

벼의 성장시기에 따른 삼중수소 거동해석

김상복, 이원윤, 박효국, 임광복, 최용호, 이창우
한국원자력 연구소

요 약

벼의 성장시기에 따른 대기중 삼중수소의 식물체내 흡수실험을 수행하였다. 투명한 아크릴로 만들어진 피폭상자(50x60x120cm)내의 피폭조건은 비록 같은양(18.5 MBq)의 HTO를 증발시키더라도 동일한 농도를 유지하는 것이 거의 불가능하였다. 벼꽃의 개화 직후부터 수확기까지 이삭의 생성시기별로 HTO에 피폭시킨 후 잎, 줄기 및 이삭으로 구분된 시료에서 피폭 후 시간별로 조직자유수의 삼중수소 농도를 측정하였다. 조직자유수의 삼중수소 농도는 이삭에서 가장 느리게 감소하였으나 조직결합수의 삼중수소 농도는 이삭 성장이 가장 왕성한 시기에 높게 측정되었다.

1. 서 론

원자력 시설로부터 대기 중으로 방출된 삼중수소는 여러 경로를 통하여 사람에게까지 도달하게 된다. 삼중수소는 여러 가지 화학형으로 존재할 수 있지만 대기 중으로 방출되어 지는 것은 주로 HTO, HT 및 CH₃T 같은 유기형태가 있다[1,2,3]. 대기 중으로 방출된 삼중수소의 환경내 거동을 평가하기 위해서는 확산, 침적, 재방출 및 화학형의 변화 등이 연구되어 져야 한다. 또한 HTO는 HT보다 25,000배 정도 더 유해할 뿐 아니라 매우 쉽게 인간에게 영향을 줄 수 있다. 식물에 의해 흡수된 HTO는 주로 광합성에 의해 유기물에 결합되어 진다. OBT는 체내 잔류시간 및 직접 섭취에 의한 영향 때문에 수년 전부터 선량평가 측면에서 OBT의 중요성이 인식되어져 왔다[4,5,6]. 본 연구는 벼의 성장시기에 HTO에 피폭되면 식물체내에서 삼중수소의 거동이 어떻게 되는지 살펴보고자 하였다.

2. 실험

1) HTO 피폭

투명한 아크릴로 만들어진 피폭상자(50x60x120)내에 재배된 상자를 설치한 후 1시간 동안 18.5 MBq/2ml 의 HTO를 연속적으로 히터를 이용하여 증발시켰다. 이때 피폭상자내의 삼중수소의 농도를 균일하게 하기 위하여 팬을 이용하여 공기를 순환하였으며 5분 간격으로 온도와 습도를 측정하여 삼중수소 농도 계산에 반영하였다. 삼중수소 농도는 bubbler system (0.3 L/min.)을 이용하여 5분 간격으로 측정하였으며 피폭시작 1시간 후 피폭상자 뚜껑을 열고 대용량 팬을 이용하여 약 5분 동안 외부공기를 주입시켜 피폭상자내 HTO를 제거하였다.

2) 분석시료 채취

본 실험에 사용된 벼는 재배상자(40x30x25)에서 6포기씩 경작지 재배와 동일한 조건으로 야외에서 경작하였다. 삼중수소 피폭시 재배상자를 운반하여 피폭시킨 후 적어도 5시간이 경과한 후 재배 지역으로 다시 옮겼다. 삼중수소 피폭후 시간 별로 채취할 시료는 잎, 줄기, 이삭으로 구분한 다음 무게를 측정한 후 냉동고에 보관하였다. 수확기에는 이삭의 경우 쌀과 껍질로 구분하여 분석하였다. 또한 피폭직후 관개수를 8 ml 취하여 삼중수소의 농도를 측정하였다.

3) 삼중수소 농도 분석

냉동 보관된 시료에서 동결건조법으로 조직자유수를 추출한 후 액체섬광계수기로 삼중수소 농도를 측정하였다. 동결 건조된 시료는 잘게 분쇄한 후 petri dish에서 wet air를 이용하여 교환성 삼중수소를 충분히 제거하였다. 조직결합수의 분석은 Oxidizer 306 (Canberra -Packard)를 이용하였으며 pellet으로 제작된 시료의 무게는 약 0.5g 이었다.

