

# 除草劑의 殺草效果 增進을 위한 撒布方法과 황산암모늄 및 염화칼리의 添加處理效果

卞 鍾 英 · 金 暎 來\*

## Effects of Spray Methods and Ammonium Sulfate and Potassium Chloride on Enhancing Phytotoxicity of Glyphosate

Pyon, Jong Yeong and Young Rae Kim\*

### ABSTRACT

To examine the possibility of enhancing activity of foliar applied herbicides by spray methods and additives, field experiments were conducted to evaluate the effects of surfactant, spray volume, and additions of ammonium sulfate or potassium chloride to glyphosate on toxicity to *Digitaria sanguinalis* or *Artemisia princeps*.

Glyphosate toxicity increased as spray volume was decreased from 120 l/10a to 40 and 80 l/10a. Additions of surfactant in the spray solution increased toxicity of glyphosate to *D. sanguinalis* and usually more pronounced effect was obtained at glyphosate 30.5g a.i./10a. Additions of 1 and 5% (w/v) ammonium sulfate to glyphosate increased toxicity to *A. princeps* at glyphosate 30.5 and 61.0g a.i./10a. 10% ammonium sulfate, however, had no effect or were antagonistic. Additions of potassium chloride at 1, 2 and 3% (w/v) were also very effective to increase herbicidal activity to *A. princeps* at glyphosate at 30.5 and 61.0g a.i./10a.

These results suggest that the practices for enhancement of herbicidal activity by improvement of spray method and additions of ammonium sulfate or potassium chloride to glyphosate can be employed to use lower herbicide levels while giving the same degree of weed control in orchards and non-crop lands.

*Key words: additives, ammonium sulfate, glyphosate, potassium chloride, spray volume, surfactant.*

### 緒 言

莖葉處理 除草劑는 作物의 生育中期에 除草劑를 體系處理하기 위하여 최근에 많이 사용되고 있고 非農耕地에서도 非選擇적으로 一年生과 多年生 雜草를 防除할 目的으로 널리 사용되고 있다.

Glyphosate는 非選擇性 除草劑로서 果樹園, 無耕耘栽培, 잔디와 草地의 更新, 非農耕地 등에서 多年生 雜草를 防除하기 위하여 莖葉處理로 撒布되고 있

다. Glyphosate는 주로 잎을 통하여 吸收되며 뿌리와 地上部의 作用部位로 移動되는 移行性除草劑이며 특히 多年生 雜草와 木本植物의 防除에 效果가 크다.<sup>1,2)</sup>

莖葉處理 除草劑의 殺草效果는 주로 除草劑分子와 植物組織과의 접촉에 影響을 주는 많은 要因에 의하여 左右된다. 除草劑의 濃度, 撒布된 除草劑의 植物表面 分布, 除草劑의 植物體內 浸透能力 등에 의하여 影響을 받으며 이들 要因은 除草劑의 物理, 化學의 性質에 따라 결정된다.

잎의 表面에는 脂質膜이 있어 除草劑의 浸透를 막

\* 忠南大學校 農科大學.

\* Dept. of Hort. Science, Chungnam National University, Daejeon 300-31, Korea.

아 주므로써 除草劑가 殺草作用部位로 도달되는 것을 억제하지만 적절한 劑型(formulation)과 補助劑(adjutant)를 이용하면 除草劑의 效果는 크게 증가시킬 수 있다.

界面活性劑(surfactant)는 表面張力を 줄이고 除草劑의 잎표면 부착과 큐티클 浸透를 증가시켜 除草劑의 葉面吸收를 증가시키므로 除草劑의 殺草效果를 증가시킬 수 있다. Wills<sup>26)</sup>에 의하면 界面活性劑 0.25%를 Glyphosate 1 kg/ha에 추가하므로써 향부자의 防除率을 40% 증가시킬 수 있다고 한다. McWhorter<sup>10)</sup>도 界面活性劑 0.1%를 Glyphosate 0.56 kg/ha에 추가하여 Johnsongrass의 防除를 10~15% 증가시켰다고 보고하였으며, Gottrup 등<sup>6)</sup>은 Tween 20 0.5%를 Glyphosate에 추가하므로써 Canada thistle에서 <sup>14</sup>C-glyphosate의 葉面吸收를 17.1% 증가시켰다고 보고하였다. Wyrill과 Bunside<sup>27)</sup>는 76種의 界面活性劑를 Glyphosate에 추가하여 調査한 結果 ethoxylate amine 등에서 殺草效果가 가장 현저히 증가되었다고 하였고, Jordan<sup>7)</sup>도 Glyphosate에 界面活性劑 Mon-2139를 混合하여 bermudagrass에 撒布하여 Glyphosate의 殺草效果를 增進시켰다.

