

## 전북 진안지역 강우의 화학성분 조성 및 천연공급량

한강완 · 조재영 · 손재권<sup>1)</sup>  
전북대학교 농화학과, <sup>2)</sup>전북대학교 농공학과

### Composition of Chemical Components and Amount of Natural Supplies by Precipitation in Chinan Area of Chonbuk Province

Kang-Wan Han, Jae-Young Cho and Jae-Gwon Son<sup>1)</sup>(Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University, Chonju, 561-756,<sup>2)</sup>Department of Agricultural Engineering, Chonbuk National University, Chonju, 561-756)

**Abstract** : Changes of chemical components and natural supplies by precipitation at agricultural zone in Chinan area of Chonbuk province from May 1, 1997 to April 30, 1998 were investigated. pH of precipitation ranged 6.44~7.24 and EC showed 14.23~30.67 $\mu$ S/cm. The total-N, NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N were 1.43~10.14, 0.57~4.39, and 0.18~1.69mg/L respectively. The content of total-P showed 0.015~0.087mg/L but ortho-P was not detected. The content of suspended solid, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> showed 3.6~15.3, 0.37~1.66, 0.17~0.52, 0.22~0.87, and 0.17~0.58mg/L. The content of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and Cl<sup>-</sup> showed 3.73~14.47mg/L and 1.02~7.24mg/L respectively. Only Cu and Zn of heavy metals were detected 0~0.019mg/L, and 0.009~0.098mg/L, but Cd, Cu, Ni and Cr were not detected.

Natural supplies of chemical components were 39.48kg/ha/yr of total-N, 21.82kg/ha/yr of NH<sub>4</sub>-N, 6.90kg/ha/yr of NO<sub>3</sub>-N and 0.68kg/ha/yr of total-P. Also Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and Cl<sup>-</sup> were supplied 14.46, 5.00, 7.26, 5.46, 98.76 and 31.16kg/ha/yr respectively. Only of heavy metals were supplied 0.024kg/ha/yr of Cu and 0.044kg/ha/yr of Zn.

**Key words** : Natural supply, precipitation, chemical component

## 서 론

전라북도에는 군산공업단지, 익산공업단지, 전주의 제1, 2 공업단지 이외에도 군산외항 공업단지 및 전주의 제3공업단지 조성으로 인하여 공업단지에서 배출되는 대기오염물질인 황산화물과 질소산화물 등에 의하여 강우성분의 변화가 나타날 수 있을 것으로 생각된다.

강우는 농업 생태계적인 측면에서 질소를 비롯한 여러 가지 화학성분을 천연적으로 공급하는 측면도 있지만, pH가 낮은 산성비가 내리게 되면 토양중의 칼슘, 마그네슘 등 염기성물질들을 용탈시킴으로서 토양 산성화, 작물의 생육 저해 및 수량감소, 삼림의 황폐화 등 농업 생태계에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다<sup>1,2,3)</sup>.

본 연구는 산업화가 진행되는 과정에서 배출되는 대기오염물질이 확산작용에 의해 농업지대에 내리는 강우에 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 비오염지로 예상되는 전라북도 진안군 마령면 수도작 농업지대에 내리는 강우중 화

학성분의 함량변화와 천연공급량을 산정하여 농업환경의 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 조사지역

공업단지에서 배출되는 매연, 분진과 같은 대기오염물질로부터 영향을 받지 않을 것으로 예상되는 전라북도 진안군 마령면 평지리(산간지대로서 전형적인 수도작 영농지대)에 Analog식 일일기록 자기우량계를 설치하여 1997년 5월 1일부터 1998년 4월 30일까지 강우량 자료를 수집하였다.

### 시료채취 및 분석방법

강우시료는 시험포장에 설치한 플라스틱 용기(20리터)에 강우사상별로 시료를 채취한 다음 폴리에틸렌 용기(2L)에 옮겨 4℃ 이하의 온도로 보관하면서 분석시료로 사용하였다. 단 2mm 이하의 강우시료는 시료채취상의 어려움이 있

본 연구는 1997년도 교육부 학술연구조성비의 지원(농업과학기술기센터 대학간 공동연구과제, 과제번호 97-NICEM-3)에 의해 수행되었음

어 조사대상에서 제외하였다.

