

主要 논 雜草種에 대한 除草劑間의 相互作用效果 解析研究

— Oxyfluorfen과 Bensulfuron을 例로 —

韓點花 · 吳滋玉 · 千相旭 · 權五道*

**Interpretation of Interaction of Herbicides on
Principal Paddy Weeds**

— By Use of Oxyfluorfen and Bensulfuron-methyl Data —

Han J.H., J.O. Guh, S.U. Chon, and O.D. Kwon*

ABSTRACT

The study was conducted to compare the interpret methods and examine the feasibility of mixture use of oxyfluorfen and bensulfuron in controlling principal paddy weeds, annuals and perennials.

Application ratio of both chemicals were obtained from the combinations of 5 levels(0, 5, 10, 15, 20 g ai/ha) of each chemicals, respectively. All the treatments were applied at 5 days after transplanting and water was maintained at 3.0cm in depth. Shoot fresh-weight of weeds was assessed at 35 days after treatments. Data obtained was analyzed by Colby, Isobole, Calculus, Regression and EQM method, respectively.

The results from the analysis of variance on the principal weeds treated with oxyfluorfen and bensulfuron showed significant interactions at 1% level on both *Echinochloa crus-galli* and *Eleocharis Kuroguwai*, and total species at 0.5% level on both *Potamogeton distinctus* and *Cyperus serotinus*, but non significant on *Scirpus juncooides* and *Sagittaria pygmaea*.

Thereafter, the results of the models applied to *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis kuroguwai* and total species were as follows :

1. The Colby method gave values nearly identical to regression estimate method (both multiplicative models) as provided by Akobundu et al. The Colby method and Regression method indicated synergistic toward *Echinochloa curs-galli*, and total species, but antagonistic toward *Eleocharis kuroguwai*.
2. The Isobole method shows synergism on *Echinochloa crus-galli* at ID₅₀, and total species at ID₆₀ on *Eleochari kuroguwai*.
3. The Calculus method gave positive signs for the first differentiation and negative signs for the second differentiation except for some rates on *Echinochloa crus-galli* and total species, but reverse on *Eleocharis kuroguwai*. These result does not agree with the observed values.
4. θ value from the EQM method was greater than one at all combinations. This result was quite different from those of other methods.
5. The various models did not show the same results, but mixture of oxyfluorfen and bensulfuron tend to have synergistic effect. Weeding effect also was high. Treatment in terms of two chemical combination was expected to reduce rates, and to enhance weeding efficacy compared with single treatment.

* 全南大學校 農科大學 Coll. of Agric., Chonnam Nat'l. University, Kwangju 500-757, Korea.

緒 言

최근 우리나라를 위시한 동남아 여러나라의 논에서는 生理活性이 특히 높고 殺草 spectrum이 큰 것으로 알려진 sulfonylurea계 除草劑인 bensulfuron methyl이 많이 사용되고 있다.^{12,21,27,30} 禾本科植物은 이 藥劑에 대하여 耐性을 보이기 때문에 單劑보다는 amide계나 carbamate계의 除草劑들과 混合使用되지만³¹ 禾本科 草種인 피 이외의 모든 草種을 除草對象으로 넓히기 위하여 비교적 높은 藥量으로 사용되고 있어서 가격인상은 물론, 毒性이나 藥害까지도 우려된다. 그러면서도, 몇몇의 草種(올방개, 벼풀 등)에 대한 防除效果는 뚜렷하지 못한 결점이 있다.¹² 따라서 藥劑相互間 相乘作用이나 安定性이 높은 藥劑와의 混合使用 가능성을 분명히 할 필요성이 있다.

본 研究은 피와 올방개에 대한 選擇的 作用力이 비교적 크면서도 水中接觸부위의 peroxidation에 의한 식물체 表皮組織의 epicuticular層을 파괴시키므로써 藥劑의 植物體內 吸收를 增大시키는 것으로 알려진³¹ diphenyl-ether계의 高度 生理活性物質인 oxyfluorfen과 상대적으로 낮은 藥量에서 殺草幅이 넓은 bensulfuron의 혼합사용 가능성을 찾고자 시도하였다.

Bensulfuron-methyl[methyl-2[[[4,6-demethoxy pyridine-2-yl amino carbonyl]amino]sulfonyl]methyl]benzoate]은 미국의 Du Pont사가 개발한 sulfonyl urea 誘導體 化合物로서 1年生 및 多年生の 雜草防除에 效果的이므로 移秧畝과 直播畝에서 이용되고 있다.^{26,27,30} 金 等¹⁴)은 bensulfuron-methyl의 發生前 處理 結果, 50g ai/ha에서 대부분의 雜草種이 83% 이상 發生抑制 되었음을 보고하였다.

Bensulfuron methyl은 acetolactate synthase의 活性抑制에 의해 valine이나 leucine, isoleucine 등의 아미노산 합성을 저해하고 DNA 합성을 저해하여 세포분열과 생장억제를 초래하지만^{22,23} 이들 아미노산을 인위적으로 제공해 주면 正常生育을 하게 된다.²³ bensulfuron-methyl의 흡수는 주로 뿌리에서 이루어지고 분해는 경엽에서 이루어지는데³⁰ Pyon 등²¹)은 bensulfuron-methyl에의 耐性 여부가 吸收能力 差異보다는

分解速度 差異와 부분적인 移行性的 差異에 기인된다고 하였다. 具 등은 bensulfuron-methyl에 대한 耐性은 根部의 吸收差異보다는 地上部로의 移行이 적은데서 起因하는 莖葉내의 축적량 감소에 있거나 또는 동등한 양이 移行되더라도 體內 分解가 신속하게 이루어지는 데서 기인된 莖葉내의 축적량 감소에서 비롯된 것으로 판단된다.

Oxyfluorfen[2-chloro-1(3-ethoxy-4-nitrophenoxy)-4-(trifluoromethyl) benzene]은 미국의 Rohm & Hass社에서 개발된 diphenylether계의 ortho치환에 의하여 활성을 나타내는 光要求性 除草劑이며¹⁶ 일부 作物에서의 雜草防除에 대한 選擇性を 나타내는 接觸型 除草劑이다.³¹ 영양액을 매체로 할 경우, 뿌리로 부터는 쉽게 吸收되지만²⁹ 이후 지상부로의 移行은 시간이 경과되어도 극히 제한된다.⁶ Vanstone 등²⁸)도 水稻 栽培時 oxyfluorfen의 體內 移行性이 거의 없음을 보고하여 다른 研究者들의 보고와 일치하였다. 또한 土壤 이동이 거의 이루어지지 않으면서도⁵ 뿌리보다 莖葉吸收로 植物毒性이 일어나기 때문에⁶ 作物에 대한 이러한 選擇活性的 差異는 移植作物 圃場에서의 雜草 發生前 處理劑로서 매우 效果的이다.⁵

Oxyfluorfen에 대한 作用機作 研究에 의하면 oxyfluorfen은 植物體內的 carotenoid合成을 抑制하면서²⁰ 多價 不飽和脂肪酸의 polymer형성이나 過酸化를 촉진하므로써 에너지 수용을 억제하는 동시에^{15,16,28} ethane 발생으로 인한 생체막의 침투성을 증대시키거나 또는 이를 파괴하므로써 枯死에 이르게 한다. 또한 광합성 전자전달의 억제와 ATP 생성억제 등의 생리장애를 일으키며^{2,5,16}, 光合成이나 葉綠素의 bleaching은 2차적인 영향인 것으로 알려져 있다.^{9,29} 植物種間이나 品種間的 耐性 差異는 표피세포층의 wax양의 정도^{7,10,25} 등에 기인되는데 이는 oxyfluorfen이 다른 어떤 약제보다도 根部 吸收에 의한 生理活性이 낮고⁶ 지상부로의 移行이 제한되고 있으며²⁸ 土壤내의 이동이 적은 특성³²)을 지니기 때문이다. 또한 기공이 폐쇄되고 세포가 응축하여 細長葉이 되는 것도 결국은 oxyfluorfen이 막침투성을 높이고 막을 분해하는데서 비롯된 2차 증상에 기인한다.⁶

