

## Dinitroaniline系 除草劑의 잔디밭에서의 作用特性

李永燾\* · 金錫井\*\* · 金建佑\*\*\* · 金吉雄\*

### Herbicidal Activities of Dinitroaniline Compounds in Turfgrass

Lee, Y. D., S.J. Kim, K.W. Kim and K.U. Kim

#### ABSTRACT

This study was conducted to determine the herbicidal activity, persistence, downward movement and effect on bentgrass of 7 dinitroaniline herbicides such as benefin [*N*-butyl-*N*-ethyl-2,6-dinitro-4-(trifluoromethyl) benzenamine], beslogine [*N,N*-dibutyl-2,6-dinitro-4-trifluoromethylamine], prodiamine [2,4-dinitro-*N,N*-dipropyl-6-(trifluoromethyl)-1,3-benzenediamine], pendimethalin [*N*-(1-ethylpropyl)-3,4-dimethyl-2,6-dinitrobenzenamine], trifluralin [2,6-dinitro-*N,N*-dipropyl-4-(trifluoromethyl) benzenamine], ethalfluralin [*N*-ethyl-*N*-(2-methyl-2-propenyl)-2,6-dinitro-4-(trifluoromethyl) benzenamine], and oryzalin [4-(dipropylamino)-3,5-dinitrobenzene-sulfonamide] together with bensulide [*O,O*-bis(1-methylethyl) *S*-[2-[(phenyl-sulfonyl) amino]ethyl]phosphorodithioate] and siduron [*N*-(2-methylcyclohexyl)-*N'*-phenylurea] as the control. In addition, distribution of pendimethalin and benefin into bentgrass was also determined.

Prodiamine, benefin, and pendimethalin at the 1/16 dose of the recommended rate showed very high herbicidal activity(LD<sub>90</sub>) on *Digitaria sanguinalis*, but ethalfluralin and bensulide showed LD<sub>90</sub> at the 1/4 dose of the recommended rate, showing difference in herbicidal activities among dinitroaniline herbicides. All the herbicides except for pendimethalin had the lower herbicidal activity in sandy soil than that of clay-loam soil.

Benefin, beslogine, prodiamine, oryzalin, bensulide and siduron persisted in the soil for about 50 days, but pendimethalin persisted in the soil for about 35 days, and trifluralin and ethalfluralin for about 25 days.

Ethalfluralin, oryzalin and bensulide were the most mobile(downward movement) of the 9 herbicides studied. Less mobility was observed in the turfgrass condition than that of the bare soil.

\* 경북대학교 농학과(Department of Agronomy, Coll. of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea.)

\*\* 중앙개발(주) 잔디연구소(Turfgrass specialist, Turfgrass Research Institute, Anyang Country Club Division, Gunpo, Kyungki Do, 435-020, Korea.)

\*\*\* 한국화학연구소(KRICT, P.O.Box 107, Yusong, Taejeon 305-606, Korea.)

<1994. 9. 9 접수>

Beslogine, bensulide prodiamine and benefin had no injury effect on bentgrass (*Agrostis atolonifera* L., penncross creeping bent grass). However, herbicides like oryzalin, trifluralin and pendimethalin reduced the dry weight of bentgrass by 12%, 30% and 40%, respectively. No significant difference in distribution of pendimethalin and benefin into inner part of leaves, surface and wax layer of bentgrass was observed, and thus it seems that different phytotoxic effect between pendimethalin and benefin may be attributed to different metabolism and mode of action.

Key words : dinitroaniline compound, persistence, herbicidal activities, turfgrass

## 緒 言

예로부터 잔디는 文化의 尺度로 불리워 왔으며, 西歐에서는 庭園, 公園, 建物 周邊과 墓地 등에서 주로 觀賞用으로 利用되어 왔지만, 近來에는 골프장(golf courses), 비행장, 도로변,空地 등 到處에 利用되어, 潤澤한 人間生活를 구축하는데 있어서 必須的인 것이 되었다.

