

과 제 구 분	지역농업 기술개발	Code : RM0101	수행구분	전반기	연구기간	'99 ~ '01(완결)
연구과제명	고랭지 채소 복비시용 반응 효과				과제책임자	사종구
세부과제명	고랭지 양파·당근에 대한 복비시용 반응 효과					
연구원별임무						
구 분	소 속	성 명	담 당 임 무			
세부과제책임자	환경농업연구과	임수정	시험설계 및 총괄수행			
공동연구자	"	홍거표	시험연구조사 및 분석			
	북부농업시험장	안문섭	조사자료 분석 및 자문			
색 인 용 어	고랭지, 양파, 당근, 복비					

1. 연구배경

고랭지는 표고가 600m이상되는 고원지대나 산지 등을 말하며, 이러한 지대의 기후적 특징은 여름철에는 냉량하고, 겨울철에는 몹시 춥다. 특히 고랭지의 겨울은 눈이 많고, 연평균기온은 6℃~8℃이며, 적산온도는 2,000℃로서 평야지의 1/2정도 수준으로 낮다. 또한 경사지로 분포되어 있어 강우에 의한 토양유실이 많을뿐만아니라 관수의 기회가 적어 양분의 천연공급량도 눈에 비하여 매우 적어 토양의 비옥도가 낮다(유, 1978 ; 신, 1973).

고랭지는 해발 고도가 높아질수록 기온이 점차 낮아지는 기후특성 때문에 재배기간이 짧다는 단점에도 불구하고 평산지에서 여름철 고온으로 재배가 어려운 각종 채소 작물의 단경기 생산에 매우 중요한 역할을 하는 우리나라의 특수 농업지대로 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

고랭지는 대부분 경사지에 분포하고 있으므로 평지 농업에 비하여 노동력이 많이 들고, 토양의 이화학적 성질이 불량하여 토지생산성이 떨어지고 농기계 이용이 어려우며, 교통이 불편하고, 경영 및 관리비가 많이 소요되는 등 사회경제적 여건상 산지의 개발 이용은 여러 가지 어려움이 많다.

고랭지 작물 재배 면적은 전국 38,283ha이며, 강원도 고랭지는 32,317ha로 전국의 85% 이상을 차지하고 있다. 지역별 분포 면적은 평창, 정선 횡성, 홍천, 삼척, 태백, 양구 등의 순이며, 농경지의 36%가 해발 400m 이상에 분포 하고 있다(한국토양총설, 1992).

이러한 조건에서 매작기마다 획일적 시비를 하면서 계속적인 작물재배가 이루어지고 있는데 근래에는 부산물비료 및 화학비료를 과다하게 사용하는 다비조건에서 재배횟수가 많아지고 있어 일부성분의 과다집적이 일어나고 미량원소 등 다른 성분의 부족이 우려된다.

작물을 재배함에 있어 시비량의 다소는 수량과 품질을 지배하는 영향이 아주 크기 때문에 작물별로 적정시비를 한다는 것은 시비생산성 증진을 위하여 배제할 수 없는 중요한 인자이다. 시설재배지뿐만 아니라 노지 밭토양에서도 농축산 부산물을 다량 사용하게 되고, 게다가 소득작물인 경우 연중 재배에 의한 시비횟수의 증가는 물론 작물 전용복비의 사용 등으로 인하여 최근 밭작물재배지 토양중 특정성분의 축적 또는 상대적 결핍 등으로 비옥도의 변동이 많으므로 합리적인 시비관리 필요성이 더욱 요청되고 있는 실정이다.

일반복비의 시험수준은 한 성분만이 가능하기 때문에 자체를 시험재료로 한다는 것은 우리가 있겠으나 대부분 농민이 복비를 사용하므로 최종적인 목표에 접근하기 위한 중간단계로 그나마 과용하고있는 복비시비량을 현실에 맞게 줄이고, 완효성비료의 사용가능 여부를 판단하기 위해 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

시험재료로 사용한 비료는 원예용복비(10-11-12), 추비용(17-0-4), 완효성복비(15-12-15)를 사용하였으며 양파, 당근의 품종은 히구마와 무쌍오촌이었다.

