

난지형 마늘 재배 시 완효성 비료 시용효과

송연상^{1*} · 최인후¹ · 정병춘¹ · 최원열²

¹호남농업시험장 목포시험장, ²전남대학교 농과대학 응용식물학부

Effects of Applying Slow-Release Fertilizer on Southern Type Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivation

Yeon Sang Song^{1*}, In Hu Choi¹, Byeong Choon Chung¹, and Won yul Choi²

¹Mokpo Experiment station, Honam Agr. Expt. Sta. RDA., Muan 534-830, Korea

²Division of Applied Plant Sciences, Chonnam Natl. Univ., Gwangju 500-757, Korea

*corresponding author

ABSTRACT This experiment was conducted to evaluate the effect of slow-release fertilizer on warm type garlic cultivation in the Southwestern region of Korea. The slow-release fertilizers used were UF(Urea-Formaldehydes)70, 100, 130, CDU(Crotonylidene Diurea)100, and IBDU(Isobutylidene Diurea)100. The slow-release fertilizer treatment slightly increased plant height, leaf sheath diameter, and leaf number compare with conventional fertilizer treatment. Also, large bulb rate, nitrogen and pyruvic acid contents of garlic in slow-release fertilizer plot were higher than other treatments. Application of slow-release fertilizer increased the commercial yields.

Additional key words: chlorophyll, total nitrogen, pyruvic acid content, labor saving

서 언

난지형 마늘의 재배면적은 전국의 약 72% 이상을 점유하고 있는데 대부분 비닐 멀칭 재배를 위주로 하고 과다시비를 하는 경향(Lee 등, 1996)이 있어 시장성이나 품질저하가 우려된다. 일반적으로 난지형 마늘 재배 시 추비는 강우 예상 시에 멀칭 위에 사용하는 경우가 많아서 비가 오지 않을 경우에는 비료가 누적되고 시비 후의 강우량이 많으면 비료가 유실되어 불균형시비 및 품질저하의 원인이 되고 있다. 그래서 최근에는 농촌노동력의 부족, 노동인구의 노령화, 노동임금의 상승, 값싼 중국산 마늘의 대량수입 등으로 경영여건이 열악해져 전량을 기비로 시용함으로써 시비노력과 경영비를 절감할 수 있으며 작물의 전 생육기간에 걸쳐 비효의 공급이 가능한 완효성 비료의 이용에 대한 관심이 점점 높아지고 있다. 완효성 비료는 식물의 생육시기별 영양요구도에 부합시켜 증수율도모하는 장점뿐만 아니라 질소이용률 향상, 노동력 감소, 수질오염 방지(Lant, 1971), 염류집적이나 암모니아 독작용의 방제 등의 이점 때문에 크게 개발이 촉진되어 일본에서 IBDU(isobutylendine diurea)(Hamamodo, 1966)와 미국에서 SCU(sulfur coated urea)(Allen, 1971) 등이 상품화하기에 이르렀다. 지금까지 완효성 비료에 관한 다수의 연구결과가 보고되었는데 수도에 있어서 SCU시용

이 3-10%의 증수를 가져왔고(Hong과 Lee, 1971), 토양 중의 암모니아태 질소의 방출을 뒤로 늦추어(Kim과 Lee, 1968) 식물체내 후기 질소농도를 높이고 수당립수, 천립중을 증가시켰으며(Kim과 Lee, 1969; Park 등, 1967) 쌀의 단백질 함량을 증가시키고 동시에(Hong과 Lee, 1971), 볏짚의 사료가치를 향상시킨다고 하였다. 한편, 원예작물에 있어서도 Lim 등(1995)은 고추에 시용 시 생육과 수량이 좋아졌으며, Seong 등(1991)은 배추에 있어서 수량이 높아졌다고 하였고 Choi 등(2000)은 고랭지 양파재배에 적용한 결과 상품수량이 증가하였으며 저장력이 향상되었다고 하는 등 많은 원예작물에 이용되고 있다. 따라서 본 시험은 난지형 마늘 재배 시 완효성 비료의 시용효과를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 1998년부터 2000년까지 호남농업시험장 목포시험장 포장에서 남도마늘을 공시품종으로 수행하였으며 파종시기는 9월 하순이었고 이듬해 6월 초순에 수확하였다. 재식거리는 18×11cm였으며 시비량은 속효성 비료 시험구의 경우 관행 시비량인 N-P-K = 25-7.7-12.8kg/10a을 시용하였고 질소 무시용구를 두어 대비가 되게 하였다. 본 시험에 공시된 완효성 비료는 용출일수를 기준으로