우리 나라에서도 잔디는 88올림픽 이후 栽培面積이 擴大일로에 있다. 잔디밭을 良好하고 아름답게 維持하기 위해서는 科學的 基礎知識을 근거로 한 綜合的인 栽培管理가 必要하다. 이 가운데에 특히, 雜草防除는 큰 比重을 차지하고 있다. 원래 잔디밭은 禾本科 잔디로 형성된 單純植生이며, 日照量이 풍부하기 때문에 雜草의 侵入이 많고, 生育 및 繁殖量도 현저하다. 따라서 잔디밭은 雜草의 侵入이 쉽게 될 수 있는 조건으로 되어 있다. 雜草는 잔디가 이용해야 하는 光, 空間, 水分, 營養分을 奪取하여, 결국에는 잔디의 生育을 衰退시킨다. 이 때문에, 잔디밭에서는 손으로 除草하지 않으면 안되었다. 그러나, 최근에는 除草劑를 봄과 가을에 1회씩 散布하던 年中 雜草없는 아름다운 잔디밭을 維持할 수 있게 되었다.

따라서 國內에서도 最近, 잔디용 除草劑로서 數種이 實用化되어 있으며(1993년 현재 9종 登錄), 現在 開發이 進行되고 있는 藥劑도 多數 있다. 이들 가운데 dinitroaniline系 除草劑는 作用機構가 細胞分裂 抑制劑로서, 人畜에 대해 毒性이 낮을 뿐만 아니라, 雜草의 發芽前 土壤

處理劑로 一年生 벼과와 廣葉雜草에 폭넓은 殺草 spectrum을 나타내는 등, 優秀한 特性을 갖고 있는 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>(表 1). 그러나, 이들 除草劑는 잔디에 對한 影響과 土壤中의 行跡 등, 잔디용 除草劑로서 正確하게 調査되어 있지 않다. 또한, 그린(green) 周邊에서 이들 藥劑의 特性이 밝혀져 있지 않다.

따라서, 本 研究는 그린周邊의 *Zoysia japonica* 와 그린의 bentgrass에 對해서는 藥害가 없고, 雜草에 對해서는 效果的인 殺草力을 지닌 除草劑를 選拔할 目的으로, 室內 및 溫室에서 몇 가지의 實驗을 통하여 作用 特性을 조사하였다.

## 材料 및 方法

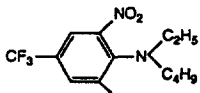
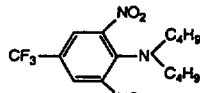
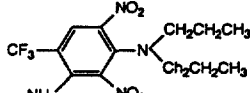
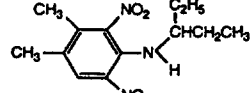
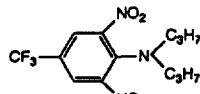
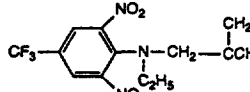
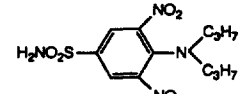
### 1. 除草劑의 活性 檢定

本 實驗에 사용된 除草劑는 日本 Utsumiya 雜草科學研究센터로부터 분양받았고, 그 특성은 표 1과 같다. 둥근 폴리에틸렌製 容器(直徑 20cm, 깊이 10cm)에, 잔디밭 상토를 채우고 바랭이(*Digitaria sanguinalis*) 종자를 30립씩 播種하였다. 供試藥劑는 benefin 407.5g a.i./10a, beslogine 348g a.i./10a, prodiamine 113.4g a.i./10a, pendimethalin 375g a.i./10a, trifluralin 100.1g a.i./10a, ethafluralin 87.5g a.i./10a, oryzalin 45g a.i./10a으로 標準 藥量을 처리하였고, 對照 藥劑로서 bensulide 1,500g a.i./10a, siduron 675g a.i./10a을 200 L/10a의 噴霧量으로 處理하였다. 또, 상기 除草劑들의 標準 藥量의 1/2, 1/4, 1/8, 1/16배를 處理하고, 30日 後 LD<sub>90</sub>을 調査하였다. 本 실험은 3반복으로 수행하였다.

