

## Soil column중 제초제 bentazon의 용탈 행적

경기성 · 오경석 · 안기창<sup>1</sup> · 권정욱<sup>1</sup> · 이재구\*<sup>1</sup>

농업과학기술원 작물보호부 농약개발과, <sup>1</sup>충북대학교 농과대학 농화학과

**요약** : 토양의 물리화학적 특성에 따른 제초제 bentazon의 용탈행적을 구명하기 위하여 3종의 토양을 soil column(내경 5 cm × 길이 34 cm)에 30 cm 높이까지 충전하고 [<sup>14</sup>C]bentazon을 처리한 후 벼(*Oryza sativa* L.)를 9주간 관행법에 따라 재배하였다. 용탈된 <sup>14</sup>C 방사능의 양은 벼를 재배하지 않은 경우는 토양의 물리화학적 특성에 관계없이 총처리 방사능의 약 91~92%이었으나 벼를 재배한 경우는 21~50%로서 <sup>14</sup>C 용탈량이 현저히 감소하였으며, pH가 높고 유기물 함량이 낮은 토양에서 더 많았다. <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>의 발생량은 총처리방사능의 0.2% 미만으로 매우 적었고 유기물 함량이 높은 토양일수록 뿌리를 통한 지상부로의 이행율이 적었다. Soil column으로 부터 모은 용탈수의 <sup>14</sup>C 방사능이 수상에 분포하는 양은 용탈기간과 벼의 생육에 따라 증가하였으나 토양의 이화학적 특성에 따른 영향은 나타나지 않았다. 토양결합잔류물의 양은 벼를 재배하고 유기물 함량이 높은 토양에서 증가하였다. (1997년 12월 15일 접수, 1998년 2월 27일 수리)

**Key words** : bentazon, soil column, leaching, bound residue, radiotracer.

### 서 론

토양 이동성이 큰 농약에 의한 지하수 오염문제는 세계 각국에서 사회적 관심의 대상이 되고 있어 농약에 의한 지하수 오염 가능성 구명과 오염 방지책에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 경작지에 살포된 농약의 이동성을 구명하는 방법으로는 <sup>14</sup>C 등의 방사성 동위원소로 표시된 화합물을 이용한 추적자법으로 실제 포장조건과 유사하게 제작된 lysimeter에서 실험하는 것이 가장 바람직하지만 표시 화합물의 다량 구입과 분석비용 및 실험 후 발생하는 방사성 폐기물의 처리에 따른 경제적 부담 때문에 일반적으로 soil column을 많이 이용하고 있으며, 독일의 Biologische Bundesanstalt(BBA)에서는 농약활성성분의 인가과정에서 soil column을 이용한 표준용탈실험을 수행하도록 규정하고 있다(BBA, 1986).

Bentazon(3-isopropyl-1H-2,1,3-benzothiadiazin-4(3H)-one-2,2-dioxide)은 1970년 독일의 BASF社에서 개발한 benzothiadiazole계의 선택성 접촉형 제초제로서 두류 및 벼의 재배지에서 광엽잡초의 방제에 사용하는 발아후 처리제이며 (Abernathy와 Wax, 1973; Mine 등, 1975), 이 화합물의 선택성 제초작용은 식물의 종에 따라 bentazon을 분해하여 무독화(detoxification)시키는 능력

이 각각 다름에 기인한다고 알려져 있다(Otto 등, 1979). 또한 bentazon은 물에 대한 용해도(약 500 ppm)가 높고, 화학구조상의 강한 음이온성 때문에 陰으로 하전된 토양 colloid와의 반발력으로 인하여 토양중에서의 이동성이 매우 큰 것으로 알려져 있다(Abernathy와 Wax, 1973).

Bentazon의 토양 이동성은 soil TLC(Abernathy와 Wax, 1973)와 soil column (Abernathy와 Wax, 1973; 이와 오, 1993; Romero 등, 1996) 및 lysimeter (Stoller 등, 1975; Kördel 등, 1991a; Kördel 등, 1991b; Bergström, 1992; Huber와 Otto, 1994; Lee 등, 1996)를 이용하여 연구되었으나 토양중 이동성은 lysimeter보다 soil column에서 더 큰 것으로 나타났다. 이에 대하여 Romero 등(1996)은 실험에 이용된 기법뿐만 아니라 토양수의 유속에 영향을 미치는 공시토양의 물리화학적 특성 때문이라고 하였다.