※ Received for publication 19 June 2001. Accepted for publication 13 August 2001.

선정하였으며 비왕산업(주)의 U.F70(N-P-K = 10-5-8), 100(N-P-K = 12-8-12), 130(N-P-K = 12-8-12), C.D.U(N-P-K = 12-12-12), Mitsubishi Kasei Co.의 IBDU(N-P-K = 15-5-10)였다. 분시비율은 완효성 비료의 경우 전량 기비로 하였으며 관행시험구는 질소를 기비와 추비(2회) 37 : 32 : 31%의 비율로 분시하였고, 가리는 35 : 33 : 32%로 3회 분시, 인산은 전량 기비로 사용하였다. 퇴비는 2,000kg/10a 수준으로 하였으며 석회를 150kg/10a 사용하였다. 마늘 종구로는 평균 6g 정도의 균일한 씨마늘을 이용하였으며 투명 PE필름으로 멀칭 재배하였고 시험구당면적은 5.9m²였으며 난괴법 3반복으로 배치하였다. 생육조사는 매월 1회 초장, 엽장, 엽폭, 엽록소함량 등을 조사하였고 수확 후 구경, 구중 등을 조사하였다. 토양과 식물체의 무기성분은 시료를 건조, 조제한 후 농업기술연구소의 분석법(Agricultural Research Institute, 1988)에 의해 분석하였고 엽록소 함량은 MacKinney(1941)의 방법을 이용하였으며 pyruvic acid 함량은 Freeman과 Mossadeghi(1971)의 방법에 따라 마늘의 보호엽과 뿌리를 제거한 후 인편 100g에 증류수 100mL를 첨가하고 3분간 믹서로 마쇄하여 20분간 정치한 후 슬러리 5g을 취하여 10%-Trichloroacetic acid(TCA) 5mL를 가했다. 이를 4℃ 냉장고에서 1시간 정치한 후 800mL 증류수를 첨가하고 감압흡입여과한 다음 여액 1mL에 0.0125%-Dinitrophenol(DNP) 1mL와 증류수 1mL를 가하여 37℃ 항온기에서 10분간 정치하고 0.6 N-NaOH 5mL를 첨가하여 발색시킨 후 Spectrophotometer로 420nm에서 흡광도를 측정하여 pyruvic acid 함량을 산출하였다. 기타 재배 및 조사방법은 호남농업시험장 표준재배법과 농촌진흥청 조사기준에 준하였다.

시험 전·후 공시토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다. pH는 시험 전·후와 시비처리 간에 큰 차이를 보이지 않았으나 전질소 및 인산은 무처리구에 비하여 처리구에서 높았고 관행인 속효성 비료 시용구는 시험 전과 큰 차이가 없었으나 완효성 비료시용구에서는 높았으며 주요 양이온들도 전질소나 인산 함량과 같은 경향이였다. 특히 완효성 비료 시용구에서 전질소와 인산, 양이온 함량이 높은 것은 완효성 비료의 비효가 늦게까지 유지됨에 기인한 것으로 보였다(Park, 1993; Wada 등, 1991). 완효성 비료 사용에 따른 마늘의 생육특성을 보면 Table 2와 같다. 출현기 및 추대기는 시험비종간에 차이를 보이지 않았으나 초장은 관행시비구에 비하여 완효성 비료 시비구가 4-6cm 더 길게 나타났고 엽초경은 완효성 비료 시비구가 관행시비구에 비하여 2mm 두꺼웠다. 특히, 엽초경이 완효성 비료 사용 시 짧게 나타나 비료가 효율적으로 이용되었음을 알 수 있었다.