## 2. 除草劑의 殘效性 檢定

둥근 폴리에틸렌제 容器(직경 20cm, 깊이 10cm)에 잔디밭 상토를 채운 후, 試驗 1과 같이 供試 除草劑의 標準量을 200 L/10a의 噴霧量으로 處理하였다. 처리 직후부터 5日 間隔으로 50일까지 바랭이 종자를 播種하고 LD<sub>50</sub>이 維持되는 期間을 求하였다. 이 實驗은 15-30℃의 室內에서 實施하였다.

Table 1. Chemical structures and properties of dinitroaniline compounds.

|  |
|--|
| <p>1. Benfen [N-butyl-N-ethyl-2,6-dinitro-4-(trifluoromethyl) benzenamine]</p>  <p>a<sup>n</sup>. Balan, Bonalan (DowElanco)<br/>b. 1 mg/l in water at 25°C<br/>c. 52 mPa at 30°C</p>                     |
| <p>2. Bestogine [N,N-dibutyl-2,6-dinitro-4-trifluoro-methylaniline]</p>  <p>a<sup>n</sup>.<br/>b. 0.2 - 0.5 mg/L</p>  |
| <p>3. Prodiamine [2,4-dinitro-N,N-dipropyl-6-(trifluoromethyl)-1,3-benzenediamine]</p>  <p>a<sup>n</sup>. Barricade (Sandoz)<br/>b. 0.03 mg/l in water at 20°C<br/>c. 0.0033 mPa at 25°C</p>              |
| <p>4. Pendimethalin [N-(1-ethylpropyl)-3,4-dimethyl-2,6-dinitrobenzenamine]</p>  <p>a<sup>n</sup>. Stomp, Way Up (Cynamid)<br/>b. 0.3 mg/l in water at 20°C<br/>c. 4 mPa at 25°C</p>                    |
| <p>5. Trifluralin [2,6-dinitro-N,N-dipropyl-4-(trifluoromethyl)benzenamine]</p>  <p>a<sup>n</sup>. Treflan, Elancofan (DowElanco)<br/>b. 1 mg/l in water at 27°C<br/>c. 13.7 mPa at 25°C</p>            |
| <p>6. Ethalfuralin [N-ethyl-N-(2-methyl-2-propenyl)-2,6-dinitro-4-(trifluoromethyl)benzenamine]</p>  <p>a<sup>n</sup>. Sonalan (DowElanco)<br/>b. 0.2 mg/l in water at 25°C<br/>c. 0.11 mPa at 25°C</p> |
| <p>7. Oryzalin [4-(dipropylamino)-3,5-dinitrobenzenesulfonamide]</p>  <p>a<sup>n</sup>. Dirimal, Surfian (DowElanco)<br/>b. 2.4 mg/l in water at 25°C<br/>c. 0.0013 mPa at 25°C</p>                     |

1) a: some trade names and manufacturers, b: solubility, c: vapor pressure.

## 3. 除草劑의 土壤中の 下向 移動性 檢定

內徑 10cm, 높이 1cm의 鹽化비닐製 ring을 15개 쌓아 올린 圓筒管에 (1) *Zoysia japonica* 잔디밭 표토(식양토, pH 5.2, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 287, K 0.46, Ca 5.98, Mg 1.27, EC 0.25), (2) *Zoysia japonica* 잔디 plug, (3) bentgrass green 표토(모래), (4) bentgrass green (*Agrostis tatonifera* L., penn-cross creeping bent grass) plug를 넣고, 表面에 試驗 1과 같은 供試 除草劑를 200 L/10 a의 噴霧量으로 處理하였다. 24時間 後에 20mm /hr의 人工降雨을 加하여, 48時間 後에 表層으로부터 1cm씩 しゃ레(높이 6cm)에 採取하고, 100%의 土壤水分을 維持시켰다. 바랭이 종자 30립씩을 播種한 후, 25-30℃의 生長箱에서 生長시키면서 20% 억제되는 깊이를 調査하였다.