Oxyfluorfen 發生前 處理 結果 너도방동사니가

가장 耐性이었고, 올챙고랭이가 가장 感受性이었으며, 發生後 莖葉 處理에 의한 生育抑制는 올미, 피, 올방개, 올챙고랭이에서 비교적 큰 편이었다.¹⁴⁾

化合物間의 混合使用 가능성은 벼 및 주요 雜草種에 대한 相互作用活性를 밝히는 方法으로 檢定할 수 있다. 除草劑의 相互作用을 평가하기 위한 많은 모델들이 제안되어 왔으나 이들 모델들은 개개의 장단점을 내재하고 있어 널리 일반적으로 받아들여지고 있는 모델은 드문 실정이다. 藥劑의 混合使用과 이들 藥劑의 混合作用에 대한 分析方法들은 藥理學 분야에서 일찍부터 발달하여 왔다. 또한 反應表現 方法 및 藥劑들간의 相互作用 分析法이 처음 농학분야에 소개된 이래⁹⁾ 그 중요성이 점차 강조되고 있다. 그러나 除草劑의 相互作用에 대한 정의 및 이들 정의에 근거한 많은 모델들(Tammes, Loewe, Gowing, Nash, Jansen, Hewlett 등)이 제안되었지만 개개의 모델들이 가지는 여러가지 미비점들로 인해 일반적으로 널리 받아들여지고 있는 모델은 없는 실정이다. 현재 quantal response에 적용되었던 모델들을 除草劑의 처리에 의한 잡초의 quantitative response에 적용시키는데 따른 문제점들을 해결하고자 하는 방향으로 발전되어 오고 있다.

混合劑의 反應分析을 위한 모델을 처음 농학에 소개한 사람은 Gowing⁹⁾으로 그는 각 藥劑의 作用機作이 相異한 反應curve를 보이기 때문에 동일한 수학적원리로서 反應이 相異한 藥劑들을 서로 직접 비교하는 것은 문제가 있다고 지적하였다. 또한 그는 혼합제의 연구에 probit analysis의 사용을 주장하였으며 반응이 가장 예민하기 때문에 편차가 최소가 되는 50% 억제 수준에서 활성을 비교하는 것이 유리함을 강조하였다.

Gowing에 의하여 混合劑의 反應期待값을 구하기 위한 매우 간단한 공식이 소개된 이후 이 공식은 Colby에 의하여 더욱 구체화되었으므로 Colby method라고 불리워진다. Colby¹¹⁾는 混合劑의 期待值를 구하기 위하여 반드시 單劑處理가 混合處理와 함께 병행되어야 함을 강조하였고 이들 單劑들의 반응값의 積을 $(100)^{-1}$ 로 나누어 기대값을 구하였는데 n은 組合에 이용된 單劑의 수를 뜻한다.

Isobole은 약리학에서 Loewe와 그 밖의 학자들(Ariens et al., 1976)에 의해 오랫동안 이용

되어 왔던 方法으로서 Tammes에 의하여 농학에 소개되었고 Nash 와 Jansen은 이방법의 不合理性들을 논의하기도 하였다. 약리학 분야에서 100년이상 동안 아주 유용하게 이용되어 온 이 방법은 특히 죽은 곤충의 수, 식물의 發芽 個體數와 같은 不連續 變量의 解析에 유용하다.¹⁹⁾ Hewlett¹³⁾은 'Joint Action Ratio' 개념을 이용하여 Isobole Method를 발전시켰는데, 혼합제가 synergism인 경우, R은 1보다 작으며 antogonism일 경우, R은 1보다 크게 된다.

Rummens 이전의 混合模型들(Colby's method, Isobole 등)이 單劑反應曲線에서 직선회귀를 이루는 부분만을 選擇하여 검증할 경우, 만족할 만한 效果를 얻을 수 없다는 점을 해결하기 위해 Rummens는²⁴⁾ 非線形 回歸模型을 제안하였다. 그가 주장한 적합 모형의 조건은 다음과 같다.

- ① 모든 수학적 모델은 단제를 가설적으로 둘 혹은 세부분으로 나누어 공식에 적용할 경우, 언제나 원래의 反應曲線과 동일한 것으로 재현될 수 있어야 한다.
- ② 둘 이상의 혼합제에 모형을 적용시켰을 경우, 混合의 反應曲線은 각 單劑 反應 曲線들 사이에 존재해야 한다.

그는 이러한 적합모형으로부터 추정된 單劑 反應값을 Colby 方法에 대입해서 기대값(E)을 구하였다.

Morse¹⁸⁾는 MSM(Multiplicative Servival Model)이라는 이름으로 Colby方程式을 일반화시켰는데 이 모델은 다른 모델들과 같이 觀察值가 percent나 비율로 표현되어야 한다. Morse는 Colby方程式에서 觀察값 Y_1, Y_2 대신 특정 方程式으로부터 얻어진 Y_1, Y_2 를 대입하도록 제안하였다. Parameter a, b, c는 Curve fitting computer program을 이용하면 쉽게 구할 수 있는데 이 방법은 Newton-Raphson method로 알려져 있다. Morse는 또한 MSM ADM(Additive Dose Model)을 비교 설명하였다. 그에 의하면 混合劑의 相互作用 分析을 위해서는 藥害나 防除 價가 percentage나 比率로 표현되어야 하는데 枯死, 發芽와 같은 반응과 무게나 草長과 같은 連續變量이 의미하는 percentage는 같은 뜻이 아니며 MSM은 不連續反應에 적합하다고 주장했다.

Drury⁴⁾는 數理的으로 계산된 작용과 相互作用의 概念으로부터 混合劑 分析을 시도했다. 그는

Colby method와 같은 不連續概念에서 作用과 相互作用을 이해할 때 생기는 誤謬를 지적하면서 相互作用의 개념은 獨立變數의 作用에 대한 從屬變數의 反應으로부터 도출된 連續函數의 進후관계에서 이해되어야 한다고 주장하였다. 따라서 그는 從屬變數와 獨立變數間의 函數를 두 獨立變數로 偏微分한 部分度函數로부터 相互作用의 형태를 유도해 냈다. 그는 거리에 diuron과 phorate를 처리하여 生體重을 조사한 자료를 이용하여 多項回歸과 graph로 부터 相互作用을 평가하는 방법을 개발하였다.

Nash¹⁹⁾와 Campbell²⁰⁾은 혼합재의 상호작용을 평가하는데 있어 直線回歸의 유용성을 주장하였다. 그들은 回歸式을 이용하므로써 實驗誤差에 의한 偏差를 고려하여 統計的 有意성을 표시할 수 있었다. Campbell²⁰⁾은 Italian ryegrass에 chloramben과 diphenamid를 혼합처리하여 收穫後 1주일에 藥害와 草長, 乾物重을 조사하여 直線回歸法과 graphic을 통한 數學的 評價와 統計的 타당성에 대해 논의하였다. Computer SAS Program을 이용하여 stepwise方法으로 適定回歸式이 推定되었고 回歸式에 의해 계산된 期待値가 反應値보다 큰 범위는 'antagonistic', 反應値가 期待値보다 큰 범위는 'synergistic'하다고 판정을 내렸다. 이 밖에 Pipel은 藥劑의 藥量대신에 藥量比와 全體藥量을 獨立變數로 사용하는 방법을 제안했다. 한편 Green과 Bailey는 數學的 混合모델이 다음과 같은 假定을 충족시켜야 한다고 주장하였다.