완효성 비료 사용에 따른 엽록소 함량의 경시적 변화는 Table 3과 같다. 완효성 비료 사용 후 월동기를 지나면서 서서히 감소하던 엽록소 함량이 3월을 기준으로 급격히 상승하였다가 수확기인 5월에는 감소하는 경향을 보였다. 완효성 비료 시비구의 엽록소 함량은 생육초기에는 비교적 높게 유지되다가 3월 이후에는 관행 시비구에 비하여 떨어지는 경향을 보였는데 이는 추과양과 재배 시 4월 상순에 완효성 비료 성분이 비절됨에 따라 황화현상을 보인다고 한 보고(Kim 등, 1994; Choi 등, 2000)와 일치되는 경향이였다. 관행시비구의 엽록소 함량이 3월 이후 높은 경향을 보인 것은 월

Table 1. Chemical properties of the topsoil before and after experiment.

Division	Treatment	pH (1:5)	OM (%)	T-N (%)	Av.P (ppm)	Ex. cations (me/100g)		
						Ca	Mg	K
Before exp.	-	6.9	2.8	1.0	161	6.9	1.3	0.7
After exp.	UF ^z 70	6.9	3.5	1.3	212	6.8	1.4	0.8
	UF 100	6.8	3.2	1.2	203	6.3	1.4	0.8
	CDU ^y 100	6.5	2.6	1.2	242	6.5	1.3	0.8
	IBDU ^x 100	6.7	3.0	1.0	202	5.8	1.4	0.7
	UF 130	6.8	3.0	1.1	198	5.5	1.2	0.9
	Without N.	6.8	2.9	1.0	158	5.4	1.1	0.8
	Conventional fert.	6.9	3.2	1.1	161	6.4	1.2	0.9

^zUrea-Formaldehydes, ^yCrotonylidene Diurea, ^xIsobutylidene Diurea.

Table 2. Growth characteristics of garlic plant in different levels of slow-release fertilizer.

Fertilizer	Plant height (cm)	Leaf sheath length (cm)	Leaf sheath diameter (cm)	No. of leaves
UF 70	93 ab ^z	40	1.77 bc	7.9
UF 100	94 a	41	1.75 bc	7.5
CDU 100	90 bc	39	1.88 a	8.0
IBDU 100	94 a	42	1.85 ab	7.7
UF 130	95 a	42	1.75 bc	7.5
Without N.	83 d	39	1.44 d	8.0
Conventional fert.	88 c	38	1.67 c	7.2

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 3. Chlorophyll content of garlic leaves in different levels of slow-release fertilizer.

Fertilizer	Chlorophyll content (mg/gfw)					
	Dec. 1999	Jan. 2000	Feb.	Mar.	Apr.	May.
UF 70	0.623	0.416 bc ^z	0.353 b	0.392	0.819 c	0.414 bc
UF 100	0.565	0.505 a	0.381 ab	0.413	0.860 bc	0.418 bc
CDU 100	0.647	0.430 bc	0.371 ab	0.366	0.853 bc	0.424 b
IBDU 100	0.625	0.472 ab	0.374 ab	0.372	0.822 c	0.412 bc
UF 130	0.658	0.466 b	0.375 ab	0.362	0.957 ab	0.415 bc
Without N.	0.623	0.409 c	0.413 a	0.408	0.950 ab	0.392 c
Conventional fert.	0.713	0.451 b	0.369 ab	0.386	1.000 a	0.460 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

동 이후 실시된 추비의 영향인 것으로 생각된다.