莖葉處理 除草劑를 撒布할 때는 除草劑를 稀釋하여 撒布할 濃도도 除草劑의 殺草效果 發現에 크게 影響을 준다. Stahlman과 Phillips<sup>17)</sup>에 의하면 Glyphosate 0.84 kg/ha을 93~374 l/ha의 濃도에 稀釋하여 處理할 때 93 l/ha와 184 l/ha에서는 Glyphosate의 殺草效果가 우수하였으나 374 l/ha의 경우에는 殺草力이 低下되었다고 한다. Buhler<sup>3)</sup>, Jordan<sup>7)</sup>도 撒布量을 각각 190 l/ha에서 24 l/ha, 374 l/ha에서 47 l/ha로 줄여 撒布함에 따라 Glyphosate의 殺草效果는 현저히 증가되었다고 보고하였다. Sandberg 등<sup>13)</sup>과 O'Sullivan 등<sup>11)</sup>도 같은 傾向의 結果를 보고한 바 있다.

除草劑에 無機鹽類를 添加하여 殺草效果를 增大시킨 事例은 오래 전부터 보고되었고 몇 種의 添加劑는 미국과 유럽에서 實用化되고 있다.

Crafts와 Rieber<sup>4)</sup>는 황산암모늄[(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]에 의하여 除草劑 DNOC의 效能을 增加시킬 수 있다고 보고하였고 Endothal<sup>19)</sup>, Dinoseb<sup>15)</sup>, 2,4-D<sup>14)</sup>, Dalapon<sup>24)</sup>, Glyphosate<sup>25)</sup>와 같은 莖葉處理 除草劑에서 황산암모늄 혹은 질산암모늄(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)에 의한 殺草力의 增進效果가 입증되었다. 미국과 유럽에서는 암모늄염 添加劑는 DNOC와 Dinoseb를 처리할

때 상업적으로 이용되고 있다. 그리고 소련에서는 황산암모늄과 질산암모늄은 2,4-D의 效果를 增大시키기 위하여 大量으로 이용되고 있다고 한다.<sup>2)</sup> 황산암모늄의 添加에 의하여 木本植物에 Picloram, Phenoxy계 除草劑와 Glyphosate를 處理할 때 殺草效果를 增大시켰다.<sup>21,22)</sup> Blair<sup>1)</sup>는 Glyphosate와 Aminotriazole을 *Agropyron repens*에 處理할 때 황산암모늄의 添加에 의하여 殺草效果를 增加시켰다고 보고하였고 *Cyperus rotundus*와 수확후 잔존된 잡자의 防除에서도 같은 結果를 얻었다.<sup>8,18)</sup> Fernandez<sup>5)</sup>는 담배잎에서 황산암모늄과 Glyphosate의 吸收關係를 調査한 바 황산암모늄 10~55 mM 濃度에서 處理 후 2時間에 Glyphosate는 약 30% 吸收가 增加되었다고 보고하였다.

한편 염화칼리(KCl)의 添加處理에 의한 除草劑의 藥效增進에 관한 研究는 거의 수행된 바 없으나 일부 果樹農家에서 慣行으로 이용되고 있다.

우리나라에서는 아직 撒布方法 改善과 添加劑의 使用에 의한 莖葉處理 除草劑의 殺草效果 增大에 관한 研究는 이루어진 바 없다.

따라서 本 實驗은 莖葉處理 除草劑를 使用할 때 除草劑의 撒布方法 改善과 除草劑에 添加劑를 混合하여 撒布하므로써 除草劑의 藥量水準을 줄이고 除草效果를 增大시킬 수 있는 方案을 摸索하고자 Glyphosate를 供試하여 撒布量의 水準, 界面活性劑의 效果, Glyphosate와 添加劑 황산암모늄 및 염화칼리와의 殺草力 相乘效果를 調査하였다.

本 研究는 1982年度 文敎部 學術研究造成費의 支援에 의하여 遂行되었음.

## 材料 및 方法

### 1. 撒布方法 改善에 의한 除草劑의 殺草效果 增進

莖葉處理 除草劑의 撒布方法 改善에 의한 殺草效果의 增大 可能性을 檢討하기 위하여 界面活性劑의 效果와 適正 撒布量을 調査하고자 Glyphosate[N-(phosphonomethyl)glycine] 30.5, 61.0, 91.5g ai/10a, 界面活性劑 Triton SC-7 0, 0.1% (v/v)를 濃도 40, 80, 120 l/10a에 稀釋하여 忠南大 農科大學 果樹園(사과)에서 CO<sub>2</sub> 噴霧機(압력 40 psi)로 均일하게 撒布하였다.

雜草調査는 處理 6일부터 2일 간격으로 28일까지 最優占雜草인 바랭이(*Digitaria sanguinalis*)와

피(*Echinochloa crusgali*)를 대상으로 防除率을 調査하였다.

## 2. 황산암모늄과 염화칼리의 添加處理가 Gly- phosate의 殺草效果 增進에 미치는 影響

Glyphosate에 의한 雜草의 殺草效果를 檢討하고 황산암모늄 혹은 염화칼리를 添加하여 混合處理할 때 Glyphosate의 殺草增進 效果를 檢討하기 위하여 Glyphosate 30.5, 61.0, 122 g ai/10a와 황산암모늄 1, 5, 10% 혹은 염화칼리 1, 2, 3%를 混合하여 濃度 80 l/10a에 稀釋하여 CO<sub>2</sub> 噴霧機로 雜草의 莖葉에 撒布하였다. 優占草種인 속의 生育狀態는 5~7葉期 이었고 處理 10, 20, 30 日 후에 優占雜草인 속의 枯死率을 調査하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 撒布方法의 改善에 의한 除草劑의 殺草效果 增進

果樹園의 優占雜草는 바랭이와 피였으며 防除率은 Glyphosate 61.0g/10a 이상의 水準에서 높았으며 시간이 경과됨에 따라 漸次增加되었다(그림 1).