강우시료의 분석은 수질오염공정시험법<sup>4)</sup>에 기준하였다. 부유물질은 시료 1,000mL를 취하여 유리섬유여지법으로, pH와 EC(electrical conductivity)는 현장에서 기기(Orion Model 840)를 이용하여 직접 측정하였으며, 전질소와 암모니아태질소는 시료 250mL를 취하여 각각 환원중류-킬달법과 중화적정법으로, 총인산은 시료 250mL를 취하여 25mL로 농축한 다음 ascorbic acid reduction법으로 분석하였다. 양이온( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ )과 중금속( $\text{Pb}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$ )은 시료 250mL에 진한 질산 5mL를 넣고 분해한 다음 50mL로 농축하여 원자흡수분광광도계(Perkin Elmer 2380)를 이용하여 분석하였다. 음이온( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ )은 0.45 $\mu\text{m}$  이하의 유리섬유여지(GF/C)를 사용하여 여과한 다음 이온크로마토그래피(Sykam 4260, Germany)를 이용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 강우량 및 강우특성

1997년 5월 1일부터 1998년 4월 30일까지 12개월 동안 조사 대상지역에 내린 강우량과 강우특성을 조사한 결과는 다음과 같다(Fig. 1).

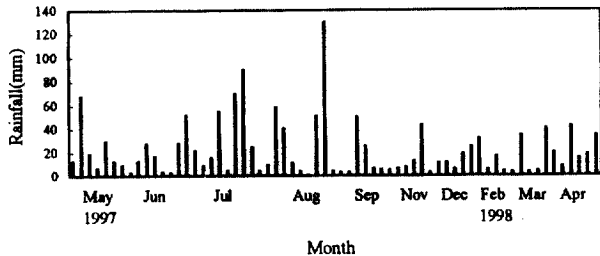


Fig. 1. Distribution of rainfall

1997년 5월 상순에는 남쪽을 지나는 기압골의 영향을 받아 뇌전을 동반한 소나기 현상이 가끔 있었으며, 5월 한달 동안 강우량은 175mm로 예년의 181%의 강우량을 나타내었다. 장마는 6월 20일에 시작하여 7월 18일에 종료되었는데, 약 28일로서 예년의 29일과 비슷한 경향이었다. 수도작 영농시기로 논에서 물의 유·출입이 많은 6, 7, 8월에 내린 강우량은 887.1mm였고 강우일수는 약 40일이었다. 9월과 10월 2개월 동안의 강우량은 36.1mm로 예년의 60% 수준을 유지한 반면, 11월, 12월과 1월은 162.8mm로 예년 강우량의 150% 이상을 나타내었다. 1998년 1월부터 3월까지의 약 75mm의 강우량을 나타내었으며, 4월부터 엘니뇨의 영향으로 동아시아지역 상층 기압골이 약화되고 북태평양 고기압이 비정상적으로 일찍 발달하여 비교적 많은 강우량을 기록하였다. 4월 한달 동안의 강우량은 178.2mm로 예년의

160%를 나타내었으며, 강우일수는 7일이었다.

조사지역에 내린 강우량은 영농기간 1,095.6mm, 비영농기간 414.6mm로 1년간 총강우량은 1,510.2mm였으며, 이는 우리 나라 연평균 강우량 1,274mm에 비하여 많은 강우량을 나타내었다.

### 강우중 화학성분의 시기별 함량변화

1997년 5월 1일부터 1998년 4월 30까지 시험포장에 내린 강우중 화학성분의 시기별 함량변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

pH는 6.44~7.24의 범위로 평균 6.89를 나타내었다. 강우량과 강우횟수가 많은 6, 7, 8월에 비하여 상대적으로 강우량이 적은 11월부터 4월까지의 pH가 약간 낮게 나타났는데 이는 강우에 의한 희석효과 때문인 것으로 생각된다(Fig. 2). 조 등<sup>5)</sup>이 조사한 전라북도 김제지역의 강우 pH 7.31과 임실지역의 강우 pH 7.02보다는 본 조사지역에서 약간 낮게 나타났다. 이는 시간이 경과할수록 산업화 및 인구의 증가에 따른 대기오염물질의 증가로 강우의 pH가 낮아지고 있음을 보여주는 결과로 생각된다.