3. 결 과

1) 피폭상자내 공기중 농도

피폭상자내 공기중 삼중수소 농도는 피폭상자내의 온도 습도와 밀접한 관계가 있다. 본 실험은 1997년 8월 11일에 시작하여 9월 19일 까지 9회에 걸쳐 실시되었다(그림 1). 실험은 오전 9시-10시 또는 10시-11시까지 1시간 동안 실시되었다. 모든 실험에 사용한 HTO양은 1회 18.5 MBq/2ml 이며, heater를 이용하여 약 30분간 증발시켰다. 피폭상자내 평균 온도의 범위는 25.1 - 34.5 C 이고, 상대습도는 61.6 - 94.2 %를 나타내었다. 평균 HTO 농도는 2979 - 81310 Bq/ml 의 범위를 나타내고 있으며, 관개수의 삼중수소 농도 또한 피폭직

후 681 - 3454 Bq/ml 의 준위를 나타내고 있었다. 그러나 피폭하는 동안 주변의 공기중 삼중수소농도는 백그라운드 준위였다.

2) 비의 성장곡선

비는 5월 26일에 상자당 32일 모를 1주 3-4분 식으로 6주를 이식하였다. 비는 이식 후 생육단계에 따라 6월 23일부터 수확기까지 주2회씩 무자위로 9포기씩 채취한 후 이삭 및 잎+줄기로 구분한 다음 산술 평균하여 무게를 측정하였다. 또한 생체중량을 측정한 후 오븐에서 완전 건조한 다음 건조중량과 비교하였다. 비의 성장시기 동안 작물체의 상태를 고려하여 대체로 충분한 양의 수분을 공급하였으며 모든 재배조건은 야외 경작에 준하여 재배하였다. 비의 생체중량은 이식후 천천히 증가하다가 50일 이후부터 급격히 증가하여 80일경부터 일정한 무게를 유지하였다. 그러나 이삭의 경우 이식후 약 70일 경에 비 꽃이 개화한 후 80일 경부터 성장하기 시작하였다. 최대 성장률은 90일부터 102일 사이에 나타났다(그림 1).

3) 조직자유수의 농도 변화

동일한 양의 삼중수소를 증발시킨 실험이었지만 외부의 물리적 인자의 의해 피폭직 후 비의 삼중수소 농도는 최소 47310 Bq/ml에서 최대 65117 Bq/ml의 농도분포를 나타내었다. 피폭직후부터 수확기까지 측정된 조직자유수의 농도는 비의 성장시기에 따라 다소 다른 양상을 나타내고 있다. 잎의 경우 수확기에 가까울수록 조직자유수의 감소율이 현저히 낮아지지만 대부분 피폭 24시간 후에는 최초농도의 0.1%이하까지 감소하였다. 줄기의 경우 피폭직후에는 잎의 농도에 비해 약 10% 정도의 준위이지만 시간 경과에 따른 감소율은 매우 낮아서 대체로 피폭 10시간 이후에는 잎의 농도보다 높게 측정되고 있다. 이삭의 경우 R-5 까지 피폭직후 잎의 농도와 유사한 준위를 나타내지만 R-6부터는 낮은 농도를 나타내었다(그림 2). 그러나 이삭에서 조직자유수의 농도는 다른 부위에 비해 매우 천천히 감소하기 때문에 피폭후 수시간 이내에 비에서 가장 높은 농도를 나타내고 있었다.