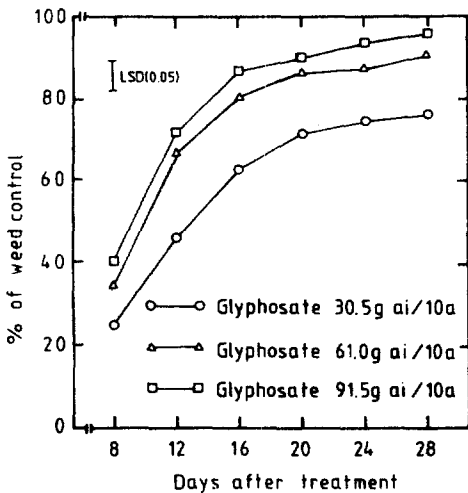


Fig. 1. Effects of glyphosate rate on phytotoxicity to *Digitaria sanguinalis*.

界面活性劑 Triton SC-7의 添加에 따른 雜草防除率은 그림 2에서 보는 바와 같이 Glyphosate만 處理한 경우보다 5~10% 정도 높게 나타났다. 이 結果는 Wills<sup>26)</sup>와 McWhorter<sup>9)</sup>의 界面活性劑 添加處

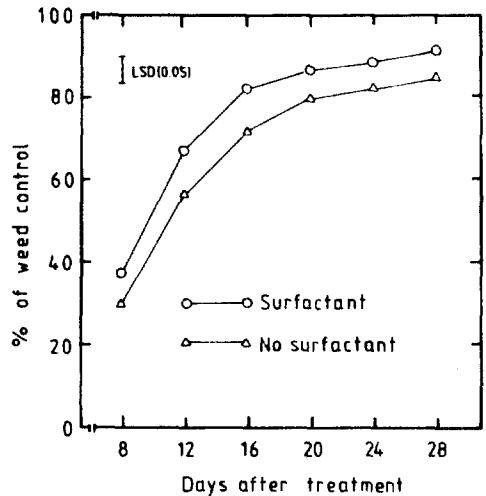


Fig. 2. Effects of surfactant on phytotoxicity of glyphosate to *Digitaria sanguinalis*. The surfactant was Triton SC-7. Data are the average of 3 glyphosate rates.

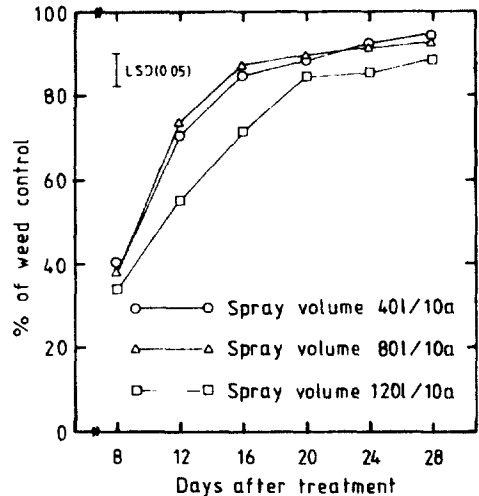


Fig. 3. Effects of spray volume on phytotoxicity of glyphosate to *Digitaria sanguinalis*. Data are the average of 3 glyphosate rates.

리에 의한 殺草效果와 비슷하였으며, 이는 界面活性劑를 添加處理하므로써 除草劑의 葉面吸收가 增加되었기 때문인 것으로 생각된다.

Glyphosate를 撒布할 때 撒布量의 差異에 의한 雜草防除 效果는 그림 3에서와 같이 撒布量이 적은 40 l/ha와 80 l/ha에서 전반적으로 우수한 效

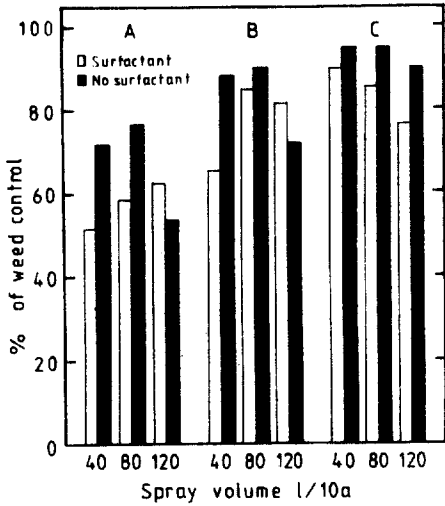


Fig. 4. Effects of glyphosate rate, surfactant and spray volume on phytotoxicity of glyphosate to *Digitaria sanguinalis* 16 days after foliar treatment.  
 A: Glyphosate 30 g ai/10a.  
 B: Glyphosate 61.0g ai/10a.  
 C: Glyphosate 91.5g ai/10a.  
 LSD(0.05) for % of weed control was 15.6.