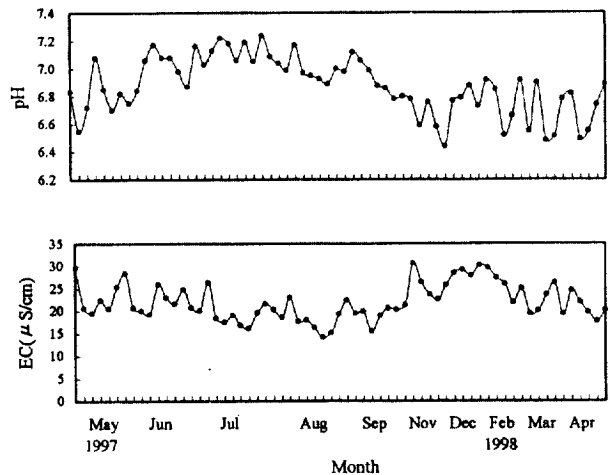


Fig. 2. Changes of pH and EC in rainfall

EC(electrical conductivity)는 14.23~30.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 21.95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었다(Fig. 2). EC의 시기별 변화는 pH와 유사한 경향이었으며, 비영농기간에 EC가 높게 나타난 것은 소량의 빗물에 다량의 대기오염물질이 혼합되었기 때문인 것으로 생각된다. 전체적으로 강우량이 많을수록 EC가 낮게 나타났는데 이는 강우에 의해 여러 가지 이온성물질이나 대기오염물질들이 감소되었기 때문인 것으로 생각된다. 조 등<sup>5)</sup>이 조사한 전라북도 임실지역의 강우중 EC 12.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 와 김제지역의 강우중 EC 20.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 와 비교시 본 조사시기에서 높게 나타났다.

전질소의 함량은 1.43~10.14mg/L의 범위로 평균 2.78mg/L, 암모니아태질소는 0.57~4.39mg/L의 범위로 평

균 1.47mg/L 그리고 질산태질소는 0.18~1.69mg/L의 범위로 평균 0.49mg/L를 나타내었다(Fig. 3). 특히 6월 초순경에 질소원의 함량이 높게 나타났는데 이는 뇌전을 동반한 집중호우시 대기중의 질소방전으로 인하여 일시적으로 함량이 증가하였기 때문인 것으로 생각된다. 이와 김<sup>11</sup>이 비오염지로 판단하여 조사한 경기도 안성지역 강우중 암모니아태질소 함량 1.25mg/L와 질산태질소 함량 0.92mg/L와 비교시 본 조사지점에서 약간 낮게 나타났다.

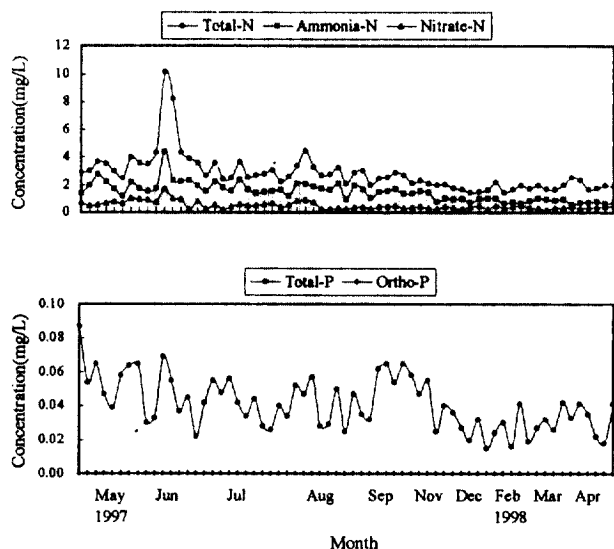


Fig. 3. Changes of nitrogen and phosphorus sources in rainfall

전인산의 함량은 0.015~0.087mg/L의 범위로 평균 0.041mg/L를 나타내었으며, 조사기간 동안 가용성인산은 검출되지 않았다(Fig. 3). Lee *et al.*<sup>8)</sup>에 의하면 경기도 화성군 일대의 수도작 지대에 내리는 강우성분을 조사한 결과, 가용성인산은 검출되지 않았으며, 전인산의 함량은 시기에 관계없이 0.04~0.08mg/L로 낮은 함량을 나타내었다고 보고하였는데 본 조사결과도 이와 유사한 경향을 나타내었다.