따라서 토양의 물리화학적 특성과 벼의 생육에 따른 bentazon의 용탈 특성을 구명하고자 본 실험을 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 공시토양

충주시 인근 논에서 이화학적 특성이 서로 다른 3종의 토양을 채취하여 음건한 후 1.18mm 체를 통과시켜 공시토양으로 사용하였으며, 이들 토양의 물리화학적 특성은 표 1에

\* 연락처자

**Table 1. Physico-chemical properties of the soils used for the column experiment with rice plants**

Soil	pH (H <sub>2</sub> O, 1:5)	Organic matter (%)	C.E.C. (mmol(+) /kg)	Clay	Silt Sand		Texture
					%		
A	5.4	1.3	102	24.3	37.6	38.1	L
B	5.5	2.2	96	10.4	38.6	51.0	L
C	6.5	0.9	139	39.9	44.2	15.9	SiCL

서 보는 바와 같다.

### 공시화합물

본 실험에 사용된 [<sup>14</sup>C]bentazon(benzene 환 균일 표지, 비방사능: 388.32 MBq/mmol, 순도: 99.5% 이상)과 비표지 bentazon은 독일의 BASF社(Limburgerhof, Germany)로부터 분양받아 사용하였다.

### Soil column에 의한 용탈 실험

용탈실험을 위해 제작한 Pyrex® 유리 column(내경 5 cm x 길이 34 cm)의 밑부분을 glass wool로 막고 column을 진동시키면서 520 g(순수 토양무게)의 공시토양을 28 cm 높이까지 충전(充填)하였으며, 그 위에 전체 농도가 5 ppm이 되도록 75.443 kBq의 표지 화합물과 비표지 화합물을 처리한 토양으로 30 cm 높이까지 채운 후 column 끝을 물에 담가 밑으로 부터 토양에 수분을 공급하였다. 벼 식재(植栽) 여부가 공시화합물의 용탈특성에 미치는 영향을 구명하기 위해 앞에서 준비한 soil column에 파종 후 37일된 추청벼(*Oryza sativa* cv. Akibare, Japan)를 이앙하고 관행법에 따라 9주간 재배하였으며, 대조구로 벼를 재배하지 않은 시험구를 두었다. 실험기간 동안 모든 column은 일광과 온도의 영향을 방지하기 위해 column의 외부를 단열 및 차광처리하고 벼 재배 관행법에 따라 담수상태로 유지하였으며, 청주시역의 6월과 7월의 10년간(1976년~1985년) 평균강우량(409.71 ml)으로 부터 산출한 1일모조강우량인 13.4 ml의 용탈수를 매일 수거하면서 온실조건에서 실험하였다. 이 기간 동안 [<sup>14</sup>C]bentazon과 그 대사산물로부터 방출되는 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>는 soda lime에 흡수시켰다. Soda lime에 흡수시킨 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>는 Anderson (1984)의 방법에 준하여 분석하였다.

### 토양과 벼 시료 및 용탈수의 분석

용탈실험이 끝난 후 지상부의 벼를 베어내고 토양 column을 -30℃에서 냉동시킨 후 토양을 10 cm의 절편(segment)으로 절단하였으며, 각 절편의 토양으로부터 벼 뿌리를 수거한 후 음건하였다.

냉동건조한 식물체와 음건하여 마쇄한 각 절편의 토양은 각각 0.2 g과 0.3 g 정도를 Biological Oxidizer(R. J. Harvey Instrument Corporation, U.S.A., OX-400)로 연소하여 발생한 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>를 <sup>14</sup>C-Cocktail(Harvey Biological Oxidizer용, R. J. Harvey Instrument Corporation, U.S.A.)에 흡수시켜 Liquid Scintillation Counter (LSC, Philips, PW 4700)로 방사능을 측정하였다.