를 나타냈고 120 l/ha 를 기준으로 除草劑를 撒布한 경우에는 除草效果가 현저히 떨어지는 傾向이었다. Stahlman<sup>17)</sup>, Buhler<sup>3)</sup>과 Jordan 등<sup>7)</sup>도 撒布량을 24 l/10a~93 l/10a 로 적게 하여 撒布함에 따라 殺草效果는 增加되었고 374 l/10a 이상의 몰량으로 희석하여 撒布하면 殺草效果가 減少된다는 보고와 一致한다. 이와 같은 結果로 보아 土壤處理 除草劑는 撒布量의 差異에 影響을 별로 받지 않지만 莖葉處理 除草劑는 撒布量의 差異에 따라 除草效果의 發現에 크게 影響을 받으므로 雜草의 種類, 植生狀態에 따라 다르겠지만 撒布량을 비교적 적게 하여 均一하게 撒布할 수 있다면 可能한 한 基準 撒布량을 적게 하여 殺草效果를 높게 하는 것이 理想的이라고 생각된다. 그러나 撒布량이 적으면 均一하게 撒布하기 어려우므로 壓力計와 速度計가 부착된 精밀한 噴霧機를 開發하여 일정한 壓力과 速度에서 均一하게 撒布할 수 있는 技術이 要請된다. 그리고 撒布량을 많게 하여 撒布하면 除草劑 溶液이 濃게 稀釋되고 多量 撒布하게 되므로써 莖葉으로부터 過剩溶液은 흘러내리게 되므로 除草劑가 손실되어 雜

草의 防除效果도 依下시킬 憂慮가 있다.

Glyphosate의 水準別 界面活性劑의 效果 혹은 撒布量과의 相互關係를 살펴 보면 모든 Glyphosate 水準에서 撒布量 120 l/10a에 비하여 40 l/10a, 80 l/10a를 基準으로 撒布한 경우 殺草效果가 높았다(그림 4). 界面活性劑의 效果는 전반적으로 Glyphosate 30.5g ai/10a에서 크게 나타났고 Glyphosate 122g ai/10a에서는 몰량 120 l/10a에 稀釋하여 撒布할 때 界面活性劑에 의한 殺草效果가 가장 현저하게 나타났다. Spurrier<sup>15)</sup>도 Glyphosate를 매우 낮은 濃度(0.5kg/ha)로 處理하거나 撒布량을 840 l/ha 이상으로 많이 사용할 때 界面活性劑의 效果는 매우 크므로 除草劑에 添加할 必要性이 있다고 보고하였다. 또한 Buhler와 Burnside<sup>3)</sup>도 Glyphosate를 撒布量 24 l/10a 基準으로 撒布할 때는 界面活性劑의 效果가 나타나지 않았으나 40 l/ha와 95 l/ha에서는 界面活性劑의 效果가 인정되었다고 하였다. 그리고 Sandberg 등<sup>13)</sup>에 따르면 높은 撒布量에 따른 Glyphosate의 殺草效果 감소는 界面活性劑의 添加에 의하여 어느 정도까지 극복될 수 있다고 하였다.

2. 황산암모늄과 염화칼리의 添加處理가 Glyphosate의 殺草效果 增進에 미치는 影響  
 添加劑 황산암모늄 혹은 염화칼리를 단독으로 優

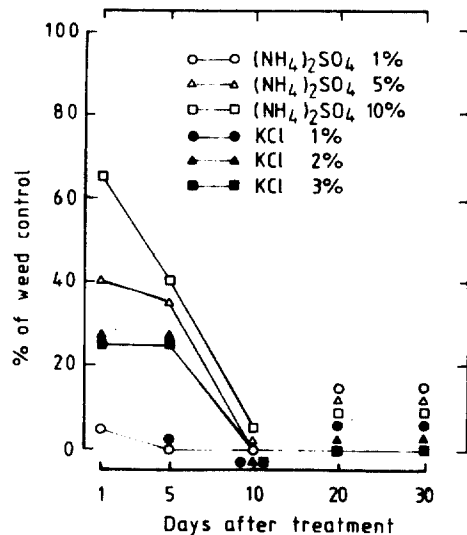


Fig. 5. Effects of ammonium sulfate and potassium chloride on phytotoxicity to *Artemisia princeps*. LSD for % of weed control was 31.8.

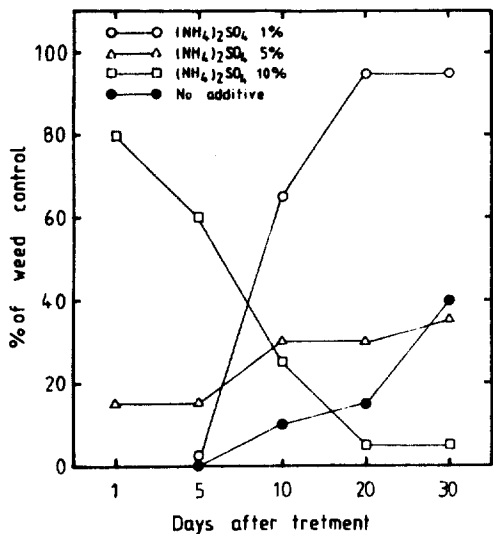


Fig. 6. Effects of ammonium sulfate on glyphosate activity in *Artemisia princeps* at glyphosate 30.5g ai/10a. LSD 0.05 for % of weed control was 32.9.

