과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
에너지 저투입 신제형비료 개발 및 이용기술 연구		옥수수, 고추, 배추	'09~'10	농업기술원 작물개발과	조광래
주요 밭작물 시비 절감형 전용비료 개발		옥수수, 고추, 배추	'09~'10	농업기술원 작물개발과	조광래
색인용어	신제형비료, 시비절감, 옥수수, 고추, 배추				

ABSTRACT

This study was carried out to investigate optimal application rate of the complex fertilizers containing PAA (Polyaspartic Acid). Three crops (corn and red pepper and Chinese cabbage) were cultivated at upland soils in 2010. The fertilizer ratio ($N-P_2O_5-K_2O$) of complex fertilizers used in the experiment were 12-5-9% for corn, 12-13-11% for red pepper, and 11-8-11% for Chinese cabbage cultivation, respectively. The standard amount of fertilizer ($N-P_2O_5-K_2O$) applied at experimental plots of corn and red pepper and Chinese cabbage were 158-30-63Mg ha^{-1}, 190-112-149Mg ha^{-1}, and 320-78-198ha^{-1}, respectively. The recommended rate of fertilizer ($N-P_2O_5-K_2O$) applied in cultivation fields of corn and red pepper and Chinese cabbage based on soil testing were 190-30- 183Mg ha^{-1}, 190-85-114Mg ha^{-1}, and 382-196-271Mg ha^{-1}, respectively. The basal fertilization ($N-P_2O_5-K_2O$) rate at both standard and recommended fertilizer applications in cultivation of corn and red pepper and Chinese cabbage were 50-100-100% and 54-100-61% and 34-100-55%, and additional fertilization were 50-0-0% and 46-0-39% and 66-0-45%. The PAA-containing complex fertilizers were applied at 0, 50, 75 and 100% levels as basal dressing. For example, the fertilization rate ($N-P_2O_5-K_2O$) of complex fertilizers applied at the level of 100% of standard application rate were 120-50-90Mg ha^{-1} for corn, 120-130-110Mg ha^{-1} for red pepper, and 110-80-110Mg ha^{-1} for Chinese cabbage, respectively. The additional fertilization rate after complex fertilizers application were as much as that of standard fertilizer application and recommended fertilization. The growth parameters of 3 different crops and their nitrogen use efficiency treated with PAA-containing complex fertilizers at a 75% level were not different from

compared with that of control, and their yields were not significantly different between plot of complex fertilizers application and control. Thus, optimum application rate of the PAA- containing complex fertilizers as a basal fertilization was determined to be 75% of standard application rate.

Key words : Polyaspartic Acid, Corn, Red pepper, Chinese cabbage

1. 연구목표

농식품의 안전성에 대한 국민적인 관심이 높아지면서 합성물질인 화학비료와 농약에 대해 부정적인 시각이 있는 반면, 자연산이나 천연물질이라면 무조건 좋다는 인식을 갖고 있다. 어떤 물질이 안전성이나 효율성은 농도에 따라 달라지며, 완전히 안전한 물질이란 존재하지 않는다. 그러므로 화학비료도 적정량을 시용하면 농업환경에 나쁜 영향을 주지 않는다고 할 수 있다. 화학비료가 만들어진지 수백 년이 지난 지금까지도 선진국에서 사용하고 있다는 것이 이를 증명해 주고 있다. 화학비료가 인류의 먹거리를 위해 작물생산성에 많은 기여를 한것에 대해서는 그 누구도 부정하지 못할 것이다.

우리나라의 토양은 대부분 유기물함량이 적어 양분보존능이 낮은 편이어서 시용된 비료의 유실이 많아 질소의 경우 작물이 흡수 이용되는 것은 30~40%에 불과하며, 일부는 유실되어 농경지 주변의 하천수나 지하수를 오염시킬 우려가 있는 등 많은 문제점이 있다. 이와 같은 비료의 문제점을 해소하는 측면에서 완효성비료와 BB (Bulk Blending) 비료의 사용이 대안으로 제기되고 있다. 완효성비료는 시비노동력이 절감되는 동시에 양분의 이용율이 높으므로 시비량의 절감이 가능하고, 비료성분의 유출을 적게하여 농업환경 오염을 경감시킬 수 있다는 점에서 현재 사용하고 있는 비료중에서 가장 이상적인 비료라할 수 있다. 완효성비료는 외국은 오래전부터 개발 공급되고 있으나 우리나라에서는 1970년대 미국에서 SCU(Sulfur Coated Urea)를 도입하여 1979년까지 시험에 성공하였으나 공급되지는 않았다. 그 후 1985년에 주식회사 조비에서 LCU(Latex Coated Urea)를 생산하여 공급하고 있으며, 최근에는 일본기술을 도입하여 CDU, IBDU, Meister 등을 생산하여 공급하고 있으나 보급 실적은 미미한 실정이다. BB 비료는 다양화되어 가는 작목 및 토양조건에 맞게 단순배합에 의하여 원하는 질소, 인산, 칼륨 성분 및 미량요소를 쉽게 배합하여 작물 및 토양특성에 적합한 양분을 공급할 수 있는 장점이 있다. BB 비료도 완효성비료와 마찬가지로 비료성분의 손실을 줄이면서 양분의 효율을 극대화시킬 수 있는 공통점은 갖고 있지만, 아직도 일부 농가에서는 관행적으로 원예용이나 밭작물용 등의 복합비료를 많이 사용하고 있다. 국내에서 생산되는 BB 비료로는 수도용으로는 공급되고 있지만 밭작물용으로는 공급이 미미한 실정이다. 따라서 밭작물별로 BB형 전용 복합비료의 개발이 필요하다고 생각된다.

이에 경기도농업기술원에서는 (주)동부한농과 공동으로 비료의 손실을 줄여 시비효율을 높일 수 있는 물질인 비효증진제가 함유된 BB형 옥수수, 고추, 배추재배 전용 복합비료를 개발하여 기비의 시용기준을 설정코자 시용량별로 시용효과를 검토하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2010년도에 경기도농업기술원의 밭포장에서 수행하였다. 시험토양은 사양토로써 유기물, 유효인산, 치환성양이온 등의 양분함량이 경기도의 밭토양 화학성(경기도원, 2009) 평균치에 비해 낮은 토양이었다.