나. 포장시험

본 시험은 강원도 대표적 고랭지인 평창 진부(1, 2년차), 홍천 내면(3년차)에서 수행하였다. 시험전토양의 화학적성질은 표 1과 같다. 평창에서 수행한 1, 2년차의 포장의 유기물함량은 각각 29, 26gkg⁻¹로 적정범위에 있었으며, 인산은 약간 초과하는 양이었다. 칼리와 마그네슘은 적정치에 비해 많이 부족한 경향이었다. 재배포장은 양파, 당근을 재배하기위해 마사토로 객토한지 2~3년된 밭으로 객토한 후 부산물비료의 대량 시용으로 인한 유기물함량은 충족이 됐으나 빈번한 객토로 인해 전체적인 토양양분의 균형이 잘된 토양으로 볼 수는 없었다. 홍천에서 수행한 3년차 시험의 토양은 유기물함량이 19gkg⁻¹로 적정범위에 미달되었고, 인산은 1,161mgkg⁻¹, 칼리는 1.0cmol(+)kg⁻¹로 집적양상을 나타냈다. 홍천 토양은 객토한지가 5년이상된 토양으로 유기물자원의 인위적 첨가가 평창보다는 적어 유기물함량은 적었고, 복합비료의 지속적인 과용으로 인산과 칼리가 집적된 것으로 추정된다.

포장규모는 양파, 당근 공히 한 처리구당 3.24m² 으로하여 일반복비와, 완효성복비를 검정시비량, 검정시비량×0.5, 1.5, 2.0배 처리를 두었다. 시비적량은 시비수준별 수량에서 시비량과 수량과의 관계인 2차곡선 회귀식을 도출하고 최고수량에서 10%를 감한 양으로 정하였다. 작물 재배시기 및 재식 거리는 현지 농가의 관행에 따랐다(표 2).

표 1. 양파, 당근 재배지의 시험전토양의 화학적성질

구분	pH (1:5)	O.M. gkg ⁻¹	P ₂ O ₅ mgkg ⁻¹	K Exch.	Ca cation	Mg cmol(+)kg ⁻¹	EC dSm ⁻¹
평창(1년차)	7.2	29	558	0.3	6.3	0.7	0.28
평창(2년차)	6.5	26	450	0.2	4.3	0.8	0.30
홍천(3년차)	6.3	19	1,161	1.0	4.7	1.9	0.59
적정치	6.0~6.5	25~35	350~450	0.7~0.8	6.0~7.0	2.0~2.5	2이하

표 2. 작물재배시기 및 재식거리

작물	년차	정식 및 파종	수확	재식거리
양파	1	5.11	9.22	15×20cm
	2	4.17	8.23	
	3	5.16	8.23	
당근	1	5.11	9.3	20×7cm
	2	4.24	8.25	
	3	5.21	8.25	

다. 분석방법

양파의 구고, 구폭, 인편수, 구중, 당근의 엽장, 엽수, 근장, 근경, 근중은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준을 준용하였고, 토양은 채취하여 음건후 2mm체로 거른후 사용하였다. pH와 EC는 시료:물을 1:5로하여 pH, EC meter로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 인산은 Lancaster법, 총질소는 Kjeidahl법, 양이온은 NH₄OAc로 침출한후 ICP로 측정하였다. 식물체의 인산은 Vanadate법, 질소는 Kjeidahl법, CaO, MgO, K₂O는 농황산으로 분해한후 ICP로 측정하였다(농업과학기술원, 2000).

3. 결과 및 고찰

시험포장별 검정시비량은 표 3과 같다. 질소의 검정시비량은 토양 유기물함량에 의해 결정된다. 평창에서 수행한 1, 2년차 시험의 질소검정시비량은 흥천보다 표준시비량과 같거나 약간 적게 결정되었으며, 이는 시험포장의 유기물함량이 평균수준임을 알 수 있다. 흥천에서 수행한 3년차 시험에서는 토양 유기물함량의 부족으로 질소검정시비량은 평창보다 많았다. 흥천의 인산검정시비량은 양파, 당근 공히 0kg ha^{-1} 였는데, 본 시험에서는 질소를 기준으로 수행하였으므로 인산수준은 처리에 고려할 수 없었다.