양이온성분 가운데  $Ca^{++}$ 는 0.37~1.66mg/L의 범위로 평균 0.95mg/L,  $Mg^{++}$ 는 0.17~0.52mg/L의 범위로 평균 0.32mg/L,  $Na^{+}$ 는 0.22~0.87mg/L의 범위로 평균 0.57mg/L 그리고  $K^{+}$ 는 0.17~0.58mg/L의 범위로 평균 0.33mg/L를 나타내었다(Fig. 4). 음이온성분 가운데  $Cl^{-}$ 는 1.02~7.24mg/L의 범위로 평균 2.28mg/L, 그리고  $SO_4^{2-}$ 는 3.73~14.47mg/L의 범위로 평균 7.20mg/L를 나타내었다(Fig. 4). Kang *et al.*<sup>12)</sup>이 조사한 전라북도 익산지역의 강우성분 결과와 비교시 본 조사에서 양이온과 음이온의 함량이 약간 낮게 나타나는 경향이였다. 이는 Kang *et al.*<sup>12)</sup>이 조사한 전라북도 익산지역의 경우 서해안과 근접해 있어 해수의 영향과 함께 중국에서 매년 4월경에 불어오는 황사현상의 영향을 본 조사지점 보다 더 많이 받았기 때문인

것으로 생각된다.

부유물질의 함량은 3.6~15.3mg/L의 범위로 평균 7.39mg/L의 범위를 나타내었다. 시기별로 강우량이 풍부한 시기에 부유물질의 함량이 낮게 나타났으며, 강우량이 적은 시기에 그 함량이 높게 나타나는 경향이였다. 중금속물질 가운데 Cd, Pb, Ni 및 Cr은 검출되지 않았으며, Zn의 경우 0.009~0.098mg/L의 범위로 평균 0.029mg/L, Cu의 경우 0~0.019mg/L의 범위로 평균 0.002mg/L를 나타내었다(Fig. 5). 강우중에 함유된 중금속은 거의 대부분이 자동차 배기가스, 공업단지에서 배출되는 매연이나 분진으로부터 유래되는데 본 조사대상 지역은 전형적인 영농지역으로 중금속의 검출빈도가 낮았으며, 시기별로도 함량차이를 나타내지 않았다.