표 1. 작물별 시험전 토양화학성

시험포장	pH (1:5)	OM (g kg^{-1})	Av. P_2O_5 (mg kg^{-1})	Ex.cations(cmol kg^{-1})				EC (dS m^{-1})
				K	Ca	Mg	Na	
옥수수	5.7	12	416	0.26	4.2	1.5	0.06	0.29
고 추	5.8	13	467	0.88	4.0	1.4	0.03	0.44
배 추	5.4	10	263	0.18	3.9	1.4	0.06	0.61
경기도 평균('09)	6.3	21	812	0.92	5.7	1.8	0.10	0.76

시험작물로 옥수수(광평옥)는 4월 15일에 60×25cm 재식거리로 파종하여 8월 2일까지 재배하였으며, 고추(슈퍼마니따)는 5월10일에 90×40cm 간격으로 정식하여 9월 24일까지 재배하였고, 배추(CR맛배추)는 90×40cm 간격으로 9월 5일에 정식하여 11월 11일까지 재배하였다. 경기도농업기술원과 (주)동부한농이 공동개발하여 시험에 사용한 작물별 전용 복합비료(전용복비)의 성분함량은 옥수수는 N-P_2O_5-K_2O=12-5-9%, 고추는 N-P_2O_5-K_2O=12-13-11%, 배추는 N-P_2O_5-K_2O=11-8-11% 이었다. 처리내용은 토양검정3요소구를 대조로 표준시비, 작물별 전용복비 0, 50, 75, 100% 시용구 등 6처리를 두었다. 작물별 전용복비는 기비로만 시용했으며 작물별 전용복비 100% 시용구의 10a 기비량은 옥수수는 N-P_2O_5-K_2O=12-5-9kg, 고추는 N-P_2O_5-K_2O=12-13-11kg, 배추는 N-P_2O_5-K_2O=11-8-11kg 이었고, 토양검정3요소구의 10a당 시비량은 옥수수는 N-P_2O_5-K_2O=19-3-18.3kg, 고추는 N-P_2O_5-K_2O=19-8.5-11.4kg, 배추는 N-P_2O_5-K_2O=38.2-19.6-27.1kg 이었다. 작물별 표준시비량과 분시비율(기비/추비) 및 토양검정3요소구 분시비율은 작물별 시비처방 기준(농과원, 2006)에 준해서 시용하였다. 그리고 작물별 전용복비 50, 75, 100% 시용구의 추비량은 표준시비구의 추비량과 동량으로 분시하였다. 한편 표준시비구와 토양검정3요소시용구의 질소는 요소로, 인산은 용과린, 칼륨은 염화칼리로 주었으며, 작물별 전용복비 시용구의 추비는 질소는 요소로, 칼륨은 염화칼리로 시용하였다.

토양과 옥수수, 고추 및 배추 식물체 분석은 토양 및 식물체 분석법(농과원, 2000)에 준하였다. 토양분석용 시료는 오가를 이용 토양을 채취한 후 음건하여 2㎜ 체를 통과시킨 것을 사용하였다. 토양의 pH와 EC(Electrical conductivity)는 초자전극법에 의거 pH meter (ATI orion 370)와 EC meter(ATI orion 170)로 각각 측정하였으며, OM은 Tyurin법, Av.P_2O_5은 Lancaster법으로 분석하였다. 토양의 Exchangeable cations은 1N-NH_4OAC (pH 7.0) 완충용액으로 침출하여 유도결합플라즈마 발광광도계(GBC, Integra XMP)로 정량하였으며, NO_3-N는 시료를 2M KCl 용액으로 침출하여 Kjeldahl법으로 분석하였다. 식물체의 T-N, P_2O_5, K_2O 성분은 건시료 5g을 습식분해(H_2SO_4:$HClO_4$: 증류수=1:9:4, v/v/v) 하여 T-N은 Kjeldahl법, P_2O_5은 Vanadate법으로 분석하고, K_2O는 유도결합플라즈마 발광광도계(GBC, Integra XMP)로 정량하였다. 옥수수, 고추 및 배추의 생육 및 수량조사는 농사시험연구 조사기준(농진청, 1995)에 준하여 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 옥수수

옥수수 파종 후 시기별로 식물체중의 T-N, P_2O_5, K_2O 함량을 조사한 결과는 표 2, 3, 4와 같다. 파종 후 45일의 옥수수 전용 복합비료(전용복비) 75% 시용구의 T-N 함량은 28.4g kg^{-1}으로 대조구인 토양검정3요소 시용구 T-N 함량 28.7g kg^{-1}에 비해 약간 적었으나 전용복비 100% 시용구에서는 29.7g kg^{-1} 으로 다소 높은편이었으며, 파종 후 75일과 수확기(파종 후 105일)의 줄기와 이삭중의 T-N 함량도 파종 후 45일과 같은 경향이었다. 옥수수 식물체중의 인산 함량은 파종 후 45일, 75일, 105일 모두 T-N 함량과 같은 경향으로써 대조구의 인산 함량이 전용복비 75%와 100% 시용구 범위이었다. 그러나 K_2O 함량은 토양검정3요소 시용구에 비해 전용복비 100% 시용구에서도 부족한 현상이었다.

표 2. 옥수수 식물체 T-N 함량 변화(g kg^{-1})

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)		
			줄기	이삭	뿌리
1. 표준시비	26.4	12.5	11.4	13.2	4.9
2. 전용복비 0%	23.2	10.1	7.0	12.2	3.0
3. 전용복비 50%	25.5	11.9	11.1	12.8	4.5
4. 전용복비 75%	28.4	12.9	11.7	13.7	5.2
5. 전용복비 100%	29.7	13.6	12.3	14.1	5.5
6. 토양검정3요소	28.7	13.0	11.8	13.8	5.2

표 3. 옥수수 식물체 P_2O_5 함량 변화(g kg^{-1})

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)		
			줄기	이삭	뿌리
1. 표준시비	8.3	7.7	7.2	5.9	4.5
2. 전용복비 0%	7.6	7.2	6.1	5.0	3.6
3. 전용복비 50%	8.0	7.4	6.9	5.3	4.1
4. 전용복비 75%	9.1	7.6	7.4	5.6	4.4
5. 전용복비 100%	10.2	8.0	7.8	5.9	4.6
6. 토양검정3요소	9.2	7.8	7.6	5.7	4.5