① 單劑 反應曲線으로 민감하게 관련되고, ② 생물학적으로나 통계적으로 相互作用을 評價할 수 있어야 하며, ③ 혼합모델을 單劑處理에 적용시켰을 때 單劑反應을 적절하게 표현할 수 있어야 하며, ④ 두 藥劑의 單劑反應曲線이 평행일 경우 계산된 相加 反應은 반드시 두 藥劑의 最大效果와 最小效果 사이에 존재해야 한다는 것이었다. 그러므로 본 研究에서는 관측된 자료를 이용하여 지금까지 제안된 여러 모델들을 재검토하므로써 相互作用을 解析하는 한편 이들 두 藥劑간의 적절한 處理組合을 찾아 bensulfuron methyl만으로는 防除가 어려운 除草의 範圍를 넓히는 동시에 약량을 감소시키므로써 除草費用 및 藥害의 輕減과 公害(殘留毒性)問題를 해결할 수 있는 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 供試藥劑 및 草種

두 除草劑의 濃度別 組合處理를 통하여 벼에 대한 藥害 및 雜草種에 대한 除草效果上的 藥劑間 相互作用特性을 數理統計的으로 파악할 목적으로 Tray를 이용한 일련의 溫室試驗을 수행하였다. 供試된 벼 品種은 統一型인 "삼강벼"와 자포니카인 "동진벼"로 각각 25日苗를 移秧하였다. 供試雜草種으로는 一年生 草種(피, 물달개비, 올챙고랭이, 알방동사니)의 경우 Tray당 50粒의 選別種子를 移秧前 3일에 5mm 表土下에 條播하고 가볍게 눌러 覆土하였으며, 多年生 草種(울미, 너도방동사니, 올방개, 가래)의 地下莖 및 塊莖을 移秧前 2일에 각각 Tray당 3개씩 2-3cm 表土下에 栽植하였다.

供試除草劑인 oxyfluorfen은 0.25% 粒劑를, bensulfuron-methyl은 0.15粒劑를 사용하여 각각 0, 5, 10, 15, 20g ai/ha로 차이를 두고 이들 가능한 모든 組合, 즉 25粒組合을 선정하여 移秧後 5일에 일제히 처리하였다.

시험기간 중의 온실내 환경조건은 주간온도 25.5±2℃, 야간온도 17±3℃, 관개심도는 3cm가 되도록 조절하였으며, 시비는 괴불 및 이끼에 의한 시험간섭을 배제하기 위하여 인산질비료는 사용하지 않고, N-K₂O만을 80-100kg/ha가 되도록 전량 기비로 사용하였다. 생육조사는 처리후 35일에 잔존잡초를 굴취하여 생체중을 측정 비교하였다.

본 시험수행에서 공시된 벼와 잡초종은 다음의 표 1과 같다.

2. 相互作用 解析方法

Colby Method : Colby Method의 기대값 계산은 $Y_{1+2} = Y_1 + Y_2 - (Y_1 \times Y_2) / 100$ 에 준하였다. 위 식에서 Y_{1+2} 는 약제 A, B를 혼합했을 때의 반응 기대값이며 Y_1 과 Y_2 는 두 약제를 단제 처리했을 때의 각 제초제별 방제가이다. Y_1 과 Y_2 는 각 약제의 방제가이며 계산 근거가 잔존율 경우에는 각각 $(100 - Y_1)$, $(100 - Y_2)$ 를 대입하였다. 기대값이 계산되면 관찰값과 계산값을 서로 비교하여 관찰값이 계산값보다 크면 두 약제는 서로

Table 1. List of plant species employed

Plant species	Scientific name	Family	Propagule	Code
피	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Gramineae	Seed	ECHCG
물달개비	<i>Monochoria vaginalis</i>	Pontederiaceae	Seed	MOOVA
울쟁고랭이	<i>Scirpus juncooides</i>	Cyperaceae	Seed	SCPJU
올방개	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	Cyperaceae	Tuber	ELOKU
올미	<i>Sagittaria pygmaea</i>	Alismataceae	Tuber	SAGPY
너도방동사니	<i>Cyperus serotinus</i>	Cyperaceae	Rhizome	CYPSE
가래	<i>Potamogeton distinctus</i>	Potamogetonaceae	Rhizome	PTMDI
벼(통일형)	<i>Oryza sativa</i> (cv. Samgang byeo)	Gramineae	Seed	ORYSA(S)
벼(자포니카형)	<i>Oryza sativa</i> (cv. Tongin byeo)	Gramineae	Seed	ORYSA(T)

Synergistic하며 그 반대의 경우에는 Antagonistic한 것으로 해석하였다. Synergistic한 경우 관찰치와 기대치의 차이가 클수록 協力作用이 크다고 할 수 있으며 80~90% 정도의 안전한 방제가 이루어지면서 相互作用力도 크고 가능한 한 약량이 적게 소모되는 조합을 가장 효과적인 조합으로 판단하였다.

Isobole Method : Isobole Method는 Tammes (1964)에 의해 처음 농학에 소개되었으며 이 방법에서의 기대값은 다음과 같다. 각 약제의 固定藥量에 대한 相對藥劑 混用量 增加效果를 回歸追跡하여 동일 Graph에 그리고 IDx 수준으로 만나는 점을 읽어 Isobole을 작성한 후 두 약제의 IDx를 연결하여 相加的 線을 긋고 Isobole로 작성된 점들의 연결선이 상위이면 Antagonism, 하위이면 Synergism으로 解析하였다. 協力作用의 크기는 다음 방법에 의한 相互作用指數의 크기를

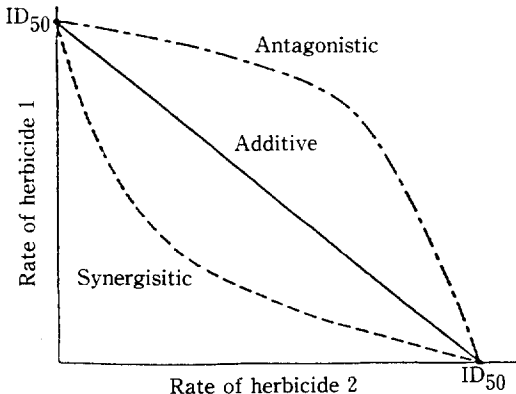


Fig. 1. Types of plant responses to herbicide mixtures expressed graphically according to Tammes(1964.)

비교하여 결정하였다. 그림의 原點에서 相加的 直線에 垂直으로 線을 連結하여 거리 h를 얻고, 相互作用線上的 임의의 점 또는 相加的 直線과의 최대거리가 되는 점 p로부터 거리 d를 얻어 相互作用指數를 $I=h/h-a$ 로 계산하여 산출하였다.

Calculus Method : X, Y 두 약제를 혼합 사용하였을 경우, 사용된 X 약제의 약량을 A, Y 약제의 약량을 B라고 하고 使用藥劑의 약량을 독립변수로, 생물의 반응을 종속변수로 하는 다항회귀식을 구한 후 각 약제의 약량 A, B와 AB로 偏微分하여 특정반응을 X약제에 의한 효과, Y약제에 의한 효과, 그리고 X와 Y두 약제의 相互作用에 의한 효과로 분리하였다.

두 약제 x, y와 殘存率과의 반응식이 다음과 같을 때

$$f(x, y) = a + x + x^2 + \dots + y + y^2 + \dots + xy + xy^2 + \dots + x^2y^4$$

藥劑 x의 효과 : $\partial f(x, y) / \partial x$,

藥劑 y의 효과 : $\partial f(x, y) / \partial y$.

x와 y의 相互作用 : $\partial^2 f(x, y) / \partial x \partial y$ 로 구하였다.

$\partial^2 f(x, y) / \partial x \partial y = 0$ 이면 x와 y의 混合劑는 相加的型이 되므로 x와 y사이의 相互作用은 존재하지 않는 것으로 해석하였다.

Regression Method : Computer 통계프로그램을 이용하여 사용약량을 獨立變數로, 생물의 반응값을 從屬變數로 하는 多項回歸式을 구하였으며, 다음의 가정들을 충족시키는 것으로 보았다.

- ① 오차항 e의 평균은 0이고 분산은 모두 σ^2 이다 (등분산성).
- ② 오차항들은 서로 독립적이다(독립성).

③ 오차항들은 정규분포를 한다(정규성).

적합모형을 구한 다음에는 적합모형으로부터 기대값을 구하여

반응값 > 기대값일 경우 : Synergistic interaction으로

반응값 < 기대값일 경우 : Antagonistic interaction으로 판정을 내렸다.