매일 수거한 용탈수는 1주일 간격으로 합하여 방사능을 측정한 후 1~4주(분획 I)와 5~9주(분획 II)로 구분하여 시료를 합하였다. 용탈수중 방사능의 수상(aqueous phase)과 유기상(organic phase)간의 분배를 분석하기 위하여 pH 2로 조절한 각 분획별 시료 5 ml와 ethyl acetate 5 ml를 screw-capped tube에 넣고 격렬하게 진탕하여 정치한 다음 ethyl acetate층(유기상)과 물층(수상)에서 각각 2 ml를 취해 LSC로 각각의 방사능을 측정하였다.

토양중 추출이 불가능한 [<sup>14</sup>C]bentazon의 결합잔류물(non-extractable bound residues)을 분석하기 위하여 0~10 cm 부위의 토양 약 50 g을 증류수(Lee 등, 1988) 70 ml를 사용하여 추출액의 방사능이 자연방사능 수준이 될 때까지 진탕추출한 후 토양과 추출액의 방사능을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 벼의 재배 여부에 따른 용탈 특성

9주간의 실험기간중 용탈된 <sup>14</sup>C의 양은 표 2에서 보는 바와 같이 벼를 재배하지 않은 경우 총처리 방사능의 약 91~92%로서 토양의 물리화학적 특성에 관계없이 매우 높은 용탈율을 보였다. Abernathy와 Wax(1973)는 3종의 Illinois 토양을 충전한 soil column (내경 1 cm × 길이 15.2 cm)을 이용한 bentazon의 용탈 실험 결과 토양의 종류에 관계없이 총처리방사능의 74~99%가 용탈수(leachate)에서 검출되었으며, 이는 수용성(약 500 ppm)과 음이온성(pKa=3.2)이 큰 bentazon이 음이온으로 하전된 토양 colloid와의 반발력으로 토양중에서 매우 높은 이동성을 갖기 때문이라 하였다. 또한 bentazon의 신선잔류물(fresh residue)과 각각 3개월과 6개월간의 숙성잔류물

**Table 2. Leaching behaviour of [<sup>14</sup>C]bentazon in soil column with rice plants grown for 9 weeks. <sup>14</sup>C-Radioactivity applied = 100%**

Soil column	Rice plant	<sup>14</sup> C activity in						<sup>14</sup> CO <sub>2</sub> evolved	Recovery
		Soil segment from top, cm			Leachate	Shoot	Root		
		0~10	10~20	20~30					
----- % -----									
A - 0	No	3.83	0.84	0.85	91.58	-	-	0.09	97.19
A - 1	Yes	15.43	9.39	17.74	25.26	6.00	21.27	0.15	95.23
B - 0	No	3.05	0.70	0.73	91.70	-	-	0.06	96.24
B - 1	Yes	18.42	13.21	5.88	21.13	11.72	26.33	0.11	96.80
C - 0	No	3.18	0.80	0.87	91.15	-	-	0.13	96.13
C - 1	Yes	7.99	9.29	7.31	49.69	4.21	19.12	0.08	97.69

(aged residue)을 함유한 논토양을 처리한 soil column(내경 5 cm × 길이 34 cm)을 이용한 3개월간의 용탈실험에서 신생 잔류물의 경우 총처리 방사능의 약 96%가 1개월 내에 용탈되었고 나머지도 대부분 2개월 내에 용탈되었다는 보고(이와 오, 1993)와 soil column(내경 9.3 cm × 길이 20 cm)에 처리된 bentazon이 처리후 3~30일 이내에 거의 용탈되었다는 보고(Romero 등, 1996)는 본 실험의 결과와 비슷한 경향이였다.