## 4. 그린(green)의 bentgrass에 미치는 除草劑의 影響 檢定

홀 카터로 잘라낸 bentgrass plug를 직경 11.7cm, 깊이 11.5cm의 포트에 移植하고, 3日 後인 1994年 3月 5日에 試驗 1과 같은 供試 除草劑(標準量)를 處理하고, 45日 後에 bentgrass의 乾物重(지상부+지하부)를 調査하였다.

## 5. Pendimethalin과 benefin의 植物體內 分布量 檢定

홀 카터로 잘라낸 bentgrass plug를 직경 11.7cm, 깊이 11.5cm의 포트에 移植하고, 20℃로 維持되는 生長箱에서 初長이 5cm 되도록 재배하였다. Bentgrass에 pendimethalin 375g a.i./10a와 benefin 407.5g a.i./10a을 200 L/10a의 噴霧量으로 처리하였다. 除草劑 처리 후 7일째에 葉表面에 附着한 量, 왁스층에 존재하는 量, 식물체내에 吸收된 量을 각각 methanoi 500ml에 1分間, chloroform 500ml에 10分間(5分間 2회) 沈積處理하여 抽出하였고, 體內含量은 供試된 잔디의 地上部를 잘라서 막자사발에 넣어 acetone 50% + chloroform 50%의 溶媒로 마쇄한 다음 24時間 定置한 後 抽出하였다. Sample은 그림 1과 같이 처리한 後, acetonitrile로 HPLC로 分析하였다. HPLC는 Waters제, column은

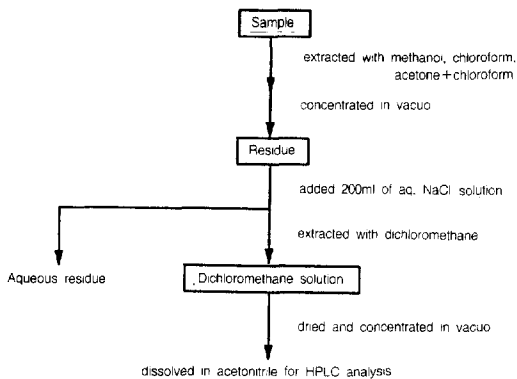


Fig. 1. Flow of analytical method for pendimethalin and benefin absorption.

ODS(Merk, RP-18 : i.d. 4mm × 250mm)를 사용하였고, column 온도는 40℃, 용출용매는 acetonitril : H<sub>2</sub>O : HCOOH(50 : 50 : 0.1-100 : 0 : 0)이며, 유속은 1ml/min.이었다. 保持時間(retention time, min.)은 pendimethalin 14.7, benefin 14.6이었다.

## 結果 및 考察

### 1. 除草劑의 活性

잔디밭 表土(堆壤土)와 모래에서 供試 除草劑의 바랭이에 대한 LD<sub>90</sub>은 그림 2와 같다. Benefin, prodiamine에 대한 바랭이의 LD<sub>90</sub>은 標準量의 1/16에서, beslogine, pendimethalin은 標準量의 1/8에서, ethalfuralin, bensulide는 1/4에서 얻어졌으며, 除草劑의 종류에 따라 억제 정도가 2배, 4배의 차이가 있었다. Bensulide를 除外한 모든 供試 除草劑는 堆壤土에 비하여, 모래에서 活性이 떨어졌다. 이와 같은 傾向은 dinitroaniline系 除草劑가 일반적으로 揮發性이 높으며, 특히 堆壤土에 비하여 모래에서 현저히 높은 것으로 사료된다<sup>4,5)</sup>