EQM (Equivalent method) : 우선 單劑反應曲線을 구하였다.

$$Y_1 = \log(y_1 / (100 - y_1)) = b_1 * \log(x_1) + a_1$$

$$Y_2 = \log(y_2 / (100 - y_2)) = b_2 * \log(x_2) + a_2$$

y_1 과 y_2 는 각 약제의 防除價(%)이며 x_1 , x_2 는 약제 1, 2의 사용약량이었으며, 두번째단계로는 각각의 동일 반응약량을 구하였다.

$$X_{1(2)} = \exp((y_2 - a_1) / b_2)$$

$$X_{2(1)} = \exp((y_1 - a_2) / b_2)$$

가중치 p와 q의 계산은 다음식에 의하였다.

$$p = (X_1 + X_{2(1)}) / (X_1 + X_{1(2)} + X_2 + X_{2(1)})$$

$$q = 1 - p$$

마지막 단계로는 다음 공식을 이용해서 Equivalent factor(EQ) θ 을 구하였다.

$$Y_{1+2} = p * (b * \log(X_1 + \theta X_{1(2)})) +$$

$$a_1 + q * (b * \log(X_2 + \theta X_{2(1)})) + a_2$$

위 식에서 θ 는 範圍가 0부터 무한대이며 Q가 1보다 클 때 두 약제는 Synergistic하고 θ 가 0과 1사이에서 있을 때는 Antagonistic한 것으로 해석하였다.

結果 및 考察

1. 除草效果

雜草種별 除草效果는 벼 이양후 40일(처리35일 후)에 生體重을 조사하여 판단하였다. 표 2에서와 같이 물달개비, 알방동사니, 너도방동사니는 두 약제 가운데 어느 단계로서도 충분히 防除되는 초종들이었고 올챙고랭이, 올미, 가래는 bensulfuron에 의하여 防除가 가능하였다. 따라서 두 약제의 相乘效果 分析은 피, 올방개 및 전체초종의 생체중 조사치를 대상으로 하였다.

피는 논에 발생하는 대표적인 일년생의 禾本科 雜草種으로서 oxyfluorfen만의 單劑사용시 20g 처리로 완전 防除가 가능하지만 bensulfuron methyl 單劑 처리시에는 20g의 방제가가 75.9%로써 만족할만한 防除가 어려웠다. 그러나 bensulfuron-methyl 5g이상에서 oxyfluorfen 10g이

상을 混合處理하면 88%이상의 우수한 防除效果를 보였다.

올방개는 oxyfluorfen과 bensulfuron-methyl 두 약제 모두 單劑處理에서 80%이하의 낮은 防除價를 보였으며 두 약제의 混合處理에서도 만족할만한 防除效果를 볼 수 없었다. 올방개는 多年生 草種이기 때문에 출아된 최초의 몇 잎들에는 oxyfluorfen에 의한 조직 괴사현상을 통하여 약효발현이 되지만 이들이 오히려 정아우세 현상을 파괴함으로써 塊莖으로부터 더욱 많고 왕성한 새잎의 출현을 유도하는 것으로 보인다. 또한 bensulfuron은 필수아미노산의 생합성을 유도하며 신생엽의 신장을 저해하는 것으로 알려져 있으나 올방개의 出芽時期가 비교적 늦고, 또한 올방개는 많은 저장양분을 塊莖으로부터 공급받기 때문에 bensulfuron의 영향을 회피할 수 있는 것으로 보인다.

전체 雜草種에 대한 防除效果는 두 약제 모두 單劑處理 만으로는 80%이하의 낮은 防除率을 보였으나 bensulfuron 5g 이상에 oxyfluorfen 15g 이상을 混合處理하게 되면 90% 이상의 높은 防除率을 보였다.

표 2의 자료를 共分散分析한 결과는 표 3과 같다. 피와 올방개의 綜合防除效果는 1% 유의수준에서 相互作用效果가 인정되었으며 가래와 너도방동사니는 5% 유의수준에서 두 藥劑의 相互作用效果가 인정되었다.

피와 올방개, 전체 草種에 대해 Stepwise로 회귀추적한 회귀식에 의한 각 雜草의 반응곡선은 그림 2와 같다. 피는 bensulfuron 5~6g 범위에서 oxyfluorfen을 5g만 혼합해도 除草效果가 급격히 상승함을 알 수 있다. 올방개는 oxyfluorfen의 藥量 5~10g 수준에서는 Antagonistic하나 oxyfluorfen의 藥量이 높아질수록 Synergistic한 경향을 보인다. 綜合防除效果率은 bensulfuron의 藥量이 높을수록, 그리고 oxyfluorfen의 藥量이 높을수록 Synergism의 效果가 커지는 경향이었다.

2. 相互作用效果 解析

이미 앞서의 결과에서 도출되었듯이 雜草種 가운데서 bensulfuron 만으로 防除되는 초종, oxyfluorfen만으로도 防除가 가능한 초종, 이들 어느 약제로도 防除되는 초종이 명확히 구분될

Table 2. The weeding efficacy(%) of principal weeds treated with oxyfluorfen and bensulfuron.

Mixing Rate(g ai/ha)		Weeding efficacy(%)							Total
(Oxy. + Ben.)	ECHCG	MOOVA	SCPJU	ELOKU	SAGPY	CYPSE	PTMDI		
0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
	5	11.5	100	0	35.7	95.9	87.3	24.1	29.0
	10	19.8	100	22.8	56.9	95.7	87.3	55.2	41.1
	15	43.6	100	47.5	84.6	96.9	58.2	79.3	62.5
	20	63.3	100	78.2	79.3	98.7	79.7	72.4	76.2
5	0	37.0	0	13.9	35.8	-34	30.4	48.3	23.3
	5	66.6	100	20.8	61.5	94.9	49.4	69.0	69.8
	10	75.2	100	47.5	67.5	95.4	100	58.6	79.5
	15	88.2	100	67.3	74.6	96.9	100	79.3	88.1
	20	89.2	100	79.2	65.2	98.7	98.7	72.4	90.5
10	0	21.1	26.8	5.0	60.4	-62	1.3	48.3	8.9
	5	90.8	100	12.9	37.4	97.4	100	55.2	60.3
	10	99.4	100	44.6	55.5	99.2	100	65.5	95.0
	15	92.8	100	67.3	55.4	98.2	92.4	72.4	91.0
	20	96.7	100	79.2	78.9	99.5	100	75.9	97.7
15	0	82.9	17.5	4.0	35.8	-71	78.5	41.4	44.8
	5	100.0	100	14.9	63.5	95.9	58.2	62.1	91.0
	10	99.8	100	61.4	55.2	97.2	100	65.5	95.6
	15	100.0	100	74.3	47.3	97.4	77.2	79.3	75.5
	20	100.0	100	86.1	74.9	98.0	100	79.3	98.0
20	0	100.0	48.5	39.6	71.2	-47	88.6	62.1	66.0
	5	99.4	100	24.8	59.7	98.5	83.5	82.8	92.5
	10	100.0	100	58.4	76.6	98.2	100	79.3	96.5
	15	100.0	100	61.4	94.0	98.0	98.7	73.1	97.0
	20	100.0	100	90.1	78.6	99.5	100	82.8	98.6

Table 3. Analysis of covariance of principal weeds treated with oxyfluorfen and bensulfuron methyl.

Source	ECHCG		SCPJU		SAGPY		ELOKU		Total	
	F Value	Pr>F	F Value>F	Pr>F	F Value>F	Pr>F	F Value	Pr>F	F Value	Pr>F
Oxy.	72.45	0.0001	2.10	0.0952	1.01	0.4113	3.26	0.0193	28.31	0.0001
Ben.	5.76	0.0007	32.50	0.0001	5.39	0.0012	2.39	0.0641	20.65	0.0001
Oxy. -*Ben.	4.75	0.0001**	1.03	0.4479 ns	1.63	0.0981 ns	3.21	0.0009**	2.55	0.0061**

* and ** indicate the significant difference in 5 and 1% probability levels of co-variance analysis, respectively.

수 있었다. 따라서 두 약제의 相乘效果 分析은 피, 올방개 및 전체초종만을 대상으로 하였다.