그러나 벼를 재배한 soil column에서는 토양별로 처리된 총방사능의 약 21~50%가 용탈되어 상기의 벼를 재배하지 않은 경우와 비교해 볼 때 그 양이 현저히 감소되었음을 알 수 있다. 그 이유로서는 우선 [<sup>14</sup>C]bentazon을 처리한 토양에 42일간 벼를 재배하는 동안 처리된 방사능의 38~42%가 벼에 흡수되었을 뿐만 아니라 수용성 <sup>14</sup>C 방사능이 벼 재배 전 토양(97.3%)에 비해 벼 재배 후 토양(18.6%)에서 현저히 적었다는 이 등(1989)의 보고로 미루어 볼 때 본 실험에서 토양에 처리된 방사능중 상당량의 수용성 방사능이 벼 재배기간중에 이미 벼에 흡수되었기 때문에 용탈수중의 방사능이 감소한 것으로 보인다. 또한 벼의 뿌리로부터 분비된 여러 종류의 당, 아미노산, 탄수화물, 비타민, 유기산 등과 같은 생육촉진물질들이 근권(rhizosphere)에 고농도로 축적되어 있어 미생물의 활성이 큰 부분이라는 보고들(Nicholas 등, 1965; Kimura 등, 1977)과 근권은 뿌리 분비물(root exudate, Curl과 Truelove, 1986; Anderson 등, 1994)과 같이 쉽게 무기화되는 물질들이 다량 공급되어 더 많은 흡수가 일어나고 bentazon이 뿌리 부분(root zone)에 머무르게 되어 쉽게 분해된다는 연구결과(Burauel과 Fuhr, 1988)를 근거로 할

때 벼를 재배함에 따른 다양한 根圈效果(rhizosphere effects)에 의한 영향으로 보인다.

#### 토양의 물리화학적 특성에 따른 용탈 특성

물리화학적 특성이 상이한 토양별 bentazon의 용탈 특성은 표 2에서 보는 바와 같이 벼를 재배하지 않은 경우에는 토양의 물리화학적 특성에 따라 큰 차이 없이 그 용탈량이 많았으나 벼를 재배한 경우는 pH가 낮고 유기물 함량이 높을수록 용탈량이 감소하는 경향을 보여 pH가 높고 유기물 함량이 낮은 토양 C에서 가장 큰 용탈율을 보였다. Abernathy와 Wax(1973)는 Pittwood 토양(유기물함량: 8.5%, 사양토)과 Drummer 토양(유기물함량: 4.8%, 미사질식양토) 그리고 Plainfield 토양(유기물함량: 0.7%, 사양토)을 충전한 soil column(내경 1 cm × 길이 15.2 cm)으로 부터 용탈된 bentazon의 양이 각각 74, 97, 99%로서 높은 점토함량보다는 높은 유기물함량에 의해 bentazon의 용탈이 감소된다고 하였다. 또한 본 실험에서 벼를 재배했을 경우 토양의 pH가 다른 토양보다 더 높은 토양 C에서 더 빠른 용탈이 일어나 토양의 유기물 함량뿐만 아니라 pH도 bentazon의 토양중 용탈에 영향을 미치는 한 인자임을 시사하였다.

#### 경시적 용탈행적

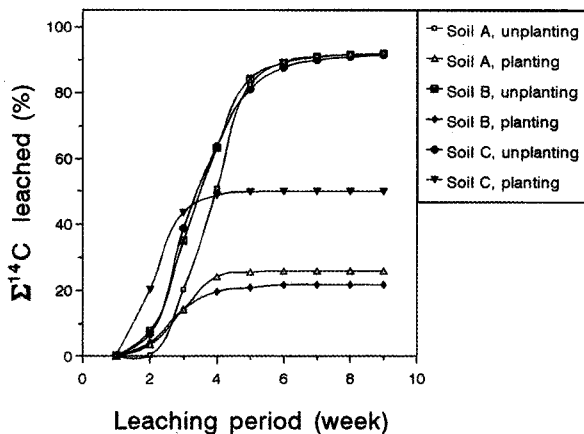
Soil column에 처리된 [<sup>14</sup>C]bentazon의 경시적 용탈행적은 그림 1에서 보는 바와 같이 벼를 재배하지 않은 경우는 3종의 토양에서 큰 차이 없이 처리 후 5주동안 총처리량의 약 80%가 용탈되는 비슷한 경향을 보였다. 또한 벼를 재배한 경우는 토양 A와 B에서는 용탈량에 있어서는 약간

의 차이를 보였지만 처리 후 3주까지 증가하고 그 이후는 완만한 감소를 보이는 경향인 반면 pH가 높고 유기물 함량이 낮은 토양 C에서는 증가 경향은 비슷하였으나 용탈량에 있어서는 다른 토양에 비해 현저히 높았다.