표 4. 옥수수 식물체 K_2O 함량 변화(g kg^{-1})

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)		
			줄기	이삭	뿌리
1. 표준시비	57.5	34.5	21.7	12.8	25.6
2. 전용복비 0%	52.1	32.3	13.9	11.0	21.6
3. 전용복비 50%	53.2	33.8	17.1	11.9	24.8
4. 전용복비 75%	58.2	34.3	21.2	12.5	25.2
5. 전용복비 100%	58.6	34.7	21.8	12.6	26.2
6. 토양검정3요소	61.1	35.1	24.6	13.0	26.7

옥수수 재배기간중에 식물체에 의한 T-N, P_2O_5, K_2O 흡수량을 조사한 결과는 표 5, 6, 7과 같다. 파종 후 45일과 75일에서 옥수수가 흡수한 토양검정3요소 시비구의 T-N, P_2O_5 흡수량은 T-N, P_2O_5 함량과 같은 경향으로 전용복비 75%와 100% 시용구 사이이었다. 수확기에 줄기, 이삭, 뿌리가 흡수한 총 T-N, P_2O_5, K_2O 흡수량은 토양검정3요소 시용구와 전용복비 75%, 100% 시용구간에 통계적인 유의차가 없어 흡수량으로만 보아을 때 옥수수 전용복비는 기비로 75% 해당량만 시용해도 될 것으로 생각된다.

표 5. 옥수수 식물체 T-N 흡수량(kg $10a^{-1}$)

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)			
			줄기	이삭	뿌리	계
1. 표준시비	0.76	12.45	9.33	7.91	0.51	17.75 bc
2. 전용복비 0%	0.47	7.52	4.58	4.07	0.17	8.82 d
3. 전용복비 50%	0.73	10.53	8.05	6.97	0.44	15.46 c
4. 전용복비 75%	0.87	13.70	9.22	8.36	0.54	18.12 abc
5. 전용복비 100%	1.06	16.17	9.88	10.08	0.68	20.64 a
6. 토양검정3요소	0.88	13.96	9.97	8.39	0.62	18.98 ab

표 6. 옥수수 식물체 P_2O_5 흡수량(kg $10a^{-1}$)

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)			
			줄기	이삭	뿌리	계
1. 표준시비	0.24	7.63	5.92	3.56	0.47	9.95 ab
2. 전용복비 0%	0.16	5.26	4.02	1.63	0.20	5.85 c
3. 전용복비 50%	0.23	6.69	5.02	2.88	0.40	8.30 b
4. 전용복비 75%	0.28	8.10	5.82	3.41	0.45	9.68 ab
5. 전용복비 100%	0.36	9.52	6.25	4.19	0.57	11.01 a
6. 토양검정3요소	0.28	8.26	6.50	3.46	0.54	10.50 a

표 7. 옥수수 식물체 K_2O 흡수량(kg $10a^{-1}$)

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)			
			줄기	이삭	뿌리	계
1. 표준시비	1.67	34.28	17.67	7.63	2.70	28.00 a
2. 전용복비 0%	1.06	23.55	9.22	3.64	1.21	14.07 c
3. 전용복비 50%	1.51	30.54	12.55	6.46	2.42	21.43 b
4. 전용복비 75%	1.79	36.34	16.71	7.64	2.63	26.98 a
5. 전용복비 100%	2.09	41.32	17.20	8.97	3.22	29.39 a
6. 토양검정3요소	1.86	37.20	20.37	7.89	3.17	31.43 a

옥수수의 질소흡수이용율은 파종 후 시기가 경과될 수 록 높아지고, 파종 후 75일과 105일에서는 전용복비의 시용량이 증가할 수 록 높아지는 경향이었다. 질소흡수이용율이 가장 높았던 수확기에 전용복비의 100% 시용구는 75%로 토양검정3요소 시용구 54%에 비해 높았으며, 전용복비 50%, 75% 시용구의 경우도 토양검정3요소 시용구에 비해 질소흡수이용율이 높은 것으로 조사되었다(표 8). 이는 비효증진제(Polyaspartic Acid)에 의한 NO_3^--N이온의 용탈량이 적어 질소 흡수량의 증가에 의한 원인이라 생각된다.

표 8. 옥수수 식물체 질소흡수이용율 변화(%)

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)
1. 표준시비	4	42	56
3. 복비 50%	7	42	56
4. 복비 75%	7	63	67
5. 복비 100%	7	73	75
6. 토양검정3요소	4	45	54

옥수수의 건물중과 CO_2 고정량을 경시적으로 조사한 결과는 표 9, 10과 같다. 전용복비 75% 시용구의 건물중은 파종 후 45일에서는 토양검정3요소 시용구의와 대등한 수준을 보였으나 파종 후 75일에서는 다소 높았으며, CO_2 고정량도 같은 경향이었다. 그리고 토양검정3요소 시비구의 수확기에 줄기, 이삭, 뿌리를 합한 총 건물중은 10a 당 1,573kg 으로 전용복비 75~100% 시용구 범위이었고, CO_2 고정량도 같은 양상이었다.

표 9. 옥수수 식물체 건물중 변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)			
			줄기	이삭	뿌리	계
1. 표준시비	29	992	818	597	106	1,521
2. 전용복비 0%	20	731	660	328	56	1,044
3. 전용복비 50%	28	900	730	543	97	1,370
4. 전용복비 75%	31	1,060	786	612	104	1,502
5. 전용복비 100%	36	1,191	801	716	124	1,641
6. 토양검정3요소	31	1,058	846	607	120	1,573

표 10. 옥수수 식물체 CO_2고정량 변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	파종후 45일	75일	105일(수확기)			
			줄기	이삭	뿌리	계
1. 표준시비	51	1,766	1,542	1,176	193	2,911
2. 전용복비 0%	37	1,293	1,228	644	106	1,978
3. 전용복비 50%	51	1,605	1,376	1,068	182	2,626
4. 전용복비 75%	55	1,913	1,463	1,204	188	2,855
5. 전용복비 100%	62	2,147	1,496	1,409	227	3,132
6. 토양검정3요소	55	1,897	1,564	1,193	220	2,977

전용복비 75% 시용구에서의 초장, 엽수, 경경 등 옥수수의 생육은 토양검정3요소 시용구와 비슷한 수준이었으나 100% 시용구에서는 토양검정3요소 시용구에 비해 다소 좋은 편이었다(표 11). 옥수수의 생체수량은 토양검정3요소 시비구 7,392kg $10a^{-1}$와 전용복비 75%, 100% 시용구간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 건물수량도 같은 경향이었다. 따라서 생체수량과 건물수량으로 보아 토양검정3요소 시용구와 대등한 옥수수 전용 복합비료의 기비 시용수준은 75%가 적정하리라 생각된다(표 13).