1) Colby method

Coldy method에 의한 기대값과 관찰값과의 차이는 표 4와 같다. 피는 전반적으로 두 약제 모든 조합에서 Synergism을 보이며 올방개는 Antagonism, 그리고 전체초종의 防除는 全組合에서 synergism을 보인다. 피의 경우 bensulfuron 및 oxyfluorfen 모두 低濃度의 조합에서 synergism효과가 높으며 특히 bensulfuron 5g과 oxyfluorfen 10g만 혼합하여도 防除價는 90%에 이르렀고 oxyfluorfen 10g에 bensulfuron 10g을

混合하면 99.4%의 높은 防除率을 보였을 뿐만 아니라 Synergism 효과도 가장 좋은 효과를 보여 주므로써 그이상 높은 濃度의 組合은 필요치 않을 것으로 판단된다. 올방개는 두 약제 單劑處理의 어느 경우에도 防除가 어려운 초종으로 표 4와 같이 相互作用效果도 Antagonism을 보이므로 비록 두 약제를 혼합하더라도 올방개의 防除는 어려운 것으로 보인다. 이와 같은 이유는 앞에서도 언급되었듯이 올방개는 多年生 草種으로 出芽된 초기의 몇 잎들에는 oxyfluorfen에 의한 조직 괴사 현상을 통하여 약효발현이 되지만 이들이 오히려 정아우세현상을 파괴함으로써 塊莖으로부

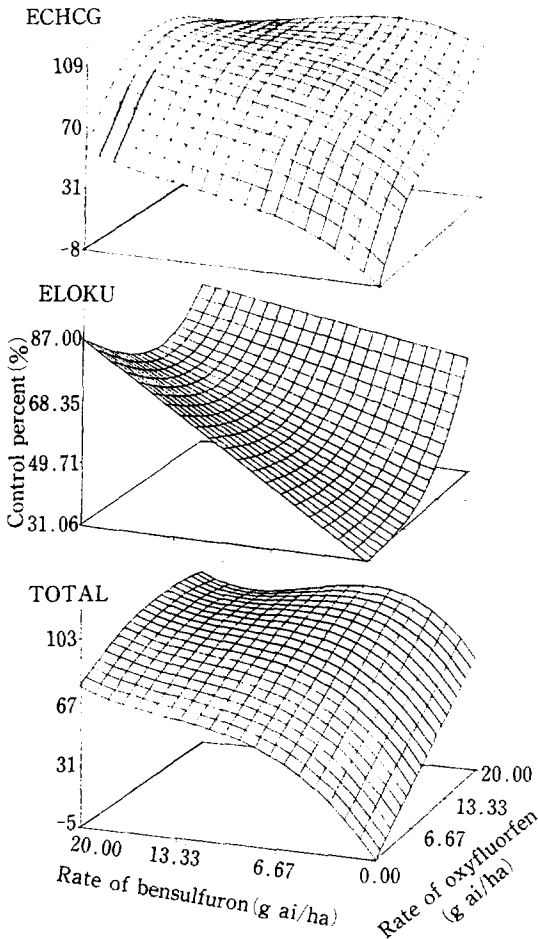


Fig. 2. Plots of control percent on *Echinochloa crus-galli*, *Elocharis kuroguwai*, and total weed species by stepwise regression.

터 더욱 많은 새잎의 출현을 유도하였기 때문으로 보인다.全體草種에 대한 相互作用效果는 모든 組合에서 Synergism을 보이는데 oxyfluorfen과 bensulfuron 모두 10, 15g의 組合에서 Synergism효과가 컸다. 20g과의 混合處理로는 오히려 Synergism정도가 감소하는 경향이였다.

특히 bensulfuron 5-10g에 oxyfluorfen 10g을 혼합할 경우 Synergism效果가 가장 좋으며 防除率도 매우 높으므로 피를 포함한 전체잡초의 防除를 위해서는 oxyfluorfen 10g과 bensulfuron 10g과의 組合處理가 가장 효과적인 것으로 판단된다.

2) Isobole Method

Isobole method의 단점의 하나는 Synergism과

Antagonism의 판단기준이 되는 Additive선의 작성과정이다. 즉 단계 사용시의 ID_x인 두 지점을 연결한 결과가 混合劑의 전 범위에서 생리활성적인 대체 藥量이 일정해야 하지만 실제로 제초제와 잡초와의 반응에서는 이것이 성립되지 않았다. 또한 한개의 Isobole Plot으로는 그 지점만의 相互作用效果를 알 수 있으므로 전체적인 混合劑의 反應을 판단할 수 없었다. Isobole method에 의한 相互作用效果를 살펴 보면 그림 3과 같았다. 相互作用의 경향은 Colby Method와 유사하나 單劑反應曲線의 결과에 의하여 최대 60% 等效果線 이상은 나타낼 수 없었으므로 最小限의 防除를 위한 80% 이상의 防除率을 보이는 효율적인 組合範圍는 추적할 수 없었다. 피와 전체 잡초는 일률적으로 Synergism으로 표현되지만 올방개는 Antagonism이였다. 피는 bensulfuron 10g 이하와 oxyfluorfen 10g 이하의 組合에서, 전체 초종의 경우는 bensulfuron 5g 이하와 oxyfluorfen 10g 이하의 組合에서 synergism효과가 큼을 알 수 있었다.

3) Calculus Method

Synergism은 단계로 사용했을 때 보다 혼합제로 사용했을 때 활성 반응이 더 클 경우, 그 반대의 경우를 Antagonism으로 정의하기 때문에 하나의 혼합제를 처리하더라도 Synergism과 Antagonism은 동시에 일어날 수 있는데 이를 표현할 수 있는 방법이 Calculus method이다. 즉, A, B 두 약제를 처리했을 때 혼합제로서 A, B가 생물에 미치는 영향은 둘 모두 단계로서의 A, B 보다 생물학적 반응이 더 크거나 또는 작을 수 있으며, 그리고 어느 약제는 단계의 작용보다 혼합제로서 작용이 더 크고 또 다른 약제는 그 반대로 혼합제로 작용이 더 작아지는 경우가 있을 수 있다. Calculus method의 단점은 Regression method와 마찬가지로 단계 사용시의 interaction value에서는 물론 Control의 Interaction값에서도 논리적인 모순이 있게 된다. Nash¹⁹⁾은 이러한 문제점과 더불어 몇몇 실례를 들어 결과가 실제와 다름을 지적함으로써 수학적으로는 신뢰성이 있을지라도 실제적으로 좋은 모델이 될 수 없음을 강조하였다. 또한 偏微分에 의한 相互作用을 분석하기 위해서는 최소한 두 약제에 대해 2차 회귀식이 구해져야 되며 相互作用을 反應曲面으로 표현하기 위해서는 3차식까지

Table 4. Variation in weeding efficacy (%) of oxyfluorfen and bensulfuron methyl to control *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis kuroguwai*, and total weed species by Colby method.