4) 수확기 조직결합수의 농도

HTO를 비의 성장시기에 따라 피폭시킨 본 연구에서는 수확기 조직결합수의 농도가 이삭의 성장곡선과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 매 실험때 마다 피폭상자내의 삼중수소의 농도가 다르기 때문에 수확기 곡류의 조직결합수 농도를 상대비교하기 위하여 피폭직후 잎중의 조직자유수의 농도와 비교하였다. R6의 경우 최대 1.55%, R1 및 R9의 경우 각각 0.02%, 0.04%로 나타났다. 이는 OBT 형성과 식물대사가 직접적인 상관관계가 있음을 나타내고 있다. 수확기 이삭의 조직자유수 농도가 거의 백그라운드 준위임을 고려할 때

grain과 husk에서의 조직결합수 농도는 매우 큰 의미가 있다. 그러나 줄기와 잎에서 측정된 조직결합수의 농도는 유의성 있는 결과를 나타내지 못하였다.

4. 결 론

아홉 번에 걸쳐 실시된 HTO 피폭실험은 피폭상자내 온도, 습도 및 가열속도에 따라 공기중의 삼중수소 농도에 많은 차이가 있었으며 피폭 시스템의 배열이 큰 영향을 미쳤다. 벼의 성장률은 줄기와 잎의 경우 이식후 50일 경부터 80일 경까지 크게 나타나지만 이삭의 경우 이식후 90일부터 100일 경에 최대 성장률을 나타내었다. HTO 피폭후 벼의 잎, 줄기, 이삭에서 조직자유수의 농도 변화는 피폭시기에 관계없이 시간 경과에 따라 감소하지만 감소율은 잎이 제일 빠르고 이삭에서 제일 늦게 측정되었다. 그러나 수확기에는 공히 조직자유수의 영향은 없는 것으로 밝혀졌다. 수확기 조직결합수의 농도는 피폭직후 잎의 조직자유수 농도와 비교할 때 R6에서 최대로 나타나 벼의 성장시기가 조직결합수 형성에 매우 중요하다는 것을 확인할수 있었다.

5. 참 고 문 헌

- [1] H. Amano et al., "Formation of Organically Bound Tritium in Plants during the 1994 Chronic HT Release Experiment at Chalk River" Fusion Technology, 28, 803-808 (1995)
- [2] P.A. Davis et al., "Overview of the 1994 Chronic HT release experiment at Chalk River" Fusion Technology, 28, 840-845 (1995)
- [3] H. Noguchi et al., "Tritium Behaviour on a Cultivated Plot in the 1994 Chronic HT Release Experiment at Chalk River" Fusion Technology, 28, 924-929 (1995)
- [4] 이 정 호 외, "육상 방사선 환경생태 해석기술 개발" KAERI/RR-1741/96 (1997)
- [5] S. Diabate and S. Strack, "Organically Bound Tritium in Wheat after Short-Term Exposure to Atmospheric Tritium under Laboratory Conditions" J. Environ. Radioactivity, 36, 157-175 (1997)
- [6] C. K. Kim and M. J. Han, "Dose assessment and Behavior of Tritium in Environmental Samples around Wolsong Nuclear Power Plant" Applied Radiation and Isotopes, in press (1998)