표 11. 옥수수 생육 및 수량

처리내용	생육						수량	
	초장(cm)		엽수(매 주$^{-1}$)		경경(mm)		생체수량 (kg 10a^{-1})	건물수량 (kg 10a^{-1})
	파종후 75일	105일	파종후 75일	105일	파종후 75일	105일		
1. 표준시비	296	321	11.4	13.7	27.2	28.2	7,171 b	1,414 ab
2. 전용복비 0%	259	302	9.7	13.1	22.8	23.8	4,859 d	988 c
3. 전용복비 50%	279	316	11.1	13.4	26.3	27.2	6,412 c	1,273 b
4. 전용복비 75%	301	323	11.5	13.9	27.8	28.4	7,411 ab	1,398 ab
5. 전용복비 100%	307	331	11.9	14.1	28.8	29.5	8,085 a	1,517 a
6. 토양검정3요소	303	322	11.6	13.8	28.0	28.4	7,392 ab	1,453 ab

옥수수 재배 후 토양중의 NO_3^{-1}-N, Av. P_2O_5, Ex-K 함량은 전용복비의 시용량이 증가할수 록 높아지는 경향이었다. 시험후의 Av. P_2O_5 함량은 전용복비 100% 시용구와 토양검정3요소 시비구간에도 축적 정도가 인정되지 않았으나, Ex-K 함량은 전용복비 75%, 100% 시용구에 비해 토양검정3요소 시비구에서 축적되는 경향이었다(표 12).

표 12. 옥수수 재배지 시험후 토양화학성

처리내용	NO_3^{-1}-N (mg kg^{-1})		Av.P_2O_5 (mg kg^{-1})		Ex-K (cmol kg^{-1})	
	시험전	시험후	시험전	시험후 ns	시험전	시험후
1. 표준시비	13	4	416	410	0.26	0.16 ab
2. 복비 0%	13	2	416	391	0.26	0.10 c
3. 복비 50%	13	4	416	449	0.26	0.11 c
4. 복비 75%	13	5	416	435	0.26	0.12 c
5. 복비 100%	13	7	416	423	0.26	0.13 bc
6. 토양검정3요소	13	12	416	415	0.26	0.17 a

나. 고추

고추 정식 후 30일, 60일, 130일에서 토양검정3요소 시비구의 고추 식물체중의 T-N 함량과 대등한 고추의 전용 복합비료(전용복비) 시용수준은 75~100% 범위이었으며, 과실중의 T-N 함량도 식물체와 같은 경향이었다(표 13). 그리고 P_2O_5 함량이 토양검정3요소 시비구와 비슷한 전용복비의 시용수준은 50~75% 이었으며(표 14), K_2O 함량이 토양검정3요소 시비구와 대등 전용복비의 시용수준은 0~50%(표 15) 범위이었다. 따라서 본 시험에서와 같은 토양조건하에서 고추 전용복비를 시용하여 고추를 재배하면 전용복비내의 인산과 칼리의 시비절감 효과가 토양검정3요소 시비구에 비해 크리라 생각된다.

표 13. 고추 식물체 T-N 함량 변화(g kg^{-1})

처리내용	정식 후(일)				과실			
	30	60	130		1차	2차	3차	평균
			줄기	뿌리				
1. 표준시비	32.1	23.2	18.2	13.5	21.7	27.1	4.9	17.9
2. 전용복비 0%	26.6	19.3	13.5	11.2	18.5	22.1	3.6	14.7
3. 전용복비 50%	31.9	21.7	17.3	12.3	21.4	25.9	4.1	17.1
4. 전용복비 75%	32.1	23.2	18.0	12.6	21.5	26.8	4.5	17.6
5. 전용복비 100%	32.8	23.5	18.9	13.8	22.4	27.8	5.1	18.4
6. 토양검정3요소	32.3	23.3	18.3	13.7	21.7	27.3	5.0	18.0

표 14. 고추 식물체 P_2O_5 함량 변화(g kg^{-1})

처리내용	정식 후(일)				과실			
	30	60	130		1차	2차	3차	평균
			줄기	뿌리				
1. 표준시비	10.8	8.5	3.6	6.3	8.7	8.8	6.9	8.1
2. 전용복비 0%	8.6	7.6	2.7	5.2	6.7	7.4	5.9	6.7
3. 전용복비 50%	10.3	8.1	3.3	5.7	7.8	8.2	6.5	7.5
4. 전용복비 75%	10.6	8.4	3.5	6.1	8.3	8.7	6.8	7.9
5. 전용복비 100%	10.9	8.6	3.8	6.4	8.9	9.1	7.0	8.3
6. 토양검정3요소	10.4	8.2	3.4	6.0	8.2	8.5	6.7	7.8

표 15. 고추 식물체 K_2O 함량 변화(g kg^{-1})

처리내용	정식후(일)				과실			
	30	60	130		1차	2차	3차	평균
			줄기	뿌리				
1. 표준시비	61.2	54.2	29.9	20.7	43.2	41.9	31.7	38.9
2. 전용복비 0%	53.2	51.2	23.6	16.7	38.5	38.3	28.3	35.0
3. 전용복비 50%	60.3	53.1	27.5	18.7	41.9	40.5	30.3	37.6
4. 전용복비 75%	60.9	53.8	29.6	19.4	43.1	40.8	31.3	38.4
5. 전용복비 100%	61.3	54.8	31.6	21.5	43.6	42.0	32.3	39.3
6. 토양검정3요소	59.0	52.9	27.3	18.2	41.8	40.2	30.2	37.4

고추 정식 후 T-N, P_2O_5, K_2O 흡수량을 조사한 결과는 표 16, 17, 18와 같다. 정식 후 130일에 줄기, 뿌리 및 과실이 흡수한 총 T-N 흡수량은 토양검정3요소 시비구 4.57kg $10a^{-1}$ 에 비해 전용복비 75% 시용구는 4.30kg $10a^{-1}$ 으로 0.27kg $10a^{-1}$ 적고 100% 시용구는 4.94kg $10a^{-1}$ 으로 0.37kg $10a^{-1}$ 많았으나, 토양검정3요소 시용구와 전용복비 75%, 100% 시용구간에는 통계적인 유의차가 인정되지 않았다. 그리고 P_2O_5, K_2O 흡수량의 경우도 T-N 흡수량과 같은 경향으로 토양검정3요소 시용구와

전용복비 75%, 100% 시용구간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 따라서 T-N, P_2O_5, K_2O 흡수량으로 볼 때 토양검정3요소 시비구와 대등한 수준의 전용복비 시용량은 75%가 적정하리라 생각된다.

