99
검정(현장)	53.0	37.7	24.6	4.6	18.9	3.44
감비50%(현장)	51.4	36.5	24.7	4.3	18.7	3.00

처리별 배추의 수량은 구중이 검정(현장)처리에서 3.44kg/주로 가장 큰것과 마찬가지로 9,138kg/10a 로 가장 많았으며, 검정시비 처리에 비해 12% 증수 되었다(그림 7). 총 질소비료 소비량은 검정(현장)처리구 17.2kg/10a로 검정시비 처리구 보다 27.8%의 질소비료를 저감 할 수 있었으며, 50%감비 구나 50%감비(현장)구 에서는 검정(현장)처리구 보다 질소비료 저감율은 32.8, 52.3%로 많았으나 배추의 수량이 적어 검정(현장) 처리에 의한 시설 배추 재배가 합리적이라 사료된다.



<그림 7> 처리별 질소비료 저감율 과 배추 수량

- 2010(오이)

정식 10일 이후부터 일정한 간격으로 실시간 현장진단 기법으로 토양의 pH, EC, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>을 분석하였다(그림 8~11). 재배 전기간 동안 5.8~6.3 으로 측정 되었고 오이를 재배하

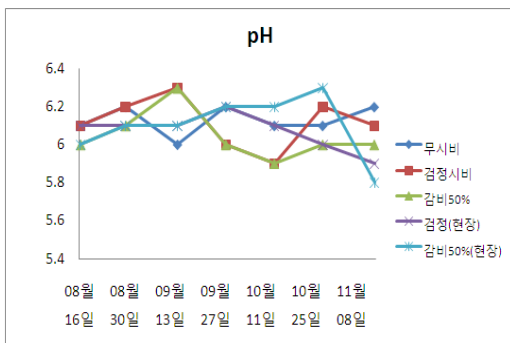
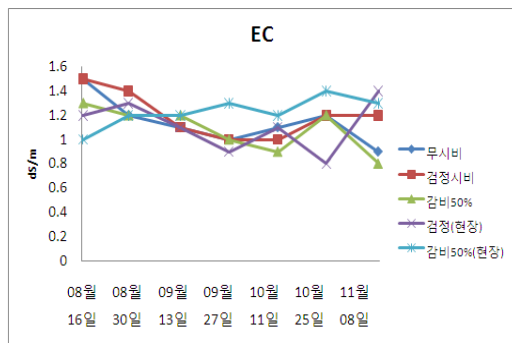
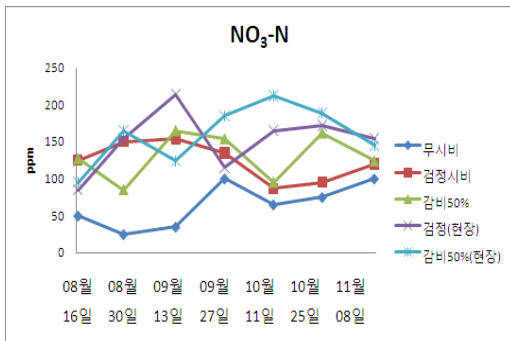


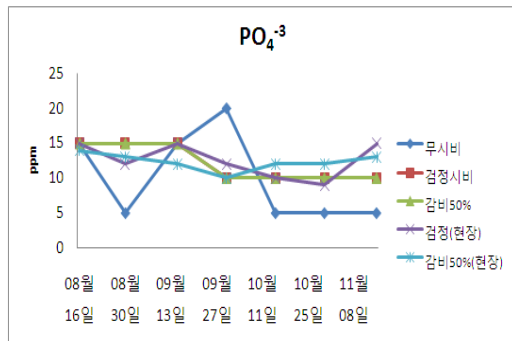
그림 8 처리별 토양 pH 변화



<그림 9> 처리별 토양의 EC 변화



<그림 10> 처리별 토양 NO<sub>3</sub>-N 변화



<그림 11> 처리별 토양 PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> 변화

기 적당한 pH로 판단되었다. 토양의 EC는 0.8~1.5dS/m를 나타 내었는데, 단기간 재배시 비료 차이에 의한 EC의 변화를 기대할 수 없었다. 수용성 질산태 질소의 경우 무시비의 경우는 재배 전기간 20~100ppm을 나타내어 작물이 자라기 위한 최적인 150ppm 모자랐고, 검정시비 처리시 7회 조사중 2회, 감비 50%처리시 1회, 검정(현장)처리시 4회, 감비 50%(현장)처리시 3회 150ppm을 초과 하였으나 일정한 경향은 없었다. 오이의 수량과 비교하여 종합적으로 검토 해 볼 때 현장진단을 통해 시비할 때 비료량을 줄 일수 있을 것이다. 수용성 인산의 경우 인산의 특성 때문에 전체적으로 기준값인 20ppm을 밑돌아 인산을 가용화 시킬 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각된다. 오이의 생육 및 수량은 표 10과 같다. 처리별로 수량 차이는 많지 않았지만 현장진단 기법을 활용 하였을 때 비료량도 줄이고 목표 수량도 얻을 수 있었다.