고랭지 인산집적지에서의 작목별 시비방법은 추후 별도시험이 필요할 것이라 생각된다.

표 3. 양파, 당근에 대한 검정시비량

kg ha^{-1}

구분		질소	인산	칼리
양파	1년차	240	38	290
	2년차	240	77	154
	3년차	288	0	110
표준시비량		240	110	154
당근	1년차	200	80	170
	2년차	200	110	237
	3년차	240	0	93
표준시비량		280	59	154

가. 양파, 당근의 수확기 생육 및 수량

양파의 생육 및 수량은 표 4와 같다. 평창에서 수행한 시험은 토양의 특성이 마사토로 객토한 밭으로 1, 2년차 성적을 누적 평균하여 나타내었다. 수량은 일반복비로 검정시비량 해당량의 복비를 사용하였을 때 수량 $39,258kg\text{ha}^{-1}$ 로 가장 높았으며 그 이상의 비료사용은 수량이 낮아지는 경향이였다. 완효성비료의 경우 오히려 일반복비보다 수량성이 우수하였으며, 이는 최 등(2000)이 보고한 양파에 대한 완효성비료 사용시 관행시비보다 수량이 높았다는 결과와 일치 하였으나, 김 등(1994)은 완효성복비사용시 관행시비보다 수량이 낮았다고 상반되는 결과를 보고하였다. 최 등(2000)의 시험수행 장소는 평창이었고, 김 등(1994)은 경남 평야지에서 시험을 수행하여 지역차(표고, 온도)에 의한 생육반응의 차이로 생각되며, 추후 면밀한 검토가 필요 할 것으로 사료된다. 본 시험은 강원도 고랭지에서 완효성복비 사용가능 여부를 판단하기위한 시험으로 최 등이 보고한 결과와 일치하여 사용 가능한 것으로 판단된다. 홍천에서도 검정시비해당 복비사용시 $39,651kg\text{ha}^{-1}$ 의 수량으로 가장 높은 수량을 나타냈다. 완효성비료도 같은 경향이였다.

당근의 생육 및 수량은 표 5와 같다. 양파와 마찬가지로 평창은 누적치 평균으로 나타내었다. 수량은 일반복비의 경우 검정시비량의 1.5배일 때 $24,555kg\text{ha}^{-1}$ 로 가장 높았다. 완효성비료는 0.5~2.0배 처리 모두 일반복비보다 수량이 많았는데, 이는 완효성비료를 사용후 토양과 잘 섞이도록 정지작업중 비료가 땅속에 묻히게 되어 암모니아 휘산 등 질소 손실이 적었고, 일반복비는 추비사용시 토양위에 흩 부려져 대기중에 노출되어 질소가 토양중에 흡착할 수 있는 기회가 상대적으로 적어 전체적으로 시비효율이 낮았던 것으로 판단된다. 홍천에서도 일반복비의 경우 검정시비 1.5배일 때 가장 높은 수량을 나타냈고, 완효성비료 처리시에는 처리간 유의한 차이는 나지 않았다. 홍천은 관수시설이 잘 정비되어있어 전체적으로 높은 수량을 나타냈다.

표 4. 양파의 수확기 생육 및 수량

	구 분	구고(cm)	구폭(cm)	인편수(겹)	구중(g)	수량(kgha ⁻¹)
평 창	무시비	6.5	6.9	8.1	158	35,398 b ^J
	×0.5	6.6	7.0	8.1	160	35,642 b
	일 반 ×1	6.7	6.9	8.1	175	39,258 ab
	복 비 ×1.5	6.6	7.0	8.0	162	36,091 b
	×2.0	6.6	6.9	8.2	165	36,770 b
	×0.5	6.9	7.2	8.2	184	41,103 a
	완효성 ×1	6.9	7.3	8.4	189	42,338 a
	복 비 ×1.5	6.7	7.1	8.0	179	40,080 a
	×2.0	6.9	7.3	8.2	186	41,742 a
	홍 천	무시비	6.3	6.8	7.8	149
×0.5		6.2	7.2	8.1	156	34,395 d
일 반 ×1		6.7	7.4	8.1	177	39,651 a
복 비 ×1.5		6.7	7.3	8.0	166	37,185 bc
×2.0		6.6	6.9	8.1	170	35,398 ab
×0.5		6.6	7.0	8.0	158	39,651 cd
완효성 ×1		6.8	7.0	8.1	177	39,656 a
복 비 ×1.5		6.7	6.9	8.1	177	39,654 a
×2.0		6.8	7.1	7.9	176	39,421 ab