표 16. 고추 식물체 T-N 흡수량 변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	정식 후(일)					
	30	60	130			
			줄기	뿌리	과실	계
1. 표준시비	1.16	7.54	0.80	0.63	3.07	4.50 ab
2. 전용복비 0%	0.56	4.54	0.40	0.35	1.75	2.50 d
3. 전용복비 50%	1.03	6.34	0.66	0.50	2.52	3.68 c
4. 전용복비 75%	1.25	7.65	0.79	0.59	2.92	4.30 b
5. 전용복비 100%	1.31	8.24	0.91	0.68	3.35	4.94 a
6. 토양검정3요소	1.20	7.67	0.82	0.65	3.10	4.57 ab

표 17. 고추 식물체 P_2O_5 흡수량 변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	정식 후(일)					
	30	60	130			
			줄기	뿌리	과실	계
1. 표준시비	0.39	2.77	0.16	0.30	1.39	1.85 ab
2. 전용복비 0%	0.18	1.79	0.08	0.16	0.79	1.03 d
3. 전용복비 50%	0.33	2.36	0.13	0.23	1.11	1.47 c
4. 전용복비 75%	0.42	2.75	0.16	0.29	1.32	1.77 b
5. 전용복비 100%	0.43	3.02	0.18	0.31	1.51	2.00 a
6. 토양검정3요소	0.39	2.70	0.15	0.28	1.35	1.78 ab

표 18. 고추 식물체 K_2O 흡수량 변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	정식 후(일)					
	30	60	130			
			줄기	뿌리	과실	계
1. 표준시비	2.22	17.64	1.32	0.97	6.64	8.93 a
2. 전용복비 0%	1.12	11.97	0.69	0.52	4.15	5.36 c
3. 전용복비 50%	1.95	15.44	1.05	0.76	5.52	7.33 b
4. 전용복비 75%	2.37	17.70	1.29	0.90	6.36	8.55 ab
5. 전용복비 100%	2.46	19.12	1.52	1.05	7.13	9.70 a
6. 토양검정3요소	2.21	17.37	1.22	0.86	6.44	8.52 ab

고추 식물체에 의한 시기별 질소흡수이용율를 조사한 결과는 표 19와 같다. 질소흡수이용율은 정식 후 30일에서 60일까지는 증가하다가 정식 후 130일에서는 다시 감소하는 경향을 보였다. 처리간의 질소흡수이용율은 정식 후 30일과 60일에서는 전용복비 75% 시용구에서 정식 후 130일에서는 100% 시용구에서 제일 높았다(표 19).

표 19. 고추 식물체 질소흡수이용율 변화(%)

처리내용	정식 후 30일	60일	130일
1. 표준시비	6	23	10
3. 전용복비 50%	9	23	9
4. 전용복비 75%	10	30	11
5. 전용복비 100%	8	28	13
6. 토양검정3요소	6	24	11

고추 식물체의 건물중은 정식 후 130일에서의 T-N 흡수량(표 16)과 같은 경향으로 토양검정3요소 시비구 264kg $10a^{-1}$ 에 비해 전용복비 75% 시용구에서는 256kg 10^{-1} 으로 다소 적고 100% 시용구에서는 278kg $10a^{-1}$ 으로 많았으나 통계적으로 처리간의 유의적인 차이는 없었으며(표 20), 고추 식물체에 의한 CO_2고정량(표 21)도 건물중과 같은 경향이었다.

표 20. 고추 식물체 건물중 변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	정식 후 30일	60일	130일			
			줄기	뿌리	과실	계
1. 표준시비	36	325	44	47	171	262 a
2. 전용복비 0%	21	234	29	31	118	178 c
3. 전용복비 50%	32	291	38	41	147	226 b
4. 전용복비 75%	39	329	44	46	166	256 a
5. 전용복비 100%	40	349	48	49	181	278 a
6. 토양검정3요소	37	328	45	47	172	264 a

표 21. 고추 식물체 CO_2고정량 변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	정식후 30일	60일	130일			
			줄기	뿌리	과실	계
1. 표준시비	61	570	83	91	320	494 a
2. 전용복비 0%	37	410	56	60	223	339 c
3. 전용복비 50%	55	510	72	78	276	426 b
4. 전용복비 75%	66	567	83	88	313	484 a
5. 전용복비 100%	68	606	89	93	341	523 a
6. 토양검정3요소	64	572	86	89	325	500 a

고추 정식 후 30일과 60일에의 초장과 경경 등 생육상황을 조사한 결과는 표 22와 같다. 정식 후 30일에서 전용복비 75% 시비구의 초장과 경경은 토양검정3요소 시비구와 같았으나 정식 후 60일에서는 초장이 약간 작고 경경은 같은 것으로 나타났다. 고추의 생체수량과 건물수량(표 22)은 정식 후 130일의 T-N, P_2O_5, K_2O 흡수량(표 16, 17, 18) 및 건물중(표 20) 등과 같은 경향으로써 토양검정3요소와 전용복비 75% 시용구간 또는 100% 시용구간에 통계적인 차이가 없어 비료의 절감측면에서 고추의 전용비료는 75%만 시용해도 될 것으로 생각된다.