표 10. 처리별 오이 생육 및 수량

처 리	마릿수 (개)	수확갯수(개/10a)	상품수량 (kg/10a)
무시비	41	18,666	3,730 b
검정시비	46	20,167	4,033 a
감비50%	43	19,716	3,963 a
검정(현장)	43	18,238	3,633 b
감비50%(현장)	42	18,333	3,667 b

시험전·후 토양의 화학적 성질은 표 11과 같다. pH는 시험전과 대동소이 했으며, EC는 시험전과 비교 했을때 전체적으로 낮아지는 경향 이었는데, 이는 재배 기간동안 관수에 의한 물의 하향이동시 아래부분으로 이동했기 때문으로 생각된다. 토양유기물, 인산, 양이온은 시험전·후, 처리별 변동사항이 거의 없었다.

표 11. 시험후 처리별 토양의 화학적 성질

처리	pH	EC	OM	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	K	Mg
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(mg/kg)	---cmol+/kg---		
시험전	6.0	1.00	22	450	5.0	0.6	1.7
무시비	6.2	0.65	21	372	4.8	0.6	1.5
검정시비	6.2	0.89	21	400	4.8	0.5	1.6
감비50%	6.2	0.67	21	399	4.6	0.6	1.6
검정(현장)	6.2	1.11	22	400	4.6	0.6	1.3
감비50%(현장)	6.1	0.84	21	444	4.9	0.5	1.6

## <시험 2> 현장진단 활용 민원해결

정식후 40일후 옥수수의 엽장은 토양개량구II > 토양개량구 I > 농가관행 > 검정시비 순이었으며, 배추의 엽장도 토양개량구 처리시 31cm로 가장 좋았다(표 12).

표 12. 작물별 중간 생육상황(엽장) (cm)

처 리	옥수수		배추	
	정식후22일	정식후40일	정식후22일	정식후40일
농가관행	39	51	11	19
검정시비	43	48	17	24
토양개량구 I	46	58	20	31
토양개량구II	52	63	22	31

배추의 수확기 생육상황은 표 13과 같다. 토양개량구에서 엽장, 엽폭 등 생육이 좋았고 구중도 토양개량구에서 1.72kg, 1.81로 상품수량을 얻을수 있었다, 농가관행으로 재배했을 경우에는 배추의 구가 형성되지 않아 상품수량을 얻을수 없었다

표 13. 배추의 수확기 생육상황

구분	엽장(cm)	엽폭(cm)	주폭(cm)	주중(kg)	구폭(cm)	구중(kg)
농가관행	32.4	17.5	-	0.4	-	0.00
검정시비	40.3	32.1	11.2	2.1	15.2	0.42
토양개량구 I	45.7	36.4	20.9	3.2	17.2	1.72
토양개량구II	47.8	37.1	21.4	3.3	17.6	1.81

그림 12는 시험후 포장에서 직접 측정한 pH 값이다. 농가관행 처리시 시험전과 마찬가지로 3.9를 나타냈고, 토양개량 I, II 처리시 5.8, 6.0으로 토양의 pH가 많이 개선되었다. 현재 석회시용 최대량은 농용석회로 398kg/10a(농촌진흥청, 1999)이다. 그러나 본 시험에서는 작물의 수량이나, 토양의 화학성분을 고려할 때, pH가 많이 낮은(3.9)토양에서 생석회로 500kg/10a 까지 까지 시용 하였을때 토양환경 개선효과 와 더불어 작물의 목표수량을 얻을수 있었다.



농가관행

검정시비

토양개량 I

토양개량 II

<그림 12> 시험후 실시간진단에 의한 처리별 pH

표 14는 시험후 토양의 화학성을 실험실에서 정밀 분석한 결과이다. pH의 경우 현장에서 측정된 결과와 약간의 차이는 있었으나 경향은 일치 하였다. 유기물의 경우 토양개량구에서 퇴비 및 볏짚의 효과로 시험전 보다 약간 증가 하였고 인산도 같은 경향 이었다. 양이온도 토양개량구에서 약간 증가 하는 경향이였다.