J : DMRT(0.05)

표 5. 당근의 수확기 생육 및 수량

구 분	엽장 (cm)	엽수 (개)	근장 (cm)	근경 (cm)	근중 (g)	수량 kg ha^{-1}		
평 창	무시비	34.0	5.8	14.3	3.2	64.2	22,822b ^J	
	×0.5	37.3	6.2	14.9	3.4	66.0	23,577b	
	일반	×1	38.1	6.1	14.9	3.4	65.6	23,621b
	복비	×1.5	38.2	6.1	15.0	3.5	67.4	24,555ab
	×2.0	37.3	6.0	14.7	3.3	65.1	23,423b	
	×0.5	38.4	6.3	15.2	3.6	72.1	27,252a	
	완효성	×1	38.9	6.2	15.3	3.7	72.3	27,972a
	복 비	×1.5	37.2	6.0	15.7	3.7	73.5	28,054a
	×2.0	39.4	6.4	15.4	3.7	73.5	28,172a	
	홍 천	무시비	42.7	7.1	16.5	3.5	144	51,842b ^J
×0.5		43.4	8.2	16.4	3.7	151	54,361ab	
일반		×1	42.6	5.5	17.3	4.0	162	58,319ab
복비		×1.5	42.3	7.5	17.2	4.8	172	61,924a
×2.0		34.4	7.7	15.8	3.9	151	54,362b	
×0.5		36.7	5.8	16.2	4.2	153	55,081ab	
완효성		×1	38.5	4.9	16.5	4.3	155	55,802ab
복 비		×1.5	37.4	7.2	17.0	4.3	163	58,684ab
×2.0		32.1	4.9	16.8	4.5	162	58,321ab	

J : DMRT(0.05)

표 6은 고랭지 재배 양파, 당근에 대한 시비반응 곡선식을 보여주고 있다. 양파, 당근에 대한 검정시비량과 비교하여 1.0~1.3배로 비료를 사용하였을 때 목표수량을 얻을 수 있다. 현재 고랭지 농가에서는 이 양보다 많이 주고있는 것으로 판단되며, 1.3배는 적정비료 사용량의 의미 보다는 그 이상 주어서는 안된다는 비료 한계사용량 이라는 것으로 받아들인다면 다량할 것으로 사료된다.

표 6. 복비사용에 의한 시비반응곡선식

(단위 : kg ha^{-1})

작물	년차	시비반응 곡선식	최대수량 시 비 량	추천시비량 (A)	검정시비량 (B)	B/A
양파	1	$Y=-0.32X^2+17.5X-3588$	271	244	240	1.0
	2	$Y=-0.42X^2+28.2X-3274$	333	300	240	1.3
	3	$Y=-12.4X^2+33.1X-144$	385	347	288	1.2
당근	1	$Y=-0.41X^2+19.2X-2218$	237	213	200	1.1
	2	$Y=-0.35X^2+20.3X-2116$	269	242	200	1.0
	3	$Y=-16.2X^2+39.5X-141$	293	264	240	1.1

나. 식물체 양분함량

표 7은 3년간 수행한 시험의 식물체 가식부위의 주요 양분총량을 평균한 값이다. 양파는 검정시비량 기준 시비시 식물체에 흡수한 질소, 인산, 칼리의 양은 62, 48, 68kg ha^{-1} 으로 가장 많은 양분을 흡수하여 시비효율이 가장 높게 나타났으며, 당근은 검정시비의 1.5배량 일 때 가장 많은 양분을 흡수하였다.