占雜草인 쑥의 莖葉에 處理하였을 때는 그림 5에서 보는 바와 같이 황산암모늄 5, 10%와 염화칼리 2, 3%에서 撒布直後에 일시적으로 枯死되었으나 處理 10日 後에 완전히 再生되었다. Glyphosate 30.5g/10a를 處理하였을 때 優占雜草인 쑥은 處理 30日 後에 40% 防除되었으며 殺草速度도 매우 느렸다(그림 6). 한편 황산암모늄 1%를 添加하여 Glyphosate와 混合處理하면 處理 10日 後에 65%, 20日 後에 95% 防除되었다. 그리고 황산암모늄 5%를 Glyphosate에 添加한 경우에는 殺草效果가 添加劑를 混合하지 않았을 때보다 빠른 傾向이었으나 處理 30日 以後에는 防除率의 차이가 없었다. 그러나 황산암모늄 10%를 添加하였을 때는 處理直後에 쑥이 일시적으로 80%까지 枯死되었으나 곧 再生되기 시작하여 處理 20日 以後부터는 황산암모늄을 添加하지 않은 경우보다도 오히려 殺草效果가 不良하여 대부분의 쑥은 완전히 再生되었다.

Glyphosate 61.0g/10a를 處理한 경우 쑥은 處理 20日 後에 70%까지 防除되었다(그림 7). 그러나 황산암모늄 1%를 Glyphosate에 添加하여 處理한 경우에는 20日 以後에 80%까지 防除되므로써 황산암모늄의 添加處理에 의한 殺草作用의 相乘效果를 認定할 수 있었다. 황산암모늄 5%를 Glyphosate에 添加한 경우에도 處理 20日 後에 80% 防除되었다. 한

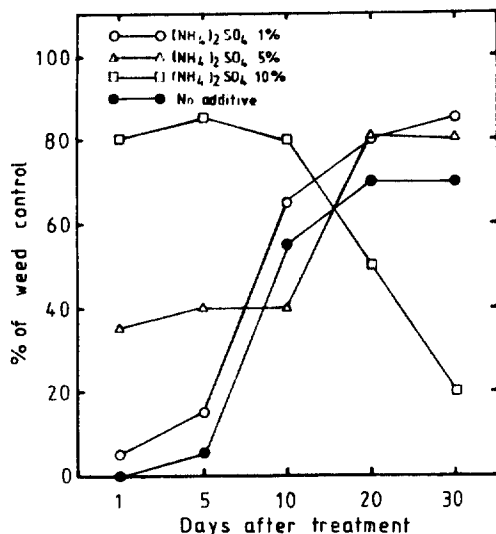


Fig. 7. Effects of ammonium sulfate on glyphosate activity in *Artemisia princeps* at glyphosate 61.0g ai/10a. LSD 0.05 for % of weed control was 37.7.

편 황산암모늄 10%를 添加하였을 때는 Glyphosate 30.5g/10a를 處理하였을 때와 같은 傾向이며 處理 10日 까지는 80%까지 枯死되었으나 그 이후 급격히 再生되기 시작하여 防除率은 20%에 불과하였다.

Glyphosate 122g/10a를 處理한 경우 30日 後에는 황산암모늄의 添加如何에 관계없이 90~100% 防除되었으나 황산암모늄 1%와 5%를 Glyphosate에 添加하여 處理하므로써 殺草速度는 약간 빠르게 나타난 傾向이었다(그림 8). 그러나 황산암모늄 10% 添加處理에서는 拮抗의 作用하여 殺草效果는 오히려 황산암모늄을 添加하지 않은 경우보다도 현저하게 떨어졌다.

Turner & Loader<sup>21,22,23</sup>도 황산암모늄을 Glyphosate에 添加하여 處理하므로써 雜草의 防除效果를 현저히 增大시켰다. 황산암모늄의 添加處理에 의한 除草劑의 殺草作用 增進效果는 황산암모늄에 의하여 除草劑의 浸透 혹은 轉流를 增加시키거나 促進시키기 때문인 것으로 생각된다. Turner와 Loader<sup>23</sup>에 의하면 황산암모늄을 處理하면 주로 잎의 表面을 통한 除草劑의 浸透速度를 增加시켰으며 Fernandez<sup>5</sup>도 담배잎에서 황산암모늄 10~55 mM의 添加處理에 의하여 Glyphosate의 吸收는 30% 增加되었다고 하였다. 한편 황산암모늄 10% 이상의 高濃度로 處