완효성 비료 시용에 따른 엽위별 엽장을 비교하여 보면 Fig. 1과 같다. 전체적인 엽장에 있어서 관행 시험구에 비하여 완효성 비료 시용 시 길어지는 경향을 보였고 특히, CDU100 시용 시험구는 가장 긴 엽장을 보여 엽의 생육이 양호한 것으로 생각되었다. 완효성 비료 시용에 따른 엽위별 엽폭을 Fig. 2에 나타내었다. 모든 완효성비료 시험구 공히 관행 시비구에 비하여 엽폭이 넓어 지속적이면서 효율적인 양분의 공급이 이루어졌음을 알 수 있었다.

엽장에서와 마찬가지로 CDU100 시용구는 시험비료 중 엽폭이 가장 넓게 나타나서 효과적이었다. 한편, Fig. 1에서 질소 무비구의 엽장이 길게 나타났는데 Fig. 2의 엽폭에서는 가장 작게 나타나서 엽 생육의 균형이 깨졌음을 알 수 있었다. Fig. 3은 완효성 비료 시

용에 따른 수확기의 식물 생체중을 나타낸 것이다. 질소 무비구는 시비구에 비하여 생체중이 낮았으며 완효성 비료 시비구가 관행 시비구에 비하여 높은 경향을 보였다. 특히, CDU100은 전 시험비료 중 가장 높은 생체중을 나타내었다.

Fig. 4는 완효성 비료 시용에 따른 전질소 함량을 나타낸 것이다. 속효성 비료 시험구에 비하여 완효성 비료 시험구에서 비교적 높은 전질소 함량을 나타내어 완효성 비료가 토양 중의 암모니아태 질소의 방출을 뒤로 늦추어(Kim과 Lee, 1968) 식물체내 후기 질소농도를 높여서 수당립수, 천립중을 증가시켰다는 보고들(Kim과 Lee, 1969; Park 등, 1967)과 비슷한 경향을 보였다.

완효성 비료 시용에 따른 수량은 Table 4와 같다. 질소무비구에 비하여 모든 시비구의 대구율이 현저히 높게 나타나서 시비유무가

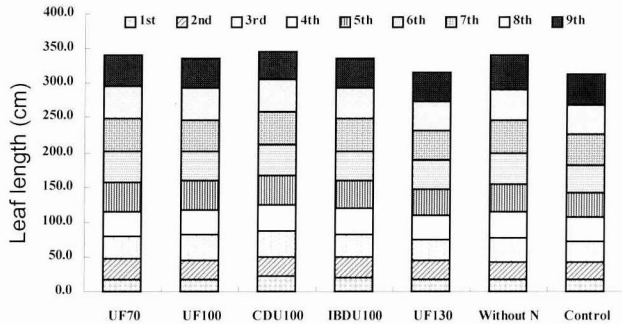


Fig. 1. Comparisons of accumulative leaf length in the leaf order by different levels of slow-release fertilizer.

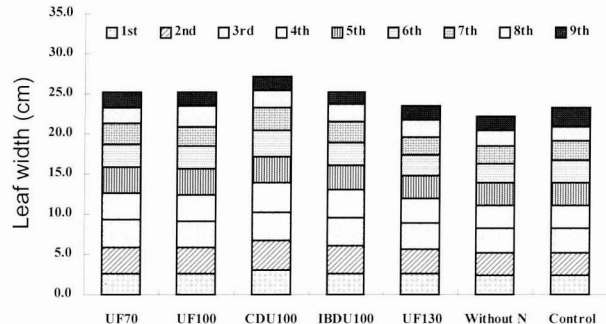


Fig. 2. Comparisons of accumulative leaf width in the leaf order by different levels of slow-release fertilizer.