표 7. 가식부위 주요양분흡수 총량

kg ha^{-1}

작물	처리 ¹⁾	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
양파	1	37	24	50
	2	61	34	49
	3	62	48	68
	4	61	46	67
	5	59	44	62
당근	1	54	56	142
	2	53	56	226
	3	76	72	215
	4	77	79	229
	5	69	68	192

1 : 1-무시비, 2-검정시비×0.5배량, 3-검정시비량, 4-검정시비×1.5, 5-검정시비×2.0

다. 토양중 양분함량

양파, 당근재배후 토양의 화학적성질은 표 8, 9와 같다. pH는 질소 사용량이 많아짐에 따라 약간 감소하는 경향이었는데, 이는 사용 질소의 질산화 과정중에서 생성된 수소이온의 영향으로 판단되며, 오(1984) 등의 실험과 같았다. 유기물 함량은 처리수준이 없었기에 처리간 대차 없었으며, 가용성인산은 비료 사용량이 많아질수록 증가하는 경향이였다. 현재 농가에서 사용하는 복비사용량이 지속될경우 더욱더 인산축적은 심화될것으로 생각되며, 인산뿐만 아니라 다른 비료성분의 축적 또는 불균형을 해소하기 위한 시비관리가 요구된다.

표 8. 시험후 토양의 화학적성질(원예용복비)

작물	지역 ^J	처리	pH (1:5)	O.M. gkg ⁻¹	P ₂ O ₅ mgkg ⁻¹	Ca	Mg	K	EC dSm ⁻¹
						Exch.	cation	cmol(+) kg ⁻¹	
양파	P1	1	6.5	11	751	6.42	0.81	0.28	0.22
		2	6.6	11	660	5.96	0.72	0.41	0.19
		3	6.6	12	756	5.18	0.64	0.43	0.19
		4	6.2	13	860	5.12	0.65	0.61	0.19
		5	6.2	12	986	4.18	0.57	0.62	0.20
	P2	1	6.0	23	435	4.42	1.15	0.25	0.27
		2	5.9	25	637	4.56	1.01	0.31	1.01
		3	5.7	26	500	4.02	0.98	0.29	0.44
		4	5.8	26	600	3.98	2.01	0.27	0.28
		5	5.7	27	610	4.57	1.15	0.41	0.29
	H3	1	6.0	19	977	4.21	1.23	0.65	0.51
		2	6.1	20	1,155	4.63	2.25	1.12	0.32
		3	6.3	20	1,292	4.63	1.53	1.35	0.62
		4	6.1	21	1,199	5.52	1.14	1.42	0.72
		5	5.9	20	1,192	5.78	1.15	1.42	1.20
당근	P1	1	6.7	12	774	5.21	0.68	0.78	0.23
		2	6.3	15	896	4.89	0.74	1.00	0.26
		3	5.9	15	970	4.12	0.65	1.12	0.27
		4	5.9	18	1,033	3.76	0.58	1.26	0.23
		5	5.8	16	1,248	3.51	0.53	1.33	0.26
	P2	1	5.5	26	562	4.56	1.31	0.21	0.25
		2	5.9	25	564	4.25	1.26	0.35	0.32
		3	6.0	27	545	4.36	0.99	0.31	0.65
		4	6.2	25	621	4.65	1.25	0.32	0.32
		5	6.0	30	621	4.25	1.65	0.35	0.32
	H3	1	6.2	20	1,151	4.82	1.15	0.93	0.32
		2	6.1	21	974	5.12	1.02	1.54	0.36
		3	6.3	20	865	5.36	1.02	1.54	0.52
		4	5.9	22	1,201	4.72	0.96	1.42	0.75
		5	6.0	20	1,072	5.62	1.42	1.35	0.63

J : P1-평창 1년차, P2-평창 2년차, H3-홍천 3년차

표 9. 시험후 토양의 화학적성질(완효성복비)