**벼에 의한 흡수이행 및 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>의 방출**

9주간의 용탈실험 기간중 벼에 흡수이행된 <sup>14</sup>C 양(shoot + root)은 표 2에서 보는 바와 같이 토양 A, B, C에서 각각 총처리 방사능의 27.3, 38.1, 23.3%로서 용탈이 용이한 토양에서 더 적어 bentazon과 그 대사산물들이 용탈됨에 따라 벼가 흡수 가능한 화합물의 양이 감소하였기 때문인 것으로 보인다. 또한 지상부와 뿌리에 흡수이행된 양을 보면 지상부보다 뿌리에 더 많았는데 이는 bentazon의 신생 잔류물(fresh residues)을 함유한 토양에 벼를 42일간 micro-ecosystem 조건에서 재배하였을 때 지상부(shoot)보다 뿌리에 약 2배 정도 더 잔류하였다는 이 등(1989)의 연구결과와 비슷한 경향을 보였다. 그리고 본 실험에서 뿌리와 지상부에 존재하는 방사능의 비율은 토양 A, B, C에서 각각 3.5:1, 2.2:1, 4.5:1로서 유기물 함량이 많은 토양일수록 뿌리로부터 지상부로 이행이 적음을 알 수 있었다.

한편 이 기간중 방출된 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>의 양은 모든 시험구에서 총처리 방사능의 0.2% 미만으로서 이를 [<sup>14</sup>C]bentazon 처리 후 42일간 벼를 재배하였을 때 방출된 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>의 양이 3~4%이었다는 이 등(1989)의 보고와 비교해 볼 때 매우 적었는데 이는 본 실험기간 동안 토양을 담수상태로 계속 유지하였으므로 토양미생물에 의한 bentazon의 호기적 분해를 저해했기 때문이라 생각된다.



**Fig. 1.** Amounts of <sup>14</sup>C-radioactivity leached from soil columns with and without rice plants during the period of 9 weeks.

**토양 층위별 방사능 분포**

용탈실험 후 column으로 부터 10 cm 간격으로 회수한 토층별 방사능 분포는 표 2에서 보는 바와 같이 벼를 재배하지 않은 경우는 총처리 <sup>14</sup>C 방사능의 약 5~6%가 column내의 토양에 잔류하였으며, 층위별 분포량은 0~10 cm 부위에 약 3~4% 정도가 잔류하고 그 이하 부위에 분포하는 양은 1% 미만이었다. 그러나 벼를 재배한 경우는 층위별 잔류량에는 일정한 경향을 나타내지 않았으나 약

**Table 3.** Partition of <sup>14</sup>C activity present in the leachates collected from soil column between aqueous and organic phases. Aqueous phase + Organic phase = 100%

Soil column	Fraction I <sup>a)</sup>		Fraction II <sup>a)</sup>	
	Aqueous phase	Organic phase	Aqueous phase	Organic phase
----- % -----				
A - 0	4.75	95.25	6.01	93.99
A - 1	5.30	94.70	7.33	92.67
B - 0	2.77	97.23	6.57	93.43
B - 1	5.93	94.07	8.61	91.39
C - 0	3.27	96.73	5.62	94.38
C - 1	6.22	93.78	8.47	91.53

<sup>a)</sup>Leachates collected from the 1st to the 4th week (Fraction I) and from the 5th to the 9th week (Fraction II), respectively.