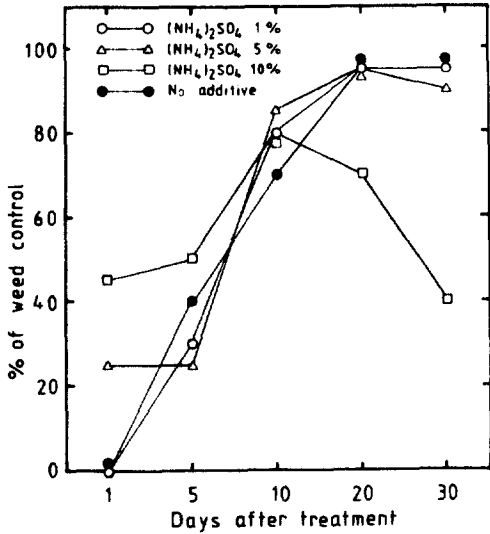


Fig. 8. Effects of ammonium sulfate on glyphosate activity in *Artemisia princeps* at glyphosate 122.0 g ai/10a. LSD 0.05 for % of weed control was 34.9.

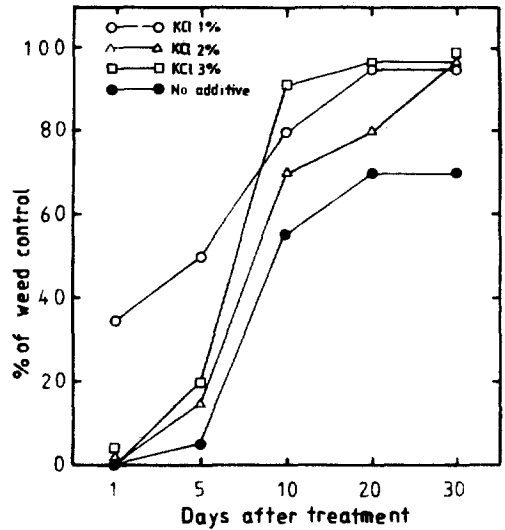


Fig. 10. Effects of potassium chloride on glyphosate activity in *Artemisia princeps* at glyphosate 61.0 g ai/10a. LSD 0.05 for % of weed control was 26.2.

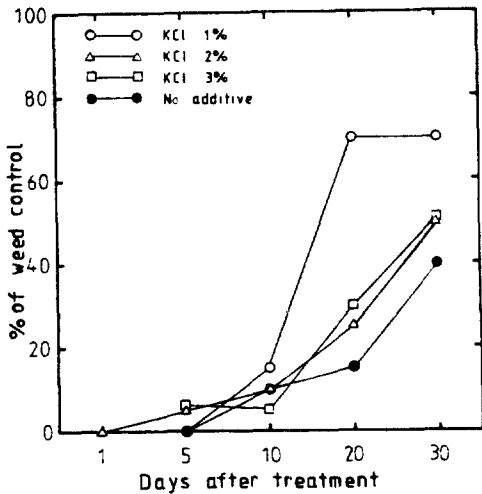


Fig. 9. Effects of potassium chloride on glyphosate activity in *Artemisia princeps* at glyphosate 30.5 g ai/10a. LSD 0.05 for % of weed control was 23.3.

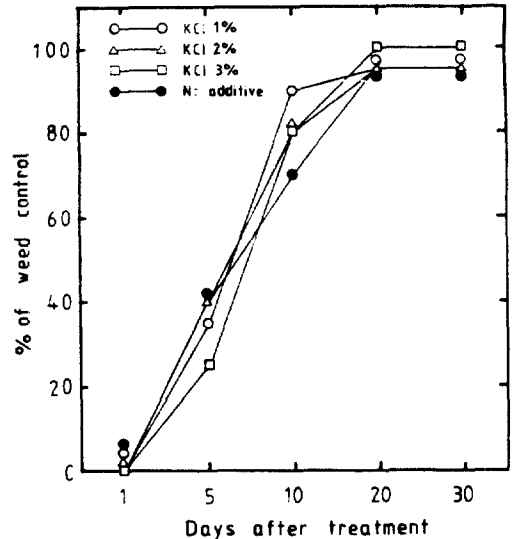


Fig. 11. Effects of potassium chloride on glyphosate activity in *Artemisia princeps* at glyphosate 122.0 g ai/10a. LSD 0.05 for % of weed control was 26.9.

理하면 組織이 處理 直後 일시적으로 枯死되므로써 除草劑의 吸收와 移行을 저해하기 때문에 拮抗的으로 作用하여 황산암모늄을 添加하지 않았을 때보다도 殺草效果가 오히려 不良하였던 것으로 解釋된다.

염화칼리를 Glyphosate에 添加하여 撒布한 경우의 속이 대한 殺草效果를 보면 Glyphosate 30.5g/10a

에 염화칼리 1%를 混合하여 處理한 경우에는 황산 암모늄을 混合處理하였을 때와 마찬가지로 殺草效果 도 빠르고 또한 그 效果도 매우 높았다(그림 9). 그리고 염화칼리 2, 3%를 混合하여 處理하였을 때에 도 약간의 殺草增進效果가 認定되었다.