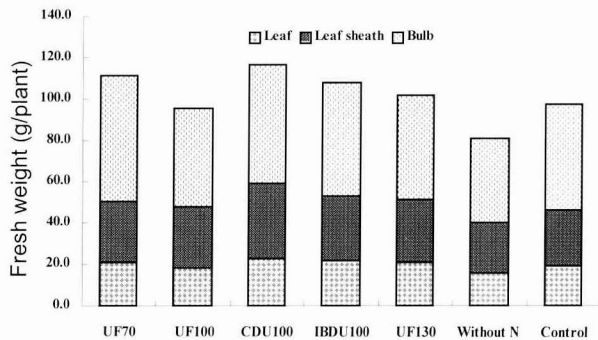


Fig. 3. Comparisons of plant fresh weight at harvesting time by different levels of slow-release fertilizer.

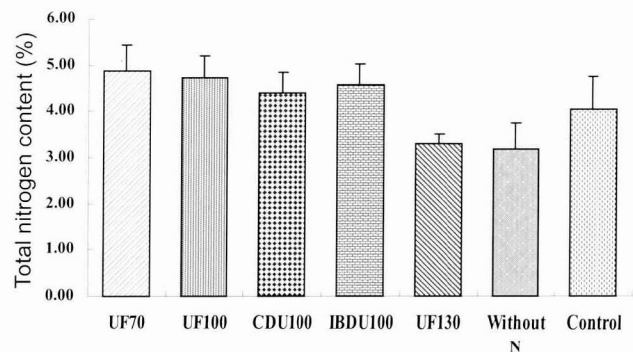


Fig. 4. Comparisons of total nitrogen content of garlic bulb by different levels of slow-release fertilizer.

Table 4. Yield and bulb characteristics of garlic in different levels of slow-release fertilizer.

Fertilizer	Distribution of bulb size ^z (%)				Percentage of large bulb ^y (%)	Bulb diameter (cm)	Bulb height (cm)	Bulb weight (g/bulb)	Yield (kg/10a)
	EL	L	M	S					
UF 70	2.6	34.0	43.5	19.4	36.6 c	4.61	3.38	33.8 bc	1,243 b
UF 100	1.5	29.3	53.6	15.5	30.8 e	4.63	3.35	32.2 c	1,260 b
CDU 100	6.2	39.5	42.0	12.0	45.9 a	4.74	3.35	34.8 a	1,353 a
IBDU 100	5.0	37.4	43.9	13.8	42.4 b	4.58	3.48	34.6 ab	1,296 b
UF 130	2.9	30.5	48.0	18.5	33.4 d	4.52	3.41	32.6 c	1,264 b
Without N.	0.0	9.4	52.7	37.9	9.4 f	4.23	3.46	27.5 d	1,046 c
Conventional fert.	2.7	32.4	50.3	14.5	35.0 cd	4.60	3.42	33.3 bc	1,279 b

^zDistribution of bulb size: EL - Extra large (more than 6 cm), L - Large (5 - 6 cm), M - Medium (4 - 5 cm), S - Small (less than 4 cm)

^yThe ratio of bulbs showing diameter more than 5 cm to total bulbs.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

마늘의 수량에 절대적인 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 완효성 비료 시비구 중 CDU100과 IBDU100은 속효성 비료 시비구에 비하여 5cm 이상의 대구 비율이 높게 나타났는데 특히 CDU100 시용구는 현저하게 높았다. 평균구경도 이와 비슷한 결과를 보였는데 CDU100 시용구가 가장 크게 나타났고 구고는 대동소이하였다. 평균 구중은 질소 무비구의 경우 28g으로 공시된 다른 시비구에 비하여 4-8g 적게 나타났고 CDU100 시용구는 속효성 비료 시비구의 구중 33g보다 2g 더 무거웠다.