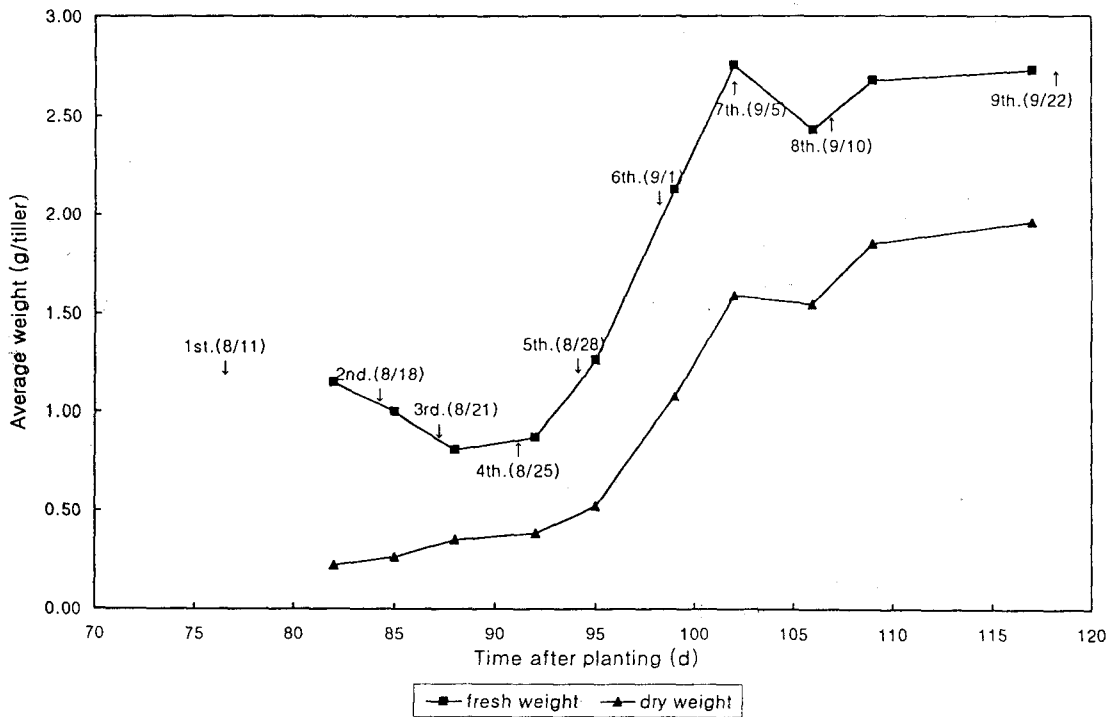
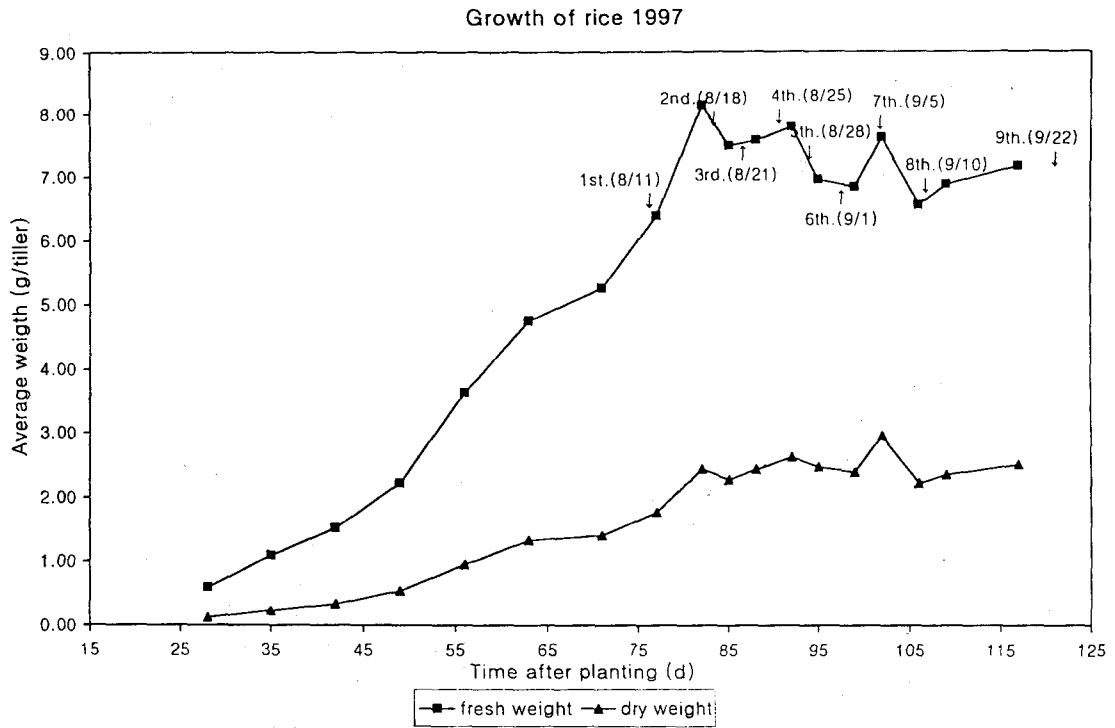


Fig.1. Growth curve and HTO exposure schedule of rice experiment.