Mixing Rate (Oxy. + Ben.)		Weeding efficacy (%) to the check								
		ECHCG			ELOKU			Total		
		Obs.	Exp.	Dif.	Obs.	Exp.	Dif.	Obs.	Exp.	Dif.
0	0	0.0			0.0			0.0		
	5	11.5			35.7			29.0		
	10	19.8			56.9			41.1		
	15	43.6			84.6			62.5		
	20	63.3			79.3			76.3		
5	0	37.0			35.8			23.3		
	5	66.6	44.2	22.4	61.5	58.7	2.8	69.8	45.6	24.2
	10	75.2	49.5	25.7	67.5	72.3	-4.8	79.5	54.9	24.6
	15	88.2	64.4	23.8	74.6	90.1	-15.5	88.1	71.3	16.8
	20	89.2	76.9	12.3	65.2	86.7	-21.5	90.5	81.7	8.8
10	0	21.1			60.4			8.9		
	5	90.8	30.2	60.6	37.4	74.6	-37.2	60.3	35.4	24.9
	10	99.4	36.7	62.7	55.5	82.9	-27.4	95.0	46.4	48.6
	15	92.8	55.5	37.3	55.4	93.9	-38.5	91.0	65.9	25.1
	20	96.7	71.0	25.7	78.9	91.8	-12.9	97.7	78.3	19.4
15	0	82.9			35.8			44.8		
	5	100.0	84.8	15.2	63.5	58.8	4.7	91.0	60.8	30.2
	10	99.8	86.3	13.5	55.2	72.3	-17.1	95.6	67.5	28.1
	15	100.0	90.3	9.7	47.3	90.1	-42.8	75.5	79.3	-3.8
	20	100.0	93.7	6.3	74.9	86.7	-11.8	98.0	86.8	11.2
20	0	100.0			71.2			66.0		
	5	99.4	100.0	-0.6	59.7	81.5	-21.8	92.5	75.9	16.6
	10	100.0	100.0	0.0	76.6	87.6	-11.0	96.5	80.0	16.5
	15	100.0	100.0	0.0	94.0	95.6	-1.6	97.0	87.3	9.7
	20	100.0	100.0	0.0	78.6	94.0	-15.4	98.6	91.9	6.7

Exp. : Expected value, Obs. : Observed value, Dif. : Difference

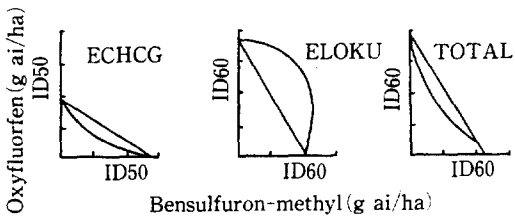


Fig. 3. Isobole for the joint action of bensulfuron -oxyfluorfen combinations on *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis kuroguwai*, and total weed species.

구해져야 하는데 적당한 變數選擇의 기준이 없다. 그러나 Nash¹⁹⁾는 Stepwise regression 값과 Sequential regression value는 거의 동일하여 그 차이의 통계적 有意性이 없음을 주장했다. 본 시험에서는 Sequential regression을 사용하였다. Calculus method에 의한 相互作用效果는 표 5 및 그림 4와 같다.

피는 전반적으로 拮抗作用을 보이지만 oxyfluorfen의 약량이 증가함에 따라 bensulfuron 10~15g의 相互作用效果가 Synergistic한 경향을 보였으며, 올방개의 경우에는 oxyfluorfen이 혼용된 상태에서 bensulfuron이 10~15g 처리된 경우 두 약제간의 Synergistic interaction이 인정되었다. 특히 두 약제의 사용량이 θ 인 처리에서 Synergistic effect를 나타낸 것은 약제의 function보다는 θ 인 지점에서의 식물체의 function이 이들 두 除草劑 相互作用을 크게 일으킬 소지가 있음을 뜻하는 것이었다.

4) Regression Method

Regression method에 의한 기대값은 표 6과 같다. 피, 올방개 및 전체 초종의 전체적인 반응은 Colby method와 비슷한 결과를 나타내었다. 피와 전체 초종은 전반적으로 Synergism을 나타내며 올방개는 Antagonism을 나타내었다. 피는

Table 5. Interactions of oxyfluorfen and bensulfuron methyl to control *Echinochloa curs-galli*, *Eleocharis kuroguwai*, and total weed species by Calculus method.

Mixing Rate (Oxy. + Ben.)	ECHCG			ELOKU			TOTAL		
	Act. (o)	Act. (b)	Int.	Act. (o)	Act. (b)	Int.	Act. (o)	Act. (b)	Int.
0	0	+	+	+	+	-	+	+	+
	5	+	+	+	+	+	+	+	-
	10	+	+	-	+	+	-	+	+
	15	+	+	-	+	+	-	+	+
	20	+	+	-	+	+	-	+	+
5	0	+	+	+	+	+	+	+	+
	5	+	+	+	-	-	+	+	+
	10	+	+	-	-	-	+	+	-
	15	+	+	-	-	-	+	+	-
	20	+	+	-	-	-	+	+	+
10	0	+	+	-	+	+	+	+	+
	5	+	+	-	-	-	+	+	-
	10	+	-	-	-	-	+	+	-
	15	+	-	-	-	+	+	+	-
	20	+	+	+	-	-	+	+	+
15	0	+	+	-	+	-	+	+	-
	5	+	+	-	-	+	+	-	-
	10	-	-	+	-	-	+	+	-
	15	-	-	+	-	-	+	+	-
	20	+	+	-	-	-	+	+	+
20	0	+	-	-	+	-	+	+	-
	5	+	-	-	-	+	+	+	-
	10	+	+	+	-	-	+	+	-
	15	+	+	+	-	-	+	+	-
	20	+	-	-	-	-	+	+	-

*Act. (o) : $\partial f(x)/\partial oxy.$, Act(b) : $\partial f(x)/\partial ben.$, Int : $\partial^2 f(x) : \partial oxy. \partial ben.$

高濃度の 組合으로 갈수록 相互作用이 없는 相加作用을 나타내며 低濃度에서 Synergism을 나타내므로 低濃度 組合處理가 유리할 것으로 판단되었다. 특히 oxyfluorfen 10g 에 bensulfuron 5~10g을 混合處理했을 때 Synergism효과가 가장 좋았으며 防除率도 비교적 높았다. 올방개에 대해 두 약제는 전체적으로 Antagonism을 보이는 하나 oxyfluorfen 5g과 bensulfuron 5~15g을 혼합했을 때는 Synergistic하였다. 전체 초종에 대한 분석결과는 Colby method와는 약간 다른 결과를 보여준다. 低濃度 組合에서는 비교적 Synergism을 보이나 高濃度에서는 Antagonism으로 나타났다. 最適組合은 bensulfuron 10g과 oxyfluorfen 10g을 혼합했을 때로 판단되었다.

5) Equivalent Method

EQM은 각 약제의 生理活性의 차이를 기초로 하여 각 약제의 相互作用을 해석하는 수학적 방법으로, 앞에 열거한 방법들과 매우 다른 결과를

보여 주었다. 표 7에서 나타낸 바와 같이 피, 올방개, 전체초종 모두 정도의 차이는 있으나 전반적으로 θ Value가 1보다 큰 수치를 보이므로 bensulfuron과 oxyfluorfen은 Synergistic하다고 할 수 있었다. Waldrop과 Banks(1983)는 2, 4-DB와 toxaphene을 sicklepod에 混合處理한 결과를 Colby method의 분석을 통해 synergistic하다고 결론을 내렸는데 Green 등은(1985) 동일한 자료를 EQM으로 분석한 결과 마찬가지로 두 약제가 synergistic하다는 결론을 내렸던 경우와 유사하였다.

3. 綜合考察

지금까지 적용된 방법들을 종합적으로 살펴 보면 표 8에 정리된 바와 같다.

雜草防除의 측면에서 어느 정도 효과적인 防除範圍라고 볼 수 있는 80%이상의 防除效果를 나타내는 약량을 버, 올방개 및 전체초종 등에서

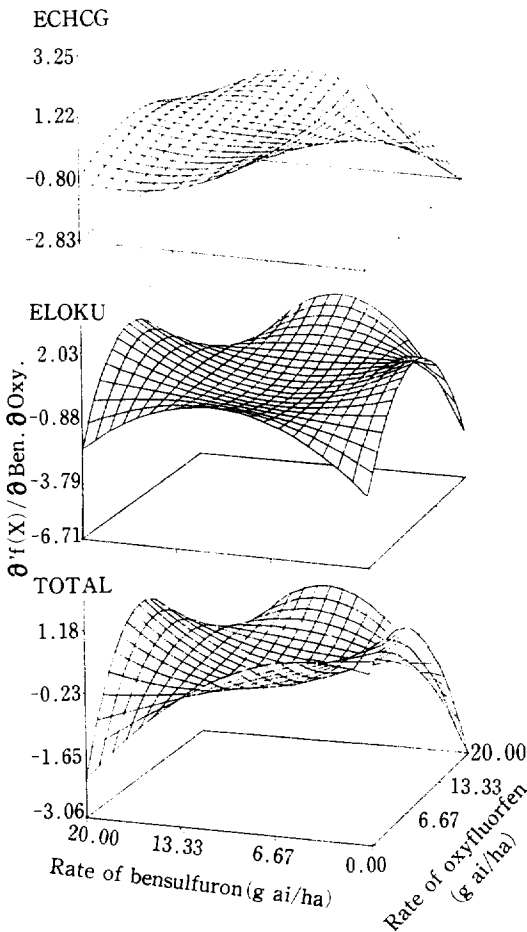


Fig. 4. Plots of the Calculus method for determining herbicide interactions using sequential multiple regression equation on *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis kuroguwai*, and total weed species by sequential regression.