10a당 수량은 속효성 비료 시용구의 1,270kg/10a에 비하여 CDU100, IBDU100시용구를 제외한 모든 완효성 비료 시용구의 수량이 약간 떨어지는 경향을 보였으나 유의성은 없었다. CDU100은 속효성 비료 시용구의 수량에 비하여 현저히 증수되어 마늘의 생리에 잘 부합되는 완효성 비료로 생각되었는데 완효성 비료의 사용은 관행에 비하여 수량이 낮지만 대구율이 높고 생력적인 면에서 실제 재배에 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 5는 완효성 비료 사용에 따른 구중 피루브산 함량을 나타낸 것이다. 피루브산 함량은 질소 무비구나 속효성 비료 시비구에 비하여 완효성 비료 시비구가 공히 높은 경향이였다. 피루브산은 마늘의 주요 향기성분의 전구물질인 alliin이 alliinase에 의하여 분해되어 생성되는 최종산물이며 alliin 함량과 피루브산 함량은 0.97 이상의 상관관을 보이는 것으로 알려져 있는데(Schwimmer와 Guadagni,

1962), 완효성 비료의 사용으로 피루브산 함량이 높아진 것으로 보아 alliin의 함량도 증가되었을 것으로 생각된다. 이는 유황성분이 함유된 비료의 사용이 마늘의 향기성분을 증가시켰다는 Chang 등 (1988)의 보고와 유사한 것으로 완효성 비료의 사용이 마늘의 품질 향상에도 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 완효성 비료는 기비 1회 시비로 전 생육기간에 필요한 모든 양분을 공급하는 것을 목표로 하는 것이기 때문에 관행의 추비노력이 절감되었다. 완효성 비료 사용은 시비노력이 10a당 3.5시간이 소요되는 데 비해 관행인 속효성 비료 사용은 추비노력 시간이 추가되어 1.1시간이 많은 4.6시간이 소요되었다. 이는 24%의 시비노력 절감을 가져온 것으로 완효성 비료 사용은 품질향상 및 수량성 증가와 더불어 시비노력이 절감되는 효과를 나타내었다.

초 록

난지형 마늘 재배에 있어서 시비노력 절감과 품질향상을 위한 완효성 비료의 사용효과를 구명하기 위해 실시한 실험의 결과를 요약 하면 다음과 같다. 먼저 생육은 관행시비구에 비하여 완효성 비료 시비구가 양호하여 초장이 4-6cm 더 길었고 엽초경이 2mm 이상 두꺼웠으며 엽수도 많은 경향이였다. 엽록소 함량은 월동기를 지나면서 점차 감소하다가 3월 하순 이후에 증가하였으며 생육후기인 5월에 다시 감소하는 경향을 보였으며 비종별로는 관행시비구가 추비의 영향으로 엽록소 함량이 완효성 비료 시험구보다 높은 경향을 보였다. 완효성 비료 중 CDU100처리구는 엽장이 길고 엽폭이 넓었으며 식물체 전체 중량이 무거웠다. 특히, 대구율이 관행(35.0%)보다 10.9% 높았고, 수량도 관행(1,270kg/10a)보다 5% 증수되었다. 전질소 및 피루브산 함량은 질소 무비구 및 속효성 비료 시비구에 비하여 완효성 비료 시험구에서 높은 경향을 보였다. 또한 완효성 비료 사용은 10a당 3.5시간의 시비노력이 소요되어 관행인 속효성 비료의 시비시간 4.6시간보다 24%의 시비노력 절감을 가져왔다.

추가 주요어 : 엽록소, 전질소, 피루브산, 노동력 절감

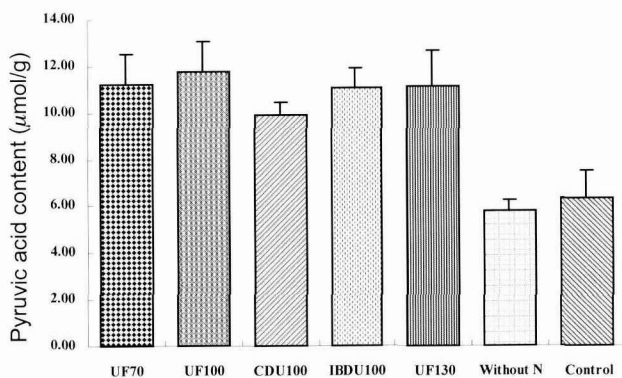


Fig. 5. Comparisons of pyruvic acid content of yielded bulb by different levels of slow-release fertilizer.