표 22. 고추 생육 및 수량

처리내용	생육				수량	
	초장(cm)		경경(mm)		생체수량	건물수량
	정식후 30일	60일	정식후 30일	60일		
1. 표준시비	54.7	89.3	9.5	18.5	1,097 a	171 a
2. 전용복비 0%	45.8	77.0	7.4	16.7	707 c	118 c
3. 전용복비 50%	52.1	86.8	9.0	18.0	920 b	147 b
4. 전용복비 75%	54.8	89.2	9.6	18.6	1,087 ab	166 ab
5. 전용복비 100%	56.2	91.4	9.8	19.2	1,166 a	181 a
6. 토양검정3요소	54.8	89.5	9.6	18.6	1,100 a	172 a

고추 재배 후 토양중의 NO_3^{-1}-N, Av. P_2O_5, Ex-K 함량을 조사한 결과는 표 23과 같다. NO_3^--N 함량은 전용복비의 시용량이 증가됨에 따라 높아지는 경향이었으며 토양검정3요소 시비구에 비해 축적정도는 적었다. Av. P_2O_5 함량은 토양검정3요소 시비구 463mg kg^{-1}에 비해 전용복비 75% 시용구는 473mg kg^{-1} 으로 10mg kg^{-1}, 100% 시용구는 507mg kg^{-1} 으로 44mg kg^{-1} 각각 많았으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. 그러나 전용복비 75% 시용구에서의 Ex-K 함량은 0.40cmol kg^{-1} 으로 토양검정3요소 시비구 0.30cmol kg^{-1} 에 비해 0.10cmol kg^{-1} 높아졌으나 유의적으로 증가하지는 않았으며, 전용복비 100% 시용구에서는 0.44cmol kg^{-1} 으로 토양검정3요소 시용구에 비해 축적되는 경향이었다. 따라서 고추 재배 후의 Ex-K 함량으로 보아 전용복비 100% 시용할 경우는 토양검정3요소 시비구에 비해 Ex-K 함량이 축적되므로 지양되어야 한다고 생각된다.

표 23. 고추 재배지 시험후 토양화학성

처리내용	NO_3^--N (mg kg^{-1})		Av. P_2O_5 (mg kg^{-1})		Ex-K (cmol kg^{-1})	
	시험전	시험후	시험전	시험후	시험전	시험후
1. 표준시비	13	37	467	449 ab	0.88	0.32 bc
2. 복비 0%	13	11	467	410 b	0.88	0.24 c
3. 복비 50%	13	32	467	431 ab	0.88	0.35 ab
4. 복비 75%	13	34	467	473 ab	0.88	0.40 ab
5. 복비 100%	13	37	467	507 a	0.88	0.44 a
6. 토양검정3요소	13	44	467	463 ab	0.88	0.30 bc

다. 배추

배추의 생육초기인 정식 후 20일에서 전용복비 100% 시용구에서의 식물체중 T-N 함량은 토양검정3요소 시비구에 비해 낮아 흡수량도 떨어지는 경향이었으나, 정식 후 40일에서는 T-N 흡수가 다소 회복되어 흡수량도 높아졌으며, 정식 후 60일에서는 전용복비 75%, 100% 시용구의 T-N 흡수량이 토양검정3요소 시용구와 대등하여 통계적인 유의적인 차이가 없었다(표 24). P2O5 함량은 정식 후 20일, 40일, 60일 모두 전용복비 시용구가 토양검정3요소 시용구에 비해 낮은편이었다. 그러나 정식 후 60일에서의 P2O5 흡수량 T-N 흡수량(표 24)과 같은 경향으로 전용복비 75%, 100% 시용구와 토양검정3요소 시용구간에 차이가 인정되지 않았으며(표 25), K2O 함량과 정식 후 60일에서 K2O의 흡수량의 경우도 같은 경향이었다(표 26).

표 24. 배추 식물체 T-N 함량 및 흡수량 변화

처리내용	T-N 함량(g kg^{-1})			T-N 흡수량(kg 10a^{-1})		
	정식후 20일	40일	60일	정식후 20일	40일	60일
1. 표준시비	41.6	29.5	26.8	2.33	11.58	16.88 a
2. 전용복비 0%	31.2	16.9	16.0	1.17	2.50	2.85 c
3. 전용복비 50%	41.5	28.4	23.7	1.86	9.26	12.31 b
4. 전용복비 75%	41.7	29.3	25.8	2.20	12.23	16.46 a
5. 전용복비 100%	41.8	30.3	27.2	2.43	13.51	18.39 a
6. 토양검정3요소	42.3	29.7	26.9	2.68	12.96	17.66 a

표 25. 배추 식물체 P_2O_5 함량 및 흡수량 변화

처리내용	P_2O_5 함량(g kg^{-1})			P_2O_5 흡수량(kg 10a^{-1})		
	정식후 20일	40일	60일	정식후 20일	40일	60일
1. 표준시비	11.6	14.5	13.0	0.64	5.71	8.23 ab
2. 전용복비 0%	10.5	14.0	12.4	0.40	2.09	2.19 c
3. 전용복비 50%	11.2	14.3	12.8	0.50	4.67	6.65 b
4. 전용복비 75%	11.5	14.4	13.2	0.61	6.02	8.47 ab
5. 전용복비 100%	11.7	14.8	13.5	0.68	6.59	9.05 a
6. 토양검정3요소	11.8	15.0	14.4	0.75	6.56	9.51 a

표 26. 배추 식물체 K_2O 함량 및 흡수량 변화

처리내용	K_2O 함량(g kg^{-1})			K_2O 흡수량(kg 10a^{-1})		
	정식후 20일	40일	60일	정식후 20일	40일	60일
1. 표준시비	75.1	96.8	61.3	4.20	38.00	38.46 a
2. 전용복비 0%	69.2	59.9	53.4	2.60	8.88	9.50 c
3. 전용복비 50%	73.8	94.3	55.7	3.30	30.67	29.05 b
4. 전용복비 75%	74.0	96.3	56.8	3.90	40.05	36.07 a
5. 전용복비 100%	76.5	97.4	58.5	4.42	43.29	39.23 a
6. 토양검정3요소	77.1	99.7	63.4	4.88	43.55	41.77 a

배추 정식 후 20일에서 전용복비 시용구의 질소흡수이용율은 토양검정3요소 시비구에 비해 50% 시용구에서 가장 높았으나 정식 후 40일과 60일에서는 75% 시용구에서 제일 높았다. 시비된 전용복비의 질소효율적인 측면에서 검토할 때 배추재배시 전용복비는 기비로 전용복비는 75% 수준이 적정하리라 판단된다(표 27).