동시에 찾을 수 없기 때문에 이 수준에서의 두 약제간의 相互作用效果를 Isobole method로 評價할 수는 없었다. 전체적 반응은 Morse와 Nash(1981)가 Colby method와 Regression를 같은 MSM의 범주로, Calculus method와 EQM을 ADM의 범주로 분류했던 바와 같이 본 연구에서도 Colby와 Regression method는 유사한 경향으로 나타났고 Calculus method도 이와는 큰 차이가 없었다. Colby method는 interaction type의 표현은 잘 되었지만 가장 합리적인 組合을 찾는 통계적인 면에서는 논리적이 지 못하였다. Regression method는 계산과정에서 분산을 고려

하지 않은 Colby method의 단점이 보완되었으나 Computer system의 이용을 통한 분석의 편리성, 有意性 계산 등의 장점이 있으나 기대값 계산의 기준이 單劑反應 뿐만 아니라 혼합제의 반응도 동일한 기준으로 이용되는 단점을 보완한 것이 Pipel method이다. Calculus method는 해석이 어려울 뿐만 아니라 적정회귀식을 Stepwise 또는 sequential로 할 것인가에 대한 적합한 기준이 설정되어 있지 않다.

결과적으로 피와 전체초종은 Colby method와 Regression method에 의한 분석결과에서와 같이 bensulfuron 5~10g과 oxyfluorfen 10~15g을 혼합할 경우 synergistic한 경향을 보였으며 bensulfuron 5g과 oxyfluorfen 10g과의 組合은 실제로 관측한 防除率에서도 높았으므로 혼합제로서의 다목적의 효과를 볼 수 있는 組合이라고 할 수 있겠다.

摘 要

Bensulfuron-methyl은 生理活性이 특히 높고 除草 spectrum이 큰 것으로 알려져 주요 논잡초 방제에 사용되고 있으나, 피 및 올방개 등에 대한 防除 效果는 다소 미흡하다. 따라서 이들 雜草種에 대한 選擇的 作用力이 비교적 큰 동시에 다른 약제의 흡수를 증대시키는 것으로 밝혀진 oxyfluorfen과의 混合使用 可能性을 찾고자 oxyfluorfen 0.25% 粒劑와 bensulfuron 0.15% 粒劑를 각각 0, 5, 10, 15, 20g ai/ha수준의 16 混合組合을 供試하였다. 일년생과 다년생 주요 雜草種을 대상으로 水稻 移秧後 5일에 각각 처리하였으며, 처리한 35일후에 지상부 生體重을 조사하여 각각 처리에 대한 防除率을 산정하였다. 두 약제의 混合使用 可能性은 여러가지 "Joint action model"을 이용하여 두 약제의 상호작용을 比較分析하는 방법으로 검토하였다. 먼저 각 초종에 대하여 分散分析한 결과, 피와 올방개 및 잡초 전체에 대해서는 1% 有意水準에서 相互作用效果가 인정되었으며 가래와 너도방동사니는 5% 有意水準에서 相互作用效果가 인정되었다. 그러나 물달개비, 올챙고랭이, 올미 등은 相互作用效果가 인정되지 않았다.

피와 올방개 및 전체초종을 대상으로 혼합모델들을 적용시킨 결과 전체적으로 Colby method와

Table 6. Interactions of oxyfluorfen and bensulfuron methyl to control *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis kuroguwai*, and total weed species by Regression method.

Mixing Rate (Oxy. + Ben.)		ECHCG			ELOKU			TOTAL		
		Obs.	Exp.	Dif.	Obs.	Exp.	Dif.	Obs.	Exp.	Dif.
0	0	0.0	0	0	0.0	31.1	-31.0	0.0	0.0	0
	5	11.5	20.8	9.3	35.7	45.0	9.3	29.0	38.0	9.0
	10	19.8	34.3	14.5	56.9	59.0	2.1	41.1	57.1	16.0
	15	43.6	42.0	-1.6	84.6	73.0	-11.6	62.5	65.3	2.8
	20	63.3	53.5	-9.8	79.3	87.0	7.7	76.2	75.7	-0.5
5	0	37.0	31.7	-5.3	35.8	31.6	-4.2	23.3	11.6	-11.7
	5	66.6	60.2	6.4	61.5	43.1	18.4	69.8	54.5	15.3
	10	75.2	73.4	1.8	67.5	54.5	13.0	79.5	72.4	7.1
	15	88.2	80.9	7.3	74.6	66.0	8.6	88.1	79.5	8.6
	20	89.2	92.1	-2.9	65.2	77.4	-12.2	90.5	89.7	0.8
10	0	21.1	53.0	31.9	60.4	35.6	-24.8	8.9	28.6	19.7
	5	90.8	79.8	11.0	37.4	44.5	-7.1	60.3	69.8	-9.5
	10	99.4	91.3	8.1	55.5	53.4	2.1	95.0	84.5	10.5
	15	92.8	97.0	-4.2	55.4	62.3	-6.9	91.0	88.5	2.5
	20	96.7	100.0	-3.3	78.9	71.2	7.7	97.7	98.0	-0.3
15	0	82.9	69.8	-13.1	35.8	46.4	10.6	44.8	45.5	0.7
	5	100.0	91.9	8.1	63.5	52.8	10.7	91.0	84.2	6.8
	10	99.8	98.7	1.1	55.2	59.1	-3.9	95.6	93.1	2.5
	15	100.0	99.7	0.3	47.3	65.5	-18.2	75.5	92.0	-16.5
	20	100.0	100.0	0.0	74.9	71.8	3.1	98.0	100.0	-2.5
20	0	100.0	96.0	-4.0	71.2	67.4	-3.8	66.0	62.5	-3.5
	5	99.4	100.0	-0.6	59.7	71.2	-11.5	92.5	97.4	-4.9
	10	100.0	100.0	0.0	76.6	75.0	1.6	96.5	98.5	-2.0
	15	100.0	98.4	1.6	94.0	78.9	15.1	97.0	92.0	5.0
	20	100.0	94.1	5.9	78.6	82.7	-4.1	98.6	97.0	1.6

Exp. : Expected value, Obs. : Observed value, Dif. : Difference

Table 7. Interactions of oxyfluorfen and bensulfuron methyl to control *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis kuroguwai*, and total weed species by Equivalent method.

Mixing Rate Oxy. + Ben.	ECHCG	ELOKU	TOTAL
5	5	80-90	20-10
	10	60-70	20-30
	15	90-100	20-30
	20	70-80	10-20
10	5	>100	2-10
	10	>100	2-10
	15	>100	2-10
	20	>100	20-30
15	5	>100	10-20
	10	>100	2-10
	15	>100	2-10
	20	>100	2-10
20	5	>100	2-10
	10	>100	10-20
	15	>100	20-30
	20	>100	2-10

Regression method는 유사한 결과를 보였다. Calculus method는 解析上的의 어려움이 있었으나 전반적으로는 이들과 큰 차이가 없었다. Isobole method는 일정한 ID_x에서만 相互作用解析이 가능하므로 전체적인 藥量範圍의 相互作用을 해석하기는 어렵기 때문에 최소한의 합리적인 雜草防除를 만족시킬 수 있는 ID₅₀ 이상의 Isobole은 작성할 수 없었다. EQM의 경우 θ 값의 範圍에 따라 相互作用의 type을 결정하는데 相互作用效果의 크기를 비교하려는 입장에서는 解析上的의 어려움이 따랐다. 본 연구의 결과에서는 다른 Model들과 달리 울방개에 대한 효과에서 Synergism을 나타냈다. 여러 모델들이 모두 동일한 결과를 보여주지는 않았으나 bensulfuron 5~10g과 oxyfluorfen 5~10g을 混合處理할 경우 synergistic한 경향을 보이며 防除率도 비교적 높아 이 수준의 약량을 混合處理하면 bensulfuron만으로 방제가 어려운 잡초의 방제는 물론 약량 감소를 가져올 수 있을 것으로 기대되었다.