**Table 4.** Changes in the formation of the non-extractable bound residues of bentazon during the leaching experiment using soil column with rice plants

Soil column	Soil segment from top, cm	Water-extracted	Bound	Recovery
				----- % -----
A - 0	0 ~ 10	75.98	22.84	98.82
A - 1	0 ~ 10	16.80	80.82	97.62
B - 0	0 ~ 10	68.73	30.32	99.05
B - 1	0 ~ 10	12.00	85.29	97.29
C - 0	0 ~ 10	82.16	14.79	96.95
C - 1	0 ~ 10	16.82	81.32	98.14

25~43%가 column내의 토양에 잔류하여 벼를 재배하지 않은 경우보다 용탈이 서서히 진행되었음을 나타내었다. 이는 bentazon이 뿌리 부분(root zone)에 머무른다는 Burauel과 Führ(1988)의 연구결과로 미루어 볼 때 벼의 재배가 bentazon의 토양중 용탈을 지연시킨 것으로 보인다.

#### 용탈수중 방사능의 수상과 유기상간의 분배

Soil column에 처리된 [<sup>14</sup>C]bentazon이 토층을 통과하면서 어느 정도 극성화합물로 변환(transformation)되었는지를 구명하기 위한 용탈수중 방사능의 수상과 유기상간의 분배실험 결과는 표 3에서 보는 바와 같이 총처리 방사능의 10% 미만이 수상으로 분배되었으며, 벼를 재배하고 용탈기간이 길어질수록 수상으로의 분배량이 증가하는 경향을 나타내어 bentazon이 용탈과정에서 극성대사산물로 변환되었음을 시사하였으나 용탈수의 autoradiography에서 bentazon의 대사산물은 검출할 수 없었다. 또한 토양의 이화학적 특성에 따른 영향도 나타나지 않았다.

#### 토양의 추출과 추출불가 토양결합 잔류물 형성

Soil column으로 부터 회수한 토양 절편중 0~10 cm 부위의 토양을 증류수로 추출한 결과는 표 4에서 보는 바와 같이 3종의 토양 모두 벼를 재배하지 않은 토양의 추출율이 현저히 높았으며, 상대적으로 결합잔류물(bound residue)의 양은 벼를 재배한 토양에서 훨씬 증가하였다. 그러나 벼에 흡수 이행된 양(약 23~38%)을 감안한다 하더라도 벼를 재배한 토양에서 결합잔류물의 양이 현저히 증가하여 이 등(1989)의 보고와 일치하였으며, 이는 Kimura 등(1977)과 Nicholas (1965)가 보고한 바와 같이 근권효과에 의하여 생성된, 벼가 이용할 수 있는 수용성 화합물이 이미 벼에 흡수되어 토양시료중에 물에 의해 추출이 가능한 화합물의 양이 감소하였기 때문인 것으로 판단된다. 또한 유기물 함량에 따른 결합잔류물(bound residue)의 양은 대체로 벼 재배 여부에 관계없이 유기물 함량이 높을수록 그 양이 증가하는 경향이였다.

### 인 용 문 헌

Abernathy, J. R. and L. M. Wax(1973) Bentazon mobility and adsorption in twelve Illinois soils. *Weed Science* 21(3): 224~227.  
Anderson, J. P. E.(1984) *In* Methods of soil analysis,

Amer. Soc. of Agron., Madison, Wi, Part 2, p.831.  
Anderson, T. A, E. L. Kruger, and J. R. Coats(1994) Biological degradation of pesticide wastes in the root zone of soils collected at an agrochemical dealership, *In* " Bioremediation through rhizosphere technology", ACS symposium series 563, p.993, American Chemical Society, Washington, DC.  
BBA(1986) Biologische Bundesanstalt. Richtlinie für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln Teil 4-2: Versickerungsverhalten von Pflanzenschutzmitteln.  
Bergström, L.(1992) Leaching of bentazon in Swedish soils using field lysimeters. *Swedish J. Agric. Res.* 22:103~109.  
Burauel, B. and F. Führ(1988) The enhanced mineralization of simazine and bentazon in soil after plant uptake. *Z. Pflanzenernähr Bodenk.* 151:311~314.  
Curl, E. A. and B. Truelove(1986) *The Rhizosphere*, Springer-Verlag, Berlin.  
Huber, R. and S. Otto(1994) Environmental behaviour of bentazon herbicide. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 137:111~134.  
Kimura, M., H. Wade, and Y. Takai(1977) Studies on the rhizosphere of paddy rice (part 4), Physical and chemical features of rhizosphere (Ⅱ), *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 48(11, 12):540~545.  
Kördel, W., M. Herrchen, and R. T. Hamm(1991a) Lysimeter experiments on bentazon. *Chemosphere* 23:83~97.  
Kördel, W., M. Herrchen, and W. Klein(1991b) Experimental assessment of pesticide leaching using undisturbed lysimeters. *Pestic. Sci.* 31:337~348.  
Lee, J. K., F. Führ, and K. S. Kyung(1996) Fate of the herbicide bentazon in rice plant-grown lysimeters over four consecutive cultivation years. *J. Environ. Sci. Health B31(2):*179~201.  
Lee, J. K., F. Führ., and W. Mittelstaedt(1988) Formation and bioavailability of bentazon residues in a German and Korean agricultural soil. *Chemosphere* 17(2):441~450.  
Mine, A., M. Miyakado, and S. Matsunaka(1975) The mechanism of bentazon selectivity, *Pesticide*