표 14. 처리별 시험후 토양의 화학적 성질

처리	pH	EC	OM	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	K	Mg	LR
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(mg/kg)	---cmol+/kg---			(kg/10a)
시험전	4.1	0.35	31	349	0.77	0.28	0.16	398
농가관행	3.9	0.30	27	528	0.23	0.15	0.03	398
검정시비	4.6	0.40	31	564	1.21	0.22	0.13	398
토양개량구I	5.8	0.41	33	658	2.55	0.34	0.34	133
토양개량구II	5.7	0.40	33	676	2.88	0.27	0.17	133

#### 4. 적 요

##### <시험 1> 시설재배 작물 현장진단에 의한 양분관리 연구

###### - 2009(배추)

- 가. 현장진단을 기법을 활용하여 시설배추를 재배 할 경우 시험포장의 pH는 전기간 6.0 ~ 7.1로 양호하였다
- 나. PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>의 최소값은 20ppm 이상으로 인산 추비는 필요하지 않았다. NO<sub>3</sub>-N는 검정(현장) 처리시 총 7회 조사중 4회에 150ppm이하를 나타내어 추비 하였으며, 150ppm 이상일 경우에는 추비하지 않았다. 토양 EC는 초기 >2에서 점점 감소하여 처리별로 0.54~0.73을 나타내었다.
- 다. 배추의 수량은 검정(현장) 처리구에서 9,138kg/10a로 가장 많았고, 질소비료를 저감 할 수 있었다.

###### - 2010(오이)

- 가. 현장진단에 의한 pH는 처리별로 6근처에서 경시적인 변화가 있었음
- 나. 현장진단처리구의 수용성 질산태 질소 함량은 조사7회중 4회에 150ppm이 넘어 질소 질비료 57%를 절감할 수 있었다.
- 다. 오이의 수량은 검정시비구에서 4,033kg/10a로 가장 많았으며, 현장진단 처리구에서는 3,963kg/10a로 검정시비구와 유의적인 차이가 없었다.
- 라. 오이의 수량은 검정시비를 처리한 구에서 4,033kg/10a로 가장 높았음.

##### <시험 2> 현장진단 활용 민원해결

- 가. 시험전 토양의 현장진단결과 pH는 3.9로 산성토였음.
- 나. 배추의 수확기 구중은 토양개량구2에서 1.81kg으로 가장 높았음.
- 다. 시험후 토양의 pH는 토양개량구 처리에서 5.8, 5.7로 교정 되었으며, 농가관행구는 시험전과 같은 3.9였다.

## 5. 인용문헌

- 강원도농업기술원. 2008. 강원도 주요작물 재배지 토양검정사업 보고서.
- 김권래, 김계훈. 2003. Test strip과 Chlorophyll meter를 이용한 오이의 신속한 영양진단. 한국토양비료학회지 36:272-279.
- 김기덕, 이재욱, 조일환, 김태영, 우영희, 남은영, 문보흠. 2004. 반축성 관비재배 오이의 생육단계별 시비관리를 위한 일일시비량 및 엽병즙액의 농도 기준설정 한국생물환경 조절학회지 13:96-101.
- 농촌진흥청. 2000. 토양 및 식물체 분석법
- 농촌진흥청. 1999. 작물별 시비처방기준.
- Buckerfield, J.C. and K.A. Webster. 2002. Organic matter management in vineyards: mulches for soil maintenance. The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker. 461: 26~30.
- 손상목, 한도희. 2000. 한국 토착유기농업의 토양비옥도 증진책에 대한 환경보전적 기능 평가. 한국토양비료학회지 33: 193~204.
- 이용환, 이상계, 김승환, 신재훈, 최두희, 이윤정, 김한명. 2006. 국내 유기농재배지 유기물 시용실태 및 토양의 화학적 특성. 한국유기농업학회지 14: 55~67.
- 조현준, 황선웅, 한경화, 조희래, 신재훈, 김이열. 2009. 유기농 밭토양의 물리화학적 특성. 한국토양비료학회지 42: 98~102.

## 6. 연구결과 활용

- 시설배추 재배시 토양 간이진단에 의한 질소비료 감비효과(2009. 영농활용)
- 시설배추 재배시 토양 간이진단에 의한 질소비료 감비효과(2010. 논문발표)
- 시설오이 관비 재배시 적합한 시비방법(2010. 영농활용)
- 실시간 토양진단에 의한 신속한 토양환경 개선(2010. 영농활용)

## 7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'09	'10
책임자	환경농업연구과	농업연구사	임수정	과제 총괄	○	○
공동연구자	"	농업연구관	안문섭	연구협조	○	○
"	"	농업연구사	최승출	"	○	○
"	"	"	김세원	"	○	○
"	"	연구원	김남호	"	○	○
"	"	"	최용범	"	○	○
"	"	"	정운환	"	○	○
"	"	농업연구관	강안석	연구방향 설정	○	○