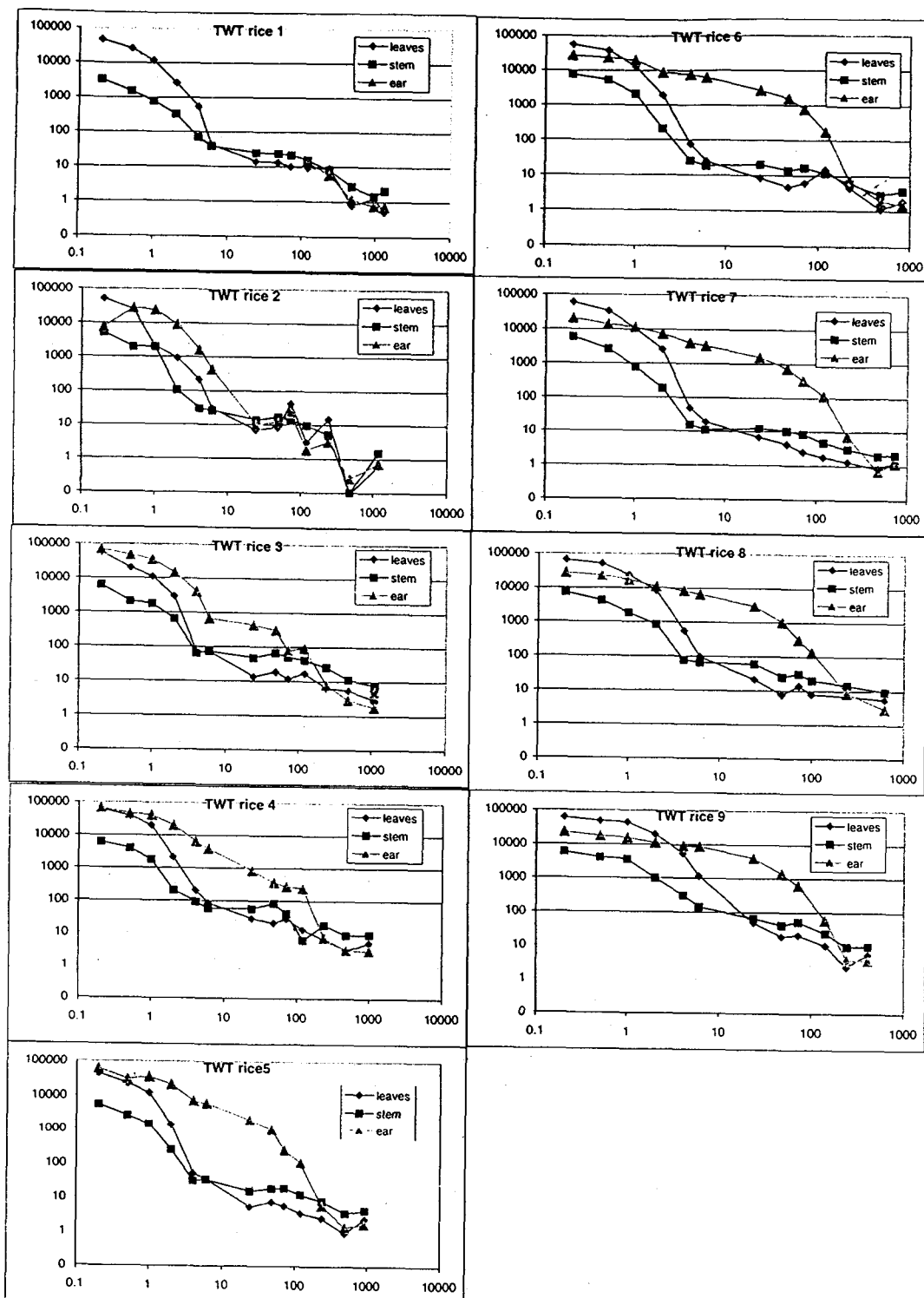


Fig. 2. Tissue free water tritium concentrations in rice after HTO exposure.