### 2. 除草劑의 殘效性

供試 除草劑의 바랭이에 대한 殘效期間(LD<sub>90</sub> 持續期間)에 대한 성적은 그림 3과 같으며, benefin, beslogine, prodiamine, oryzalin, bensulide, siduron 등은 약 50일이었고, pendimethalin은 35일, trifluralin, ethalfuralin은 약 25일로 除草

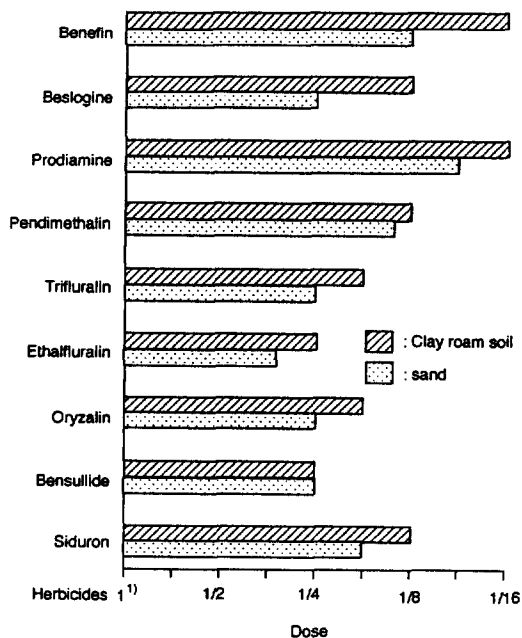


Fig. 2. Effect of various herbicides on LD<sub>90</sub> in *Digitaria sanguinalis* when applied in clay loam soil and sand.  
1) recommended dose

劑 종류에 따라 殘效期間에 큰 차이가 있었다. 특히 除草 活性이 標準量에 비하여 아주 낮은 濃度에서 LD<sub>90</sub>을 보인 benefin, prodiamine의 殘效期間이 길었다. Weber<sup>4)</sup>는 dinitroaniline系 除草劑가 종류에 따라 다양한 반감기를 나타낸다고 하였으며 trifluralin은 호기성 상태에서는 반감기가 60-130일이지만 혐기성 상태에서는 5-10일의 짧은 반감기를 나타낸다고 보고하였다<sup>4)</sup>. 本 試驗의 供試 除草劑間에 상이한 LD<sub>90</sub> 持續期間을 보인 것도 같은 맥락에서 얻어진 결과로 이해된다.

### 3. 土壤中 下向 移動性

供試 除草劑에 대한 *Zoysia japonica* 잔디밭 表土, *Zoysia japonica* 잔디밭 plug, Bentgrass green 모래, Bentgrass green(*Agrostis atolonifera* L., penncross creeping bentgrass) plug에서의 下向 移動性를 調査한 結果는 그림 4와 같다. Benefin과 beslogine는 *Zoysia japonica* 잔디밭 plug와 잔디밭 表土 處理區에서 각각 1cm, 3cm

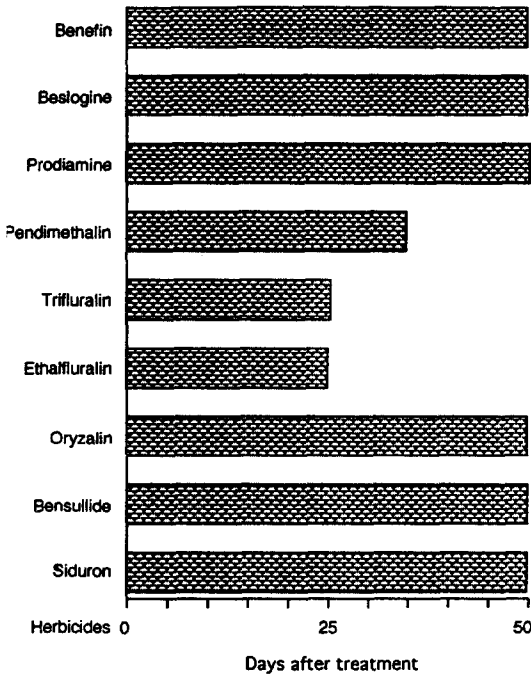


Fig. 3. Residual activity(LD<sub>90</sub>) of various herbicides on *Digitaria sanguinalis* when treated in clay loam soil.