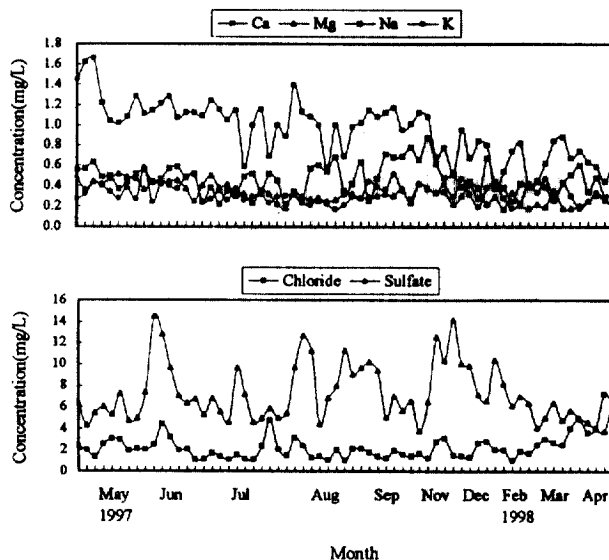


Fig. 4. Changes of cations and anions in rainfall

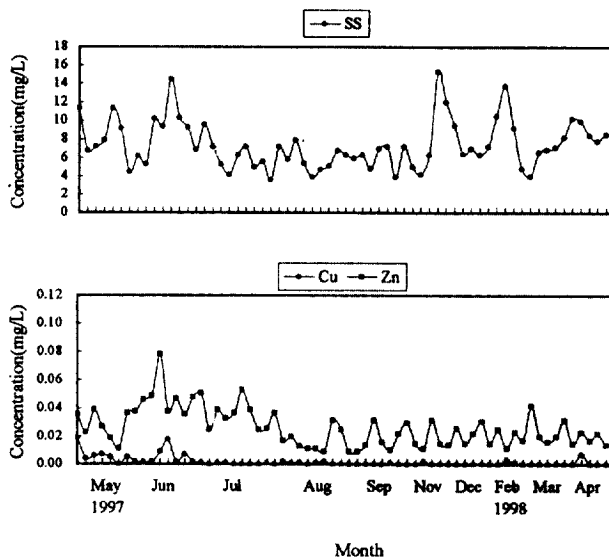


Fig. 5. Changes of SS, Zn and Cu in rainfall

## 강우에 의한 화학성분의 천연공급량

1997년 5월 1일부터 1998년 4월 30일까지 1,510.2mm의 강우를 통하여 논토양에 공급된 화학성분의 공급량은 다음과 같다.

$$\text{Natural supplies(kg/ha/yr)} = \sum_{i=1}^{64} \text{Rainfall(mm)}_i \cdot \text{Concentration of chemical components(mg/L)}_i$$

시험포장에 내린 총강우량을 측정된 다음 화학성분의 평균농도를 곱하여 강우에 의한 화학성분의 공급량을 산정하였다. 단, 2mm이하의 강우는 시료채취상의 어려움이 있어 조사대상에서 제외하였다.

영양물질의 공급량은 전질소 39.48kg/ha/yr, 암모니아태질소 21.82kg/ha/yr, 질산태질소 6.90kg/ha/yr 그리고 전인산 0.68kg/ha/yr로 나타났다. 강우에 의한 질소원의 공급량은 강우량이 많은 7, 8월이 가장 높았으며, 비영농기간에는 강우량이 적은 관계로 그다지 높지 않았다. Kang *et al.*<sup>7)</sup>이 전북 익산지역의 강우에 의한 화학성분의 공급량을 조사한 결과, 암모니아태질소 10.60kg/ha/yr 그리고 질산태질소 3.62kg/ha/yr로 나타났는데 본 조사지역에서 약 2배 이상 높게 나타났다.

양이온성분의 공급량은  $\text{Ca}^{++}$  4.46kg/ha/yr,  $\text{Mg}^{++}$  5.00kg/ha/yr,  $\text{Na}^+$  7.26kg/ha/yr 그리고  $\text{K}^+$ 는 5.46kg/ha/yr로 나타났다. 중금속물질 가운데 Pb, Cd, Ni와 Cr은 조사기간 동안 검출되지 않았으며, Cu와 Zn의 부하량은 각각 0.024kg/ha/yr, 0.44kg/ha/yr로 나타났다. 음이온성분의 공급량은  $\text{Cl}^-$  31.16kg/ha/yr 그리고  $\text{SO}_4^{2-}$  98.76kg/ha/yr로 나타났다. Kang *et al.*<sup>7)</sup>에 의하면 전북 익산지역에서 강우중 이온성물질들의 천연공급량을 조사한 결과,  $\text{Ca}^{++}$  4.70kg/ha/yr,  $\text{Mg}^{++}$  0.90kg/ha/yr,  $\text{Na}^+$  4.0kg/ha/yr,  $\text{K}^+$  4.42kg/ha/yr,  $\text{Cl}^-$  이온 14.90kg/ha/yr, 그리고  $\text{SO}_4^{2-}$  이온 36.10kg/ha/yr로 나타났다. Kang *et al.*<sup>7)</sup>의 결과와 비교시 본 조사지역의 강우에 함유된 이온성물질들의 공급량이 2배 정도 높게 나타나는 경향이였다.

이와 같이 강우에 의한 화학성분의 공급량에 차이가 나타나는 것은 각 지역별로 내린 강우량과 강우성분이 서로 다르기 때문인 것으로 생각된다.