표 27. 배추 식물체 질소흡수이용율 변화(%)

처리내용	정식후 20일	40일	60일
1. 표준시비	9	41	44
3. 복비 50%	13	45	38
4. 복비 75%	12	54	50
5. 복비 100%	11	53	51
6. 토양검정3요소	10	39	39

배추의 건물중과 CO_2 고정량을 조사한 결과는 표 28과 같다. 전용복비 시용구에서의 건물중과 CO_2 고정량은 시비량의 증가로 많아졌으며, 정식 후 20일에서의 건물중과 CO_2 고정량은 토양검정3요소구에 비해 전용복비 100% 시용구에서도 적었으나 정식 후 40일과 60일에서는 높은 경향이었다.

표 28. 배추 식물체 건물중 및 CO_2 고정량 변화

처리내용	건물중 (kg 10a^{-1})			CO_2 고정량 (kg 10a^{-1})		
	정식후 20일	40일	60일	정식후 20일	40일	60일
1. 표준시비	56	393	630 a	92	643	1,052
2. 전용복비 0%	38	149	177 c	62	260	306
3. 전용복비 50%	45	325	521 b	73	540	886
4. 전용복비 75%	53	418	639 a	85	701	1,088
5. 전용복비 100%	58	446	674 a	93	736	1,128
6. 토양검정3요소	63	437	657 a	103	720	1,096

정식 후 40일에서 전용복비 100% 시용구의 배추 수량은 토양검정3요소구와 대등 하였으나 75% 시용구에서는 다소 낮았다. 정식 후 60일에서의 경우도 정식 후 40일과 같은 경향으로 토양검정3요소구에 비해 전용복비 100% 시용구가 다소 높고 75% 시용구가 낮았으나 통계적인 유의차는 없었다(표 29). 따라서 질소흡수이용율과 정식 후 60일에서의 수량으로 보아 배추의 전용복비는 75% 시용구가 적정하다고 생각된다.

표 29. 배추 수량변화(kg $10a^{-1}$)

처리내용	정식후 40일	60일	
		지상부	지하부
1. 표준시비	6,918(91)	11,182 a	9.30(100)
2. 전용복비 0%	1,726(23)	2,783 c	6.56(70)
3. 전용복비 50%	5,681(75)	8,856 b	9.21(99)
4. 전용복비 75%	7,030(92)	11,165 a	9.35(100)
5. 전용복비 100%	7,711(101)	11,953 a	9.46(101)
6. 토양검정3요소	7,611(100)	11,473 a	9.33(100)

배추 재배시험 후 토양중의 양분함량 변화를 조사한 결과는 표 30과 같다. 전용복비 시용구의 NO_3-N 함량은 9~28mg kg^{-1} 으로 토양검정3요소 시비구 47mg kg^{-1}에 비해 낮았으며, Av. P_2O_5와 Ex-K 함량은 전용복비 시용구와 토양검정3요소 시용구간에 통계적인 차이가 없어 전용복비 시용에 의한 Av. P_2O_5와 Ex-K 축적은 없으리라 생각된다.

표 30. 배추 재배지 시험후 토양화학성

처리내용	NO_3^{-1}-N (mg kg^{-1})		Av.P_2O_5 (mg kg^{-1})		Ex-K (cmol kg^{-1})	
	시험전	시험후	시험전	시험후 ns	시험전	시험후 ns
1. 표준시비	24	40	263	241	0.18	0.80
2. 복비 0%	24	3	263	222	0.18	0.19
3. 복비 50%	24	9	263	230	0.18	0.74
4. 복비 75%	24	11	263	307	0.18	0.82
5. 복비 100%	24	28	263	315	0.18	0.91
6. 토양검정3요소	24	47	263	319	0.18	1.27

배추 정식 후 9일부터 60일까지 온실가스인 N_2O 배출량을 조사한 결과는 표 31과 같다. N_2O 총 배출량은 토양검정3요소 시비구 10.954mg m^{-2} h^{-1}에 비해 전용복비 50% 시용구는 4.359mg m^{-2} h^{-1} 으로 60% 감소하였으며, 75% 시용구는 6.096mg m^{-2} h^{-1} 으로 46% 감소하는 경향이었다.

표 31. 배추 재배지 N_2O 누적 배출량 변화(mg m^{-2} h^{-1})

처리내용	정식 후(일)												
	9	12	22	25	29	36	43	51	54	57	59	60	지수
1. 표준시비	0.568	1.448	1.990	2.271	2.472	3.035	3.429	4.098	4.895	5.819	6.749	7.798	71
2. 전용복비 0%	0.213	0.604	0.842	0.991	0.991	1.076	1.135	1.226	1.340	1.475	1.626	1.789	16
3. 전용복비 50%	0.233	0.674	0.983	1.117	1.301	1.544	1.670	1.965	2.390	2.939	3.579	4.359	40
4. 전용복비 75%	0.395	1.140	1.629	1.763	1.867	2.245	2.577	3.122	3.764	4.491	5.262	6.096	56
5. 전용복비 100%	0.476	1.349	1.963	2.263	2.562	2.951	3.210	3.576	4.070	4.674	5.333	6.140	56
6. 토양검정3요소	0.601	1.751	3.122	3.852	4.117	4.906	5.423	6.130	7.050	8.196	9.452	10.954	100

배추 전용복비의 시용효과를 이천시와 여주군 농가에서 수행한 결과는 표 32, 33과 같다. 배추 수확기에 식물체중의 T-N, P_2O_5, K_2O 함량은 농가관행이나 전용복비 75% 시용구간에 현저한 차이가 없었으며, 배추의 건물수량과 생체수량도 양분함량과 같은 경향으로 비슷하였다. 시험 후 토양중의 Av. P_2O_5 함량은 이천시, 여주군 농가관행에서, Ex-K 함량은 여주군 농가관행에서 전용복비 75% 시용구에 비해 높은편이었다.