작물	지역	처리	pH (1:5)	O.M. gkg ⁻¹	P ₂ O ₅ mgkg ⁻¹	Ca	Mg	K	EC dSm ⁻¹
						Exch.	cation	cmol(+) kg ⁻¹	
양파	P1	1	6.5	11	751	6.42	0.81	0.28	0.22
		2	6.6	11	660	5.96	0.72	0.41	0.19
		3	6.6	12	756	5.18	0.64	0.43	0.19
		4	6.2	13	860	5.12	0.65	0.61	0.19
		5	6.2	12	986	4.18	0.57	0.62	0.07
	P2	1	6.0	23	435	4.42	1.15	0.25	0.27
		2	6.0	24	441	5.24	1.61	0.24	0.20
		3	6.2	26	527	5.26	1.75	0.52	0.16
		4	6.2	25	636	4.25	1.05	0.36	0.35
		5	6.3	25	567	4.31	1.12	0.24	0.35
	H3	1	6.0	19	977	4.21	1.23	0.65	0.51
		2	6.1	20	1,124	4.75	1.82	1.12	0.52
		3	6.1	21	1,060	4.82	1.75	1.24	0.35
		4	6.2	19	1,201	5.01	2.13	1.32	0.42
		5	6.0	22	1,095	4.92	1.82	1.36	0.53
당근	P1	1	6.7	16	954	6.15	0.89	0.78	0.23
		2	6.5	12	891	4.88	0.74	0.85	0.26
		3	6.1	15	914	4.50	0.71	1.01	0.29
		4	5.6	17	1,175	3.89	0.62	1.12	0.38
		5	5.6	17	1,111	3.91	1.08	0.60	0.41
	P2	1	5.5	26	562	4.56	1.31	0.21	0.25
		2	5.6	24	459	5.32	1.25	0.26	0.25
		3	6.2	25	526	5.21	1.31	0.24	0.65
		4	6.2	26	621	4.21	1.56	0.35	0.45
		5	5.9	22	599	4.35	1.21	0.31	0.45
H3	1	6.2	20	1,151	4.82	1.15	0.93	0.32	
	2	6.3	24	1,201	4.82	0.92	1.43	0.31	
	3	6.2	19	1,105	4.23	1.42	1.03	0.21	
	4	6.4	20	1,073	5.31	1.23	0.92	0.74	
	5	6.0	21	1,248	5.64	1.43	1.20	0.63	

4. 적 요

강원도 고랭지에서 양파, 당근에 대한 복비시용 반응연구를 실시하였다. 시비처리기준인 토양검정 시비량은 평창지역은 표준시비량과 비슷하였으며, 홍천은 표준시비량보다 약간 많은 비료를 요구하는 토양이었다. 3년간의 수량을 시비 반응곡선식으로 하여 검정시비량과 비교한 결과 양파는 검정시비량의 1.0~1.3, 당근은 1.0~1.1배 범위로 시비하였을 때 적정하였으며, 완효성비료는 일반복비보다 수량성이 우수하여 사용가능 할 것으로 판단된다. 시비량이 증가할수록 토양중 인산 및 칼리의 집적 및 양분의 불균형이 우려되므로 위에서 제시한 적정시비량을 준수하는 것이 중요하다.

5. 인용문헌

- 경남농업기술원. 1994. 시험연구보고서. 759~774
- 농업과학기술원. 2000. 작물별 시비처방기준.
- 농촌진흥청. 1999. 작물별 시비처방기준.
- 신용화. 1973. 우리나라 전토양의 특성. 한국토양비료학회지. 6(1) : 35~52.
- 오왕근, 김성배, 강안석. 1984. 질소 및 칼리의 시용이 배추의 수량과 토양화학적성질에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 17(3) : 253~259
- 유인수. 1978. 산지토양의 특성 및 개량. 한국토양비료학회지. 11(4) : 247~262. 조병옥. 고랭지 채소재배지의 토양환경특성과 비옥도 관리 방안. 강원대학교 박사학위논문
- 정병간, 최정원, 윤을수, 윤정희, 김유학, 정구복. 1998. 우리나라 시설재배지 토양의 화학적 특성. 한국토양비료학회지. 31(1) : 9~15.
- 최유미, 이종남, 이정태, 조기옥, 김원배. 2000. 고랭지 양파 재배시 완효성복비 시용에 따른 수량 및 저장성. 한국원예학회지. 41(5) 499~502.
- 황기성, 이성재, 곽용호, 김기선. 1997. 주요 노지채소 주산지토양의 화학적특성. 한국토양비료학회지. 30(2) : 146~151.

6. 연구결과 활용제목

- 고랭지 양파, 당근의 복비시용량 (2002. 영농활용)