인용문헌

- Agricultural Research Institute. 1988. Methods for chemical analysis of soil and plant. RDA. MOAF.
- Allen, S.E. and D.A. Mays. 1971. Sulfur coated fertilizers for controlled release: Agronomic evaluation J. Agr. Food Chem. 19:809-812.
- Chang, K.W., J.Y. Hwang, and I.S. Woo. 1988. A study of sulfur nutrition on the flavour components of garlic (*Allium sativum* L.). J. Kor. Soc. Soil. Fert. 21:183-193.
- Choi, Y.M., J.N. Lee, J.T. Lee, G.O. Cho, and W.B. Kim. 2000. Yield and storability of onion (*Allium cepa* L.) according to application of controlled-release fertilizer in alpine area. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:499-502.
- Freemanm, G.G. and Mossadeghi, N.J. 1971. Influence of sulfate nutrient on the flavour components of garlic (*Allium sativum* L.) and onion (*A. vineall*). J. Sci. Food. Agric. 22:330-334.
- Hamamodo, M. 1966. Isobutylendine diurea as a slow acting nitrogen fertilizers and the studies in this field in Japan. The Mirsubishi Chem. Ind. Ltd.
- Hong, J.U. and Y.J. Lee. 1971. The experiment on effect of sulfur coated urea in rice (*Oriza sativa* L.). The Res. Rep. of PER., RDA, Suweon, Korea. p.1077-1083.
- Kim, M.K. and Y.H. Lee. 1968. Effect of slow releasing and acetic acid restrainer in direct sowing cultivation of dry paddy field. The Res. Rep. of PER., RDA, Suweon, Korea. p.27-49.
- Kim, M.K. and Y.H. Lee. 1969. The experiment on development of slow-release urea fertilizer suitable for paddy rice. The Res. Rep. of PER., RDA, Suweon, Korea. p.7-23.
- Kim, W.I., J.K. Suh, P.Y. Kim, and M.J. Lee. 1994. Development of additional fertilization method under mulching cultivation on onion. Annual Rpt. of KNRDA. p.759-774.
- Lant, O.R. 1971. Controlled release fertilizers, achievements and potential. J. Agr. Food Chem. 19:797-800.
- Lee, E.T., I.H. Choi, Y.B. Oh, J.K. Kim, and B.S. Kwoun. 1996. Cultivating and marketing status of onion in Southwestern region of Korea. RDA. J. Agri. Sci. 38:454-461.
- Lim, D.K., Y.K. Chung, D.H. Choi, and K.D. Woo. 1995. Effect of controlled release compound fertilizer on red pepper in plastic film mulched soil. RDA. J. Agri. Sci. 37:220-225.
- MacKinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solution. J. of Bio. Chem. 144:315-323.
- Park, C.S., Y.D. Park, S.K. Kwoun, and J.R. Park. 1967. Effect of slow releasing and acetic acid restrainer in direct sowing cultivation of dry paddy field. The Res. Rep. of PER., RDA, Suweon, Korea. p.84-96.
- Park, K.B. 1993. Influence of coated complex fertilizer application on growth and grain quality of paddy rice. J. Kor. Soc. Soil Fert. 26:72-77.
- Schwimmer, S. and D.G. Guadagni. 1962. Relation between olfactory threshold concentration and pyruvic acid content of onion juice. J. Food. Sci. 27:94.
- Seong, K.S., B.J. Kim, and J.S. Shin. 1991. Development of slow-release compound fertilizer used urea-resin for upland crop. II. Effect of slow-release compound fertilizer on chinese cabbage. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 24:50-54.
- Wada, G., R.C. Aragonas, and H. Ando. 1991. Effect of slow release fertilizer (Meister) on the nitrogen uptake and yield of the plant in the tropics. Japan J. Crop. Sci. 60:101-106.