- Biochemistry and Physiology 5:566~574.
- Nicholas, D. J. D.(1965) Influence of the rhizosphere on the mineral nitrogen of the plant, pp.210~217. *In Ecology of soil-borne plant pathogens*(ed. Baker, K. F. and W. C. Snyder), Univ. Calif. Press, Berkeley.
- Otto, S., P. Beutel, N. Drescher, and R. Huber(1979) Investigation into the degradation of bentazon in plant and soil, 3: pp.551~556, *In IUPAC advances in pesticide science*(Zürich, 1978, ed. H. Geisbühler), Pergamon Press, Oxford and New York.
- Romero, E., S. R. Francisco, A. Pena, C. de la Colina, and G. Dios(1996) Bentazon leaching in Spanish soils. *Pestic. Sci.* 47:7~15.
- Stoller, E. W., L. M. Wax, L. C. Haderlie, and F. W. Slife(1975) Bentazon leaching in four Illinois soils. *J. Agric. Food Chem.* 23(4):682~684.
- 이재구, 경기성, F. Führ(1989) 토양중 신생 및 숙성 bentazon 잔류물의 비에 의한 흡수. *한국농화학회지* 32(4):393~400.
- 이재구, 오경석(1993) Carbofuran, bentazon 및 TCAB 잔류물의 토양중 용탈. *한국환경농학회지* 12(1):9~17.

---

#### Leaching behavior of the herbicide bentazon in soil column

Kee-Sung Kyung, Kyeong-Seok Oh, Jeong-Wook Kwon<sup>1</sup>, Ki-Chang Ahn<sup>1</sup> and Jae-Koo Lee\*<sup>1</sup>  
 (National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, 441-707, Korea, and  
<sup>1</sup>Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Chungbuk National University,  
 Cheong Ju, 361-763, Korea)

**Abstract:** In order to elucidate the leaching behaviour of the herbicide bentazon in soil, soil columns(5cm ID × 34 cm L) were packed with three different soils up to 30 cm height, followed by the treatment of [<sup>14</sup>C]bentazon, and rice plants(*Oryza sativa* L.) were grown for 9 weeks on these columns, with the columns without growing rice plants as the control for comparison. The amounts of <sup>14</sup>C activities percolated were about 92% of the originally applied <sup>14</sup>C irrespective of the physico-chemical properties of the soils in the absence of rice plants, whereas 21~50% of the originally applied <sup>14</sup>C was percolated in the presence of rice plants, suggesting that the amounts of <sup>14</sup>C leached decreased remarkably in rice-cultivating soils. Bentazon leached faster in soil with higher pH and with lower organic matter content in the presence of growing rice plants. The amounts of <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> evolved from the soil columns were less than 0.2% of the originally applied <sup>14</sup>C. Smaller amounts of <sup>14</sup>C were translocated into shoots via roots in soils with higher organic matter content. <sup>14</sup>C activities distributed into the aqueous phase of the leachate collected from the soil columns increased with leaching period and by rice cultivation, whereas the physico-chemical properties of soils did not exhibit any effect. The amounts of soil-bound residues increased remarkably by cultivating rice plants.

---

\*Corresponding author