## 요 약

공업단지에서 배출되는 대기오염물질이 확산작용에 의해 농업지대에 내리는 강우에 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 1997년 5월 1일부터 1998년 4월 30일까지 비오염지로 예상되는 전라북도 진안군 마령면 수도작 농업지대에 내리는 강우중 화학성분의 함량변화와 천연공급량을 조사한 결

과는 다음과 같다.

강우pH는 6.44~7.24, EC는 14.23~30.67 $\mu\text{S/cm}$ 의 범위를 나타내었다. 전질소의 함량은 1.43~10.14mg/L, 암모니아태질소는 0.57~4.39mg/L, 질산태질소는 0.18~1.69mg/L의 범위를 나타내었다. 전인산은 0.015~0.087mg/L의 범위를 나타내었으며, 가용성인산은 검출되지 않았다. 부유물질은 3.6~15.3mg/L,  $\text{Ca}^{++}$  는 0.37~1.66mg/L,  $\text{Mg}^{++}$  는 0.17~0.52mg/L,  $\text{Na}^+$ 는 0.22~0.87mg/L 그리고  $\text{K}^+$ 는 0.17~0.58mg/L의 범위를 나타내었다.

조사대상 중금속중 중금속중 Cd, Pb, Ni, Cr은 검출되지 않았으며, Zn의 경우 0.009~0.098mg/L, Cu의 경우 불검출~0.019mg/L의 범위를 나타내었는데 그 함량이 아주 낮은 수준이었다. 음이온성분 가운데  $\text{Cl}^-$  는 1.02~7.24mg/L,  $\text{SO}_4^{2-}$  는 3.73~14.47mg/L의 범위를 나타내었다

각종 화학성분의 천연공급량은 전질소 39.48kg/ha/yr, 암모니아태질소 21.82kg/ha/yr, 질산태질소 6.90kg/ha/yr, 전인산 0.68kg/ha/yr로 공급되었다. 양이온성분의 공급량은 각각  $\text{Ca}^{++}$  4.46kg/ha/yr,  $\text{Mg}^{++}$  5.00kg/ha/yr,  $\text{Na}^+$  7.26kg/ha/yr,  $\text{K}^+$  5.46kg/ha/yr로 나타났다. 중금속물질 가운데 Pb, Cd, Ni와 Cr은 검출되지 않았으며, Cu와 Zn의 공급량은 각각 0.024kg/ha/yr, 0.44kg/ha/yr로 나타났다. 음이온성분중  $\text{Cl}^-$ 는 31.16kg/ha/yr,  $\text{SO}_4^{2-}$  98.76kg/ha/yr로 나타났다.

## 참고문헌

1. D. J. Bamber(1984). Air sampling flights round the British isles at low altitudes :  $\text{SO}_2$  oxidation and removal rates, *Atmos. Environ.*, 18(9) : 1777~ 1790
2. Ellenton G. Ley, B. And Misra P. K(1984). A trajectory puff model of sulphur transport for Eastern North America, *Atmos. Environ.*, 18(9) : 727~737
3. Im, Ze-Bin and Won, Chan-Hee(1992). Studies on the characteristics of air pollution at Chonbuk : On acid rain, *J of KSEE*. Vol. 14(2) : 591~600
4. 환경처(1993). 수질오염공정시험법, 동화기술
5. 조재규, 김복영, 소규호(1988). 농작물재배에 의한 환경영향평가 연구, 농사시험 연구보고서
6. 김복영, 이종식(1994). 농업생태계내 강우 및 관개수 특성조사, 농사시험연구보고서
7. Jong-Gook Kang, Hyeong-Kwon Shim, Jong-Sik Lee, Jong-Gu Kim, Jae-Kil Lee and Jea-Don So (1995). Survey on the Precipitation Component in Iri Area of Chonbuk Province, *Korean J. Environ. Agric.* Vol.

- 14(1) : 15~22
8. C. K. Lee, K. C. Lee, H. J. Lee, H. I. Rhu, M. H. Lee, S. H. Jun, S. S. Kim, K. H. Kim, S. K. Kim and S. D. Kim (1990). Study on Good Agricultural Practice in the Use of Fertilizer and Agrochemical : the impact of fertilizer on soil and water environment, and its countermeasure. *NIER, Research Rep.* Vol. 12. 293~310