정도 移動하였고, bentgrass green plug와 bentgrass green 表土 處理區에서는 각각 1cm, 5cm 이었다. Prodiamine의 下向 移動은 *Zoysia japonica* 잔디밭 plug와 잔디밭 表土에서 1cm, 4cm였고, bentgrass green plug와 bentgrass green 表土에서는 각각 3cm, 5cm이었다.

특히 bentgrass green의 表土에서 ethalfluralin, oryzalin, bensulide는 12cm, 15cm 및 15cm 下向 移動을 보여서 供試 除草劑 9종 가운데서 bensulide와 oryzalin의 移動이 가장 컸다. 그러나, bentgrass green의 表土에서는 이들 除草劑가 5cm 전후의 下向 移動을 보여서 bentgrass가 있고 없고 間에 높은 차이를 보였다. Dinitroanilin系 除草劑의 移動성은 다른 除草劑에 比하여 아주 낮은 移動성을 갖고 있으며 이것은 水溶性이 낮은 것에 기인한다고 報告되어 있다<sup>5)</sup>. 또, 供試된 dinitroaniline系 除草劑는 대체로 水溶性이 낮으나 그 가운데 oryzalin은 水溶性이 2.4mg/L(25℃)으로 가장 높고, 따라서 下向 移動성도 큰 것이 아닌가 사료된다.

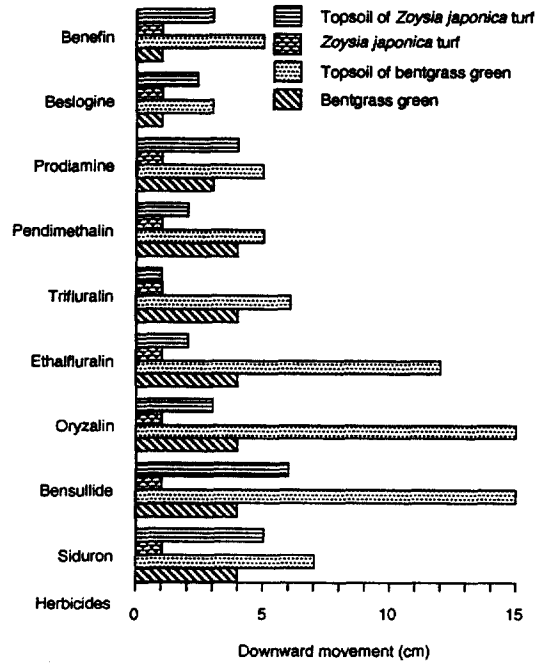


Fig. 4. Downward movement of various herbicides after application of 20mm/h of artificial rainfall.

이상의 結果로서 供試 除草劑의 土壤中 下向 移動성은 *Zoysia japonica* 잔디밭 表土가 bentgrass green 모래에 比하여 적었으며, 잔디가 있을 경우에는 없을 때보다 顯著하게 적었다. Ethalfluralin, oryzalin, bensulide 등을 제외한 6種의 供試 除草劑는 下向 移動성이 比較的 적었다.

잔디밭에서의 除草劑의 下向 移動성은 對象 雜草를 抑制시키는 면에서 뿐만 아니라, 잔디에 대한 藥害面에서도 重要な 要因이 된다. 對照 藥劑인 bensulide의 下向 移動성은 잔디밭에서 1-2cm, 砂質壤土인 bentgrass green에서는 4-5cm로 높기 때문에 모래땅에서는 移動성이 높아 잔디의 뿌리에 영향을 미칠 우려가 높다고 사료된다. 그러나, 대체로 dinitroaniline系 除草劑는 水溶性이 낮고, 土壤中 移動성이 작은 것으로 알려져 있으며<sup>5)</sup>, 특히, benefin, beslogine, prodiamine 등은 下向 移動성이 비교적 적어서 그린(green) 주변에 이용하기에 적합한 除草劑로 판단된다.