Table 8. Comparison of interactions of *Echinochloa crus-galli*, *Eleocharis kuroguwai* and total weed species by several interaction methods.

Mixing Rate (Oxy. + Ben.)	ECHCG				ELOKU				TOTAL			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
5	5	+	+	+++	+	+	---	+	+	+	+++	+
	10	+	+	++-	+	-	+	---	+	+	++-	+
	15	+	+	++-	+	-	+	---	+	+	++-	+
	20	+	-	++-	+	-	-	+++	+	+	+++	+
10	5	+	+	++-	+	-	-	---	+	+	++-	+
	10	+	+	+--	+	-	+	---	+	+	++-	+
	15	+	-	+--	+	-	-	---+	+	+	+--	+
	20	+	-	+++	+	-	+	---	+	+	+++	+
15	5	+	+	++-	+	+	+	---	+	+	++-	+
	10	+	+	---+	+	-	-	---	+	+	++-	+
	15	+	+	---+	+	-	-	---	+	-	++-	+
	20	+	+	++-	+	-	+	---	+	+	+++	-
20	5	-	-	+--	+	-	-	---	+	+	++-	+
	10	ad	+	+++	+	-	+	---	+	+	+++	+
	15	ad	+	+++	+	-	+	---	+	+	++-	+
	20	ad	+	+--	+	-	-	---	+	+	++-	+

M1 : colby M2 : Regression M3 : Calculus M4 : EQM

引用 文 獻

- Akobundu, I.O., R.D. Sweet and W.B. duke. 1975. A method of evaluating herbicide combinations and determining herbicide synergism. *Weed Sci.* 23 : 20-25.
- Bugg, M.W., J. Whitmarsh, C.E. Rieck and W.S. Cohen. 1980. Inhibition of photosynthetic electron transport by diphenyl ether herbicides. *Plant Physiol.* 65 : 47-50.
- Campbell, T.A., W.A. Gentner and L.L. Danielson. 1981. Evaluation on herbicide interactions Using linear regression modeling. *Weed Sci.* 29 : 378-381.
- Drury, R.E. 1980. Physiological interaction, its mathematical expression. *Weed Sci.* 28 : 573-578.
- Fadayomi, O. and G.F. Warren. 1977. Differential activity of three diphenyl-ether herbicides. *Weed Sci.* 29(2) : 169-173.
- Fadayomi, O. and G.F. Warren. 1977. Uptake and translocation of nitrofen and oxyfluorfen. *Weed Sci.* 25 : 465-468.
- Gorog, K., G. Muschinek, L.A. Mustardy and A. Falude Daniel. 1982. Comparative studies of safeners for the prevention of EPTC injury on maize. *Weed Res.* 22 : 27-33.
- Gorske, S.F. and H.J. Hopen. 1987. Effects of two diphenyl-ether herbicides on common purslane (*Portulaca oleracea*). *Weed Sci.* 26 : 585-588.
- Gowing, D.P. 1959. A method of comparing herbicides and assessing herbicide mixtures at the screening level. *Weeds.* 7 : 66-76.
- Grabowski, J.M. and H.J. Hopen. 1982. Effects of oxyfluorfen formulations on cabbage when applied post-emergence. In Proc. N. Cent. Weed Control Conf., USA. '82 : 97-98.
- 具滋玉·下種英·石塚浩造. 1988. Bensulfuron-methyl 處理에 따른 耐性選拔水稻品種의 吸收 및 移行差異. *韓國雜草學會誌* 8(1) : 45-52.
- 具滋玉·李榮萬·金永鎮·金昌錫. 1988. Oxyfluorfen 및 Bensulfuron-methyl의 處理時期에 따른 벼 品種 및 主要 雜草種의 耐性反應. *韓國雜草學會誌*. 20(4) : 296-305.
- Hewlett, P.S. 1969. Measurement of the Potencies of Drug Mixtures *Biometrics.* : 477-487.
- 金榮鎮·具滋玉·方錫·崔根鎮. 1987. 벼 品種 및 主要 雜草에 대한 oxyfluorfen의 選擇活性 研究. *韓國雜草學會誌*. 7(2) : 220-235.

15. Kunert, K.J., C. Homrighausen, H. Bonhme and P. Boger. 1985. Oxfluorfen and lipid peroxidation : Protein damage as a phytotoxic consequence. *Weed Sci.* 33 : 766-770.
16. Kunert, K.J. and P. Boger. 1981. The bleaching effect of the diphenyl ether oxfluorfen. *Weed Sci.* 29(2) : 169-173.
17. Mayeux, J.H. S., W.R. Jordan, R.E. Meyer and S.M. Meola. 1981. Epicuticular wax on golden weed (*Isocoma* spp) leaves : Variation weed species and season. *Weed Sci.* 29 : 389-393.
18. Morse, P.M. 1971. Some comments on the assessment of joint action in herbicide mixtures. *Weed Sci.* 26 : 58-71.
19. Nash, R.G. 1981. Phytotoxic interaction studies-techniques for evaluation and presentation results. *Weed Sci.* 29 : 147-154.
20. Pendeville, G.N. and G.F. Warren. 1977. Effect of four herbicides and two oils on leaf-cell membrane permeability. *Weed Res.* 17(4) : 251-258.
21. Pyon, J.Y., A. Ohno, R. Ishizuka and H. Matsumoto. 1987. Selective mode of action of root-applied bensulfuron-methyl among rice cultivars. *Proc. 11th APWSS(99-107)*.
22. Ray, T.B. 1982. The mode of action of chlorsulfuron- A new herbicide for cereals. *Pesticide Biochem. Physiol.* 17 : 10-17.
23. Ray, T.B. 1984. Site of action of chlorsulfuron inhibition of valine and isoleucine biosynthesis in plants. *Plant Physiol.* 75 : 827-831.
24. Rummens, F.H.A. 1975. An improved definition of synergistic and antagonistic effects. *Weed Sci.* 23 : 4-6.
25. South, D.B. 1982. Relationship between amount of epicuticular wax and activity of oxyfluorfen on sweetgum leaves. In *Proc. 35th Ann. Meet. S. Weed Sci. Soc.* '82 : 245.
26. Takeda, S., D.L. Erbes, P.B. Sweetser, J.V. Hay and T. Yuyama. 1986. Mode of herbicidal and selective action on DPX-F5384 between rice and weeds. *Weed Res., Japan* 31(2) : 157-163.
27. Takeda, S., T. Tuyamo, R.C. Ackerson and R.C. Weigel. 1985a. Selection of rice herbicide from several sulfonylurea component. *Weed Res. (Jap.)* 30 : 278-383.
28. Vanstone, D.E. and E.H. Stobbe. 1987. Root uptake, translocation and metabolism of nitrofen and oxyfluorfen by fababeans (*Vicia faba*) and green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Sci.* 26(4) : 389-392.
29. Vanstone, D.E. and E.H. Stobbe. 1979. Light requirement of the diphenyl-ether herbicide oxyfluorfen. *Weed Sci.* 27(1) : 88-91.
30. Yuyama, T., S. Takeda and R.C. Ackerson. 1987. Uptake and distribution of bensulfuron-methyl (DPX-F5384) in paddy rice. *Proc. 11th APWSS-Conf.* 145-151.
31. 梁桓承·具滋玉·下鐘英·權容雄. 1986. 新制 雜草防除學 pp.239-256.
32. Fadayomi, O. and G.F. Warren. 1977. Absorption, and desorption, and leaching of nitrofen and oxyfluorfen. *Weed Sci.* 25(2) : 97-100.