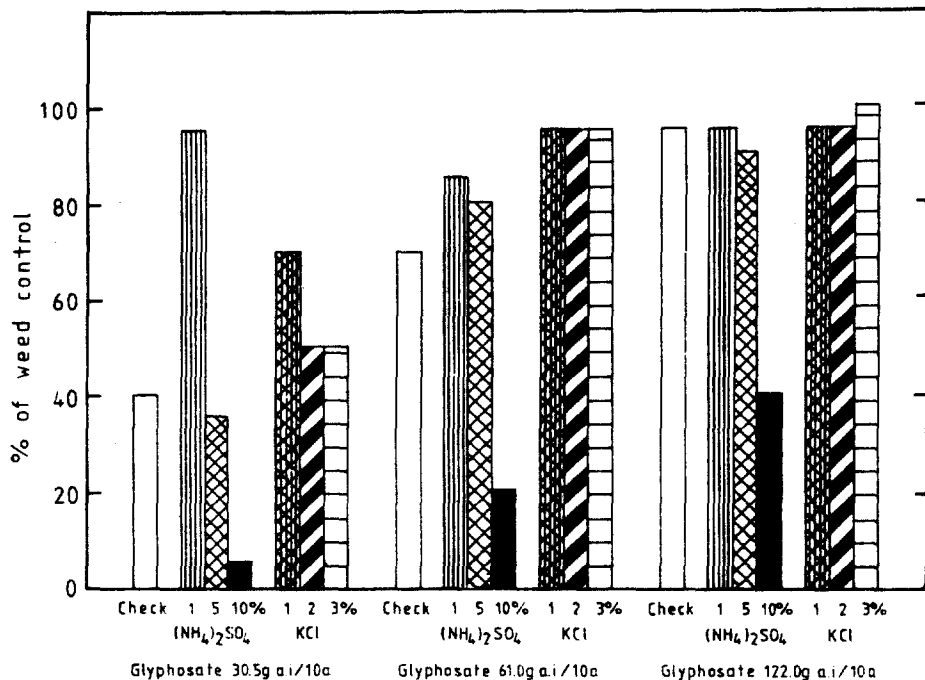


Fig. 12. Effects of glyphosate alone and in mixture with ammonium sulfate or potassium chloride on control of *Artemisa princeps* 30 days after spray.

Glyphosate 61g/10a를 處理한 경우에도 염화칼리의 混合處理에 의하여 모두 草에 대한 殺草效果가 현저히 增加되었고 殺草速度도 매우 빠르게 나타났다(그림 10). 그러나 Glyphosate 122g/10a만을 處理할 때 草은 95% 防除되었으므로 염화칼리의 添加에 의한 藥效의 相乘效果는 크게 나타나지 않았다(그림 11).

Glyphosate와 添加劑 황산암모늄 또는 염화칼리의 相互作用에 의한 殺草效果를 處理 30일 후에 調査하여 綜合 정리한 結果에서도 Glyphosate의 作用이 增加되어 除草劑의 處理藥量을 줄일 수 있다(그림 12).

따라서 果樹園이나 非農耕地에서 Glyphosate를 使用할 때 황산암모늄 혹은 염화칼리를 混用하여 撒布하면 낮은 水準의 Glyphosate 處理로 雜草를 적은 費用으로 防除할 수 있을 것으로 思料된다.

### 摘 要

莖葉處理 除草劑의 撒布方法 改善과 添加劑의 混合處理에 의한 除草劑의 殺草效果를 增大시킬 수 있는 方案을 摸索하고자 Glyphosate의 撒布量 水準, 界面活性劑의 效果, Glyphosate와 황산암모늄 및 염

화칼리의 添加處理에 의한 Glyphosate의 殺草力 相乘效果를 조사하였다.

1. 몰량 40ℓ/10a와 80ℓ/10a에 Glyphosate를 희석하여 撒布할 때는 120ℓ/10a 기준의 撒布量에 비하여 殺草效果는 현저하게 增加되었다.

2. 界面活性劑의 添加에 따라 Glyphosate의 바랭이에 대한 殺草效果는 현저히 增加되었고 특히 Glyphosate 30.5g/10a에서 그 傾向이 더욱 현저하게 나타났다.

3. 황산암모늄 1, 5%를 Glyphosate 30.5g/10a와 61.0g/10a에 添加處理하면 草에 대한 殺草效果는 현저히 增加되었으나 황산암모늄 10%를 添加하면 오히려 拮抗의으로 작용하여 殺草效果는 매우 不良하였으며 Glyphosate 122g/10a에서는 황산암모늄의 殺草作用 增進效果는 적었다.

4. 염화칼리 1, 2, 3%를 Glyphosate 30.5g/10a와 61.0g/10a에 添加處理하므로써 草에 대한 殺草效果는 크게 增加되었으나 Glyphosate 122g/10a에서는 염화칼리의 添加如否에 관계없이 95% 이상 방제되었다.

5. 따라서 噴霧機의 開發을 前提로 撒布量을 80ℓ/10a 이하로 줄이고 界面活性劑를 처리하며 황산

암모늄 혹은 염화칼리를 Glyphosate에 添加하므로써 除草劑의 處理藥量을 줄이면서 除草效果를 增大시킬 수 있는 方法은 果樹園이나 非農耕地에서 Glyphosate를 비롯한 莖葉處理 除草劑를 使用할 때 應用될 수 있을 것으로 思料된다.