#### 4. Bentgrass에 미친 影響

供試 除草劑의 Bentgrass에 미친 影響에 대한 성적은 그림 5와 같다. Pendimethalin 處理區에서 40%, oryzalin 處理區에서 30%의 乾物重을 抑制하는 것 외에는 모든 供試 除草劑 특히, benefin, beslogine, prodiamine 處理區에서는 bentgrass의 地上部 및 地下部에 거의 影響을 미치지 않아 안전한 除草劑로 판단된다. 육안으로 평가했을 때는 모든 供試 除草劑가 *Zoysia japonica*에 안전하다고 판단되었다.

#### 5. Pendimethalin과 benefin의 植物體內 分布量

試驗 4의 結果에서 bentgrass에 藥害 정도가 심한 pendimethalin과 藥害가 거의 없는 benefin에 대한 bentgrass 莖葉에서의 分布量을 조사한 結果는 표 2와 같다. Pendimethalin은 bentgrass의 莖葉 表面에 62.7%, wax 층에 17.9%, 莖葉 內部에 19.4% 分布하고 있었으며, benefin은 莖葉 表面에 63.9%, wax 층에 13.6%, 莖葉 內部에 22.5% 分布하였다. Pendimethalin은 benefin

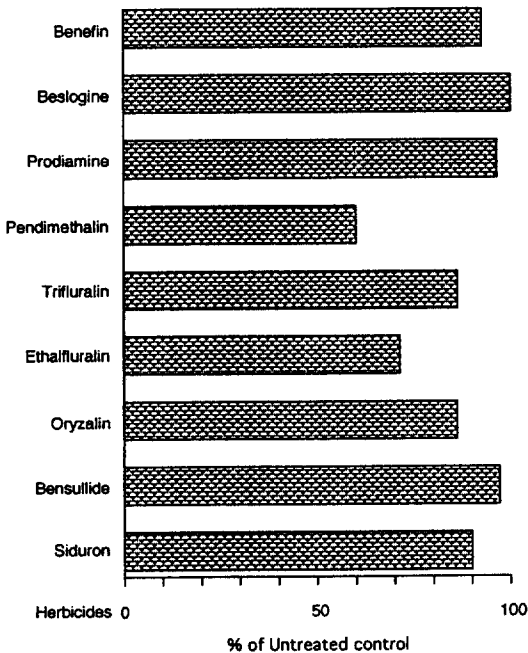


Fig. 5. Toxicity of various herbicides on bentgrass based on dry weight.

Table 2. Distribution of pendimethalin and benefin at 7 days their application on bentgrass leaves.

| Solvents  | % Distribution of herbicides |         |
|---|------------------------------|---------|
|   | Pendimethalin                | Benefin |
| MeOH  | 62.7                         | 63.9    |
| CHCl <sub>2</sub>   | 17.9                         | 13.6    |
| CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub><br>+<br>CHCl <sub>2</sub> | 19.4                         | 22.5    |

에 비하여 bentgrass에 현저한 藥害를 보였지만 (그림 5) 莖內 分布量에 있어서는 그다지 큰 차이가 인정되지 않아 吸收量에는 큰 차이가 없지 않나 사료된다. 이 方面에 對해서는 거의 研究가 되어 있지 않은 實情이다.

以上の 試驗 結果를 綜合하여 보면 供試 除草劑의 標準 추천량에 대한 바랭이에 대한 除草 活性(LD<sub>90</sub>)은 benefin, prodiamine이 가장 높고, trifluralin, ethalfluralin, oryzalin 등은 낮았다. 對照 藥劑인 bensulide와 siduron은 비교적 낮은 편이었다.