표 32. 배추 실증 농가 수확기 식물체 양분함량 및 수량

처리내용		식물체 양분함량 (g kg^{-1})			수량 (kg $10a^{-1}$)	
		T-N	P_2O_5	K_2O	건물수량	생체수량
이천	농가관행	20.9	13.3	79.5	912(100)	8,772(100)
	전용복비 75%	20.4	13.5	78.9	924(101)	8,715(99)
여주	농가관행	23.8	16.0	51.7	1,228(100)	9,234(100)
	전용복비 75%	23.7	17.3	52.2	1,219(99)	9,026(98)

표 33. 배추 실증 농가 시험후 토양화학성 변화

처리내용		NO_3-N (mg kg^{-1})		Av. P_2O_5 (mg kg^{-1})		Ex-K (cmol kg^{-1})	
		시험전	시험후	시험전	시험후	시험전	시험후
이천	농가관행	27	14	424	1,111	1.13	0.76
	전용복비 75%	27	13	424	963	1.13	0.74
여주	농가관행	34	8	1,144	1,227	1.02	0.64
	전용복비 75%	34	9	1,144	1,170	1.02	0.44

4. 적 요

본 연구는 경기도농업기술원과 (주)동부한농이 공동으로 비료의 손실을 줄여 시비효율을 높일 수 있는 물질인 비효증진제가 함유된 BB형 옥수수, 고추, 배추재배 전용복합비료(전용복비)를 개발하여 기비의 시용기준을 설정코자 시용량별로 시용효과를 검토한 결과이다.

가. 옥수수

(1) 전용복비 75% 시용구의 식물체중 T-N, P_2O_5 함량과 흡수량은 토양검정 3요소 시비구(대조구))와 비슷하였으나, K_2O 함량은 100% 시용구에서도 부족한 경향이었다.

(2) 파종 후 75일과 수확기에 식물체의 질소흡수이용율은 전용복비 75% 시용구에서 가장 높았다.

(3) 수확기에 식물체의 건물중과 CO_2고정량이 대조구와 대등한 전용복비 시용량은 75%~100% 사이었으며 생육도 유사한 경향이었다.

(4) 전용복비 75%, 100% 시용구와 대조구간의 생체수량과 건물수량은 차이가 없었다.

(5) 시험 후 토양중 전용복비 시용구의 Av. P_2O_5 함량은 대조구에 비해 축적되지는 않았으나 Ex-K 함량은 대조구에서 축적되는 경향이었다.
(6) 식물체 양분함량, 질소흡수이용율, 수량, 토양화학성 등으로 보아 옥수수 전용 복합비료의 적정 시용수준은 표준시비 기비의 75% 수준이었다.

나. 고추

(1) 대조구(토양검정3요소 시비구)와 대등한 식물체중의 T-N 함량은 전용복비 75~100%, P_2O_5 함량은 50~75%, K_2O 함량은 0~50% 시용구 범위이었다.
(2) 식물체에 의한 질소흡수이용율은 정식 후 30일과 60일에서는 전용복비 75% 시용구에서 정식후 130일에서는 복비 100% 시용구에서 높았다.
(3) 정식 후 130일에서 대조구의 건물중과 CO_2고정량이 대등한 전용복비 시용량은 75~100% 사이었다.
(4) 대조구에 비해 전용복비 100% 시용구의 초장은 길고, 경경은 굵은편이었다.
(5) 복비 75% 시용구의 고추과실 생체수량과 건물수량은 대조구와 비슷하였다.
(6) 대조구에 비해 전용복비 50~100% 시용구에서는 NO_3-N 함량은 낮았으나 Ex-K 함량은 높았으며, Av. P_2O_5 함량은 전용복비 75~100% 시용구에서 높은 경향이었다.
(7) 식물체 양분함량, 질소흡수이용율, 수량, 토양화학성 등으로 보아 고추 전용 복합비료의 적정 시용수준은 표준시비 기비의 75% 수준이었다.

다. 배추

(1) 정식 후 20일에서의 T-N 함량과 흡수량은 대조구(토양검정3요소 시비구)에 비해 전용복비 100% 시용구에서도 낮았으나, 정식 후 40, 60일에서는 T-N 흡수가 높아져 흡수량이 전용복비 75% 수준까지 도달하였으며, 인산과 칼리 함량은 정식 후 20일부터 60일까지 모두 대조구에 비해 낮았다.
(2) 전용복비 75~100% 시용구에서의 질소흡수이용율은 대조구에 비해 높았다.
(3) 건물중과 CO_2 고정량은 T-N 함량, 흡수량과 같은 경향으로 대조구에 비해 정식 후 20일에서는 100% 시용구에서도 낮았으나, 정식 후 40, 60일 에서는 전용복비 75~100% 범위이었다.
(4) 수량도 건물중 등과 같은 경향으로 대조구의 수량이 전용복비 75~100% 수준이었다.
(5) 전용복비 시용구의 토양중 NO_3-N, Av.P_2O_5, Ex-K 함량은 대조구에 비해 모두 낮았다.
(6) 농가 실증시험 결과 전용복비 75% 시용구의 식물체중 T-N, P_2O_5, K_2O 함량과 수량은 농가관행과 비슷하였으나, 전용복비 75% 시용구에 비해 농가관행 포장에서 Av.P_2O_5, Ex-K 함량이 다소 축적되는 경향이었다.
(7) 식물체 양분함량, 질소흡수이용율, 수량, 토양화학성 등으로 보아 배추 전용 복합비료의 적정 시용수준은 표준시비 기비의 75% 수준이었다.

5. 인용문헌

경기도농업기술원. 2009. 일반농경지 토양화학성 변동조사.
농업과학기술원. 2006. 작물별 시비처방 기준.
농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법.
농촌진흥청. 1995. 농사시험연구 조사기준.

6. 연구결과 활용제목

○ 화학비료 사용량 및 온실가스 저감을 위한 비효증진제 함유 비료 보조금지원 건의(시책건의)
○ 노지 옥수수, 고추, 배추 재배시 비효증진제 함유 전용비료 시용방법(영농활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도 '10
주요 밭작물 시비 절감형 전용비료 개발	**책임자**	**농업기술원 작물개발과**	**농업연구관**	**조광래**	**세부과제총괄**	**○**
	공동연구자	〃	농업연구사	원태진	과제수행	○
		〃	〃	임갑준	과제수행	○
		〃	〃	최병열	과제수행	○
		〃	농업연구관	지정현	자료수집	○
		〃	〃	김순재	시험자문	○
		친환경기술과	농촌지도관	윤종철	자료수집	○
		(주)농부한농	부장	권오연	비료개발	○