### 引用 文 獻

1. Blair, A. M. 1975. The addition of ammonium salts or a phosphate ester to herbicides to control *Agropyron repens* Beauv. Weed Res. 15:101-105.
2. Borondina, I. R., V.A. Konashivich and V.I. Pokrovski. 1962. Effectiveness of aerial spraying of herbicides with the use of low expenditure rates of liquids. Herbicide in Agriculture translated from Russian by Israel Progame for Scientific Journals. 1964. 153-160.
3. Buhler, D.D. and O.C. Burnside. 1983. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. Weed Sci. 31:163-169.
4. Crafts, A.S. and M.G. Rieber. 1945. Studies on the activation of herbicides. Hilgardia. 16: 487-500.
5. Fernandez, C.H. 1978. Absorption of glyphosate by leaf sections of tobacco. Ph.D. Dissertation, Univ. of California, Davis.
6. Gottrup, O., P.A. O'Sullivan, R.J. Schraa, and W.H. Vanden Born. 1976. Uptake, translocation, metabolism, and selectivity of glyphosate in Canada thistle and leafy spurge. Weed Res. 16: 197-201.
7. Jordan, T.N. 1981. Effects of diluent volumes and surfactant on the phytotoxicity of glyphosate to bermudagrass. Weed Sci. 29:79-83.
8. Lutman, D. J. W. and W. G. Richardson. 1978. The activity of glyphosate and aminotriazole against volunteer potato plants and their daughter tubers. Weed Res. 18:65-70.
9. McWhorter, C. G. 1963. Effects of surfactant concentration on johnsongrass control with dalapon. Weeds 11:83-86.
10. \_\_\_\_\_. 1977. Weed control in soybeans with glyphosate applied in the recirculating sprayer. Weed Sci. 25:135-141.
11. O'Sullivan, P. A., J. T. O'Donovan, and W. M. Hammon. 1981. Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulphate, water quality, and spray volume on the phytotoxicity of glyphosate. Can. J. Plant Sci. 61:391-400.
12. Rupp, L. A. and J. L. Anderson. 1980. Annual weed control in young orchards with glyphosate, dinoseb, and paraquat. Proc. Western Soc. Weed Sci. 33:59-67.
13. Sandberg, C. L., W. F. Meggitt, and D. Penner. 1978. Effect of diluent volume and calcium on glyphosate phytotoxicity. Weed. Sci. 26: 476-479.
14. Sexsmith, J.J. 1953. Nutrient element additions to 2,4-D sprays. Res. Rep. N. Cent. Weed Cont. Conf. 10:57-58.
15. Simon, E. W. 1953. Mechanisms of dinitrophenol toxicity. Biol. Rev. 28:453-479.
16. Spurrier, E. C. 1973. Glyphosate-A new broad-spectrum herbicide. PANS 19:607-612.
17. Stahlman, D. W. and W. M. Phillips. 1979. Effects of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity. Weed Sci. 27:38-41.
18. Suwunnamek, U. and C. Parker. 1975. Control of *Cyperus rotundus* with glyphosate: the influence of ammonium sulphate and other additives. Weed Res. 15:13-19.
19. Tischler, N., G. P. Quimba and W. M. Bejuki. 1951. Activators which considerably increase the defoliant and the phytotoxic properties of endothal. Proc. N. East. Weed Cont. Conf. 5:35-41.
20. Turner, D. J. 1972. The influence of additives on the penetration of foliar applied growth regulator herbicides. Pesticide Sci. 3:323-331.
21. \_\_\_\_\_ and M. P. C. Loader. 1972. Some increases in efficacy of foliage applied herbicidal salts due to additions of ammonium ions. Proc. Br. Weed Cont. Conf. 11:654-666.
22. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1975. Further studies with additives: effects of phosphate esters and ammonium salts on the activi-



- ty of leaf applied herbicides. *Pesticide Sci.* 6: 1-10.
23. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1980. Effect of ammonium sulphate and other additive upon the phytotoxicity of glyphosate to *Agropyron repens* Beauv. *Weed Res.* 20:139-146.
24. Wills, G. D. 1971. Effects of inorganic salts on the toxicity of dalapon and MSMA to purple nutsedge. Abst. 1971 Meeting Weed Sci. Soc. Am. 84.
25. \_\_\_\_\_. 1973. Effects of inorganic salts on the toxicity of glyphosate to purple nutsedge. Abst. 1973 Meeting Weed Sci. Soc. Am. 59.
26. \_\_\_\_\_. 1973. Toxicity of glyphosate to purple nutsedge as affected by surfactant,  $K_2CO_3$ , and diluent volume. *Proc. South. Weed Sci. Soc.* 26:408-412.
27. Wyrill, J. B. and O. C. Burnside. 1977. Glyphosate toxicity to common milkweed and hemp dogbane as influenced by surfactants. *Weed Sci.* 25:275-287.