Benefin, beslogine, prodiamine은 *Zoysia japonica* 잔디밭 및 bentgreen에서 土壤中 下向 移動性이 적고, 한국 잔디와 bentgrass에 影響이 거의 없어, 그린 주변의 雜草防除에 있어서 有效한 除草劑로 利用될 수 있는 것으로 思料된다.

Pendimethalin과 oryzalin은 土壤中 下向 移動性이 크고 bentgrass에 대한 影響도 커서, 高溫期에는 더욱 顯著할 것으로 사료되어 高溫期에 사용할 수 없을 것으로 판단된다. 對照 藥劑인 siduron과 bensulide는 bentgrass에 대한 影響은 적으나 高濃度로 利用되며, 더욱이 siduron의 경우 바랭이만, bensulide의 경우는 화분과 雜草인 바랭이와 새포아풀에만 殺草力을 가지기 때문에 雜草防除幅이 대단히 좁아 對照 藥劑로서의 사용에 어려움이 있을 것으로 사료된다.

#### 摘 要

7種類의 dinitroaniline系 除草劑의 除草活性, 殘效性, 土壤中의 下向 移動性, bentgrass에 대

한 影響 및 pendimethalin과 benefin의 bentgrass 莖葉에서의 分布에 대하여 實驗을 하여 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 供試 除草劑에 대한 바랭이(*Digitaria sanguinalis*)에 대한 殺草力은 prodiamine, benefin, pendimethalin 등의 除草劑에서는 標準量의 1/16에서도 LD<sub>90</sub>을 나타내어 아주 높았고, ethalfluralin, bensulide가 낮았다. Bensulide를 除外한 모든 供試 除草劑는 埴壤土에 비하여 모래에서 除草活性이 떨어졌다.
2. 殘效性(LD<sub>90</sub>의 持續期間)은 benefin, beslogine, prodiamine, oryzalin, bensulide, siduron 등의 除草劑에서는 약 50日間, pendimethalin은 약 35日間, trifluralin, ethalfluralin 등은 약 25日間이었다.
3. 除草劑의 種類에 관계없이 잔디밭 表土에 處理한 것이 bentgrass green 모래 處理區에 비하여 下向 移動性이 작았으며, 잔디가 있는 處理區가 잔디가 없는 處理區보다 顯著하게 下向 移動性이 작았다. Ethalfluralin, oryzalin, bensulide 등은 下向 移動性이 큰 除草劑이고 그 밖의 供試 除草劑는 下向 移動性이 比較的 작았다.
4. Beslogine, bensulide, prodiamine, benefin 등은 bentgrass에 거의 藥害를 나타내지 않았으며, oryzalin, trifluralin 등은 약 12%, ethalfluralin 은 30%, pendimethalin은 40%의 乾物重을 減

少시켜 除草劑間에 상이한 藥害를 보였다.

5. Pendimethalin과 benefin間에는 bentgrass의 莖葉表面, 왁스층, 莖葉內部에서 分布量間에 差異는 거의 없어서 두 除草劑間의 藥害差異는 體內代謝나 作用點에서 活性의 差異에 起因하는 것으로 推定되었다.

## 引用文獻

1. Prasanta, C. Bhowmik and S. Wayne Bingham. 1990. Preemergence activity of dinitroaniline herbicides used for weed control in cool-season turfgrass. *Weed Technology* 4 : 387-393.
2. 竹松哲夫, 竹內安知. 1991. 芝生除草의 基礎와 應用. pp.55-70.
3. Takeuchi, Y., M. Ogasawara, M. Konnai and T. Takematsu. Downward movement of herbicides in soils. *Proceeding of the 6th International Turfgrass Research Conference(Tokyo)*, 275-277. 1989.
4. Weber, J.B. 1990. Behaviour of dinitroaniline herbicides in soil. *Weed Technology* 4(2) : 394-406.
5. Parochetti, J.V., G.W. Dec, Jr., and G.W. Bert. 1976. Volatility of eleven dinitroaniline herbicides. *Weed Sci.* 24 : 529-539.