

다양한 栽培條件하에서 Oxyfluorfen의 處理에 의한
벼와 피의 解剖形態的 反應差異

千相旭 · 具滋五 · 韓盛旭 · 李恩京 · 申智山*

Morphological and Anatomical Response of Rice and Barnyardgrass to Oxyfluorfen under Various Growing Conditions

Chon, S.U., J.O. Guh, S.U. Han, E.K. Lee and C.S. Shin*

ABSTRACT

Growth and anatomical responses of rice and barnyardgrass(*Echinochloa crus-galli*) to oxyfluorfen were examined under various growing conditions in a greenhouse. With foliar application at 0.08kg ai/ha 7 days after seeding or transplanting, oxyfluorfen completely reduced the shoot and root growth of barnyardgrass under all growing conditions. However, oxyfluorfen reduced the growth of direct seeded and transplanted rice by 0~64% and 0~12%, respectively. Phytotoxic effect on rice growth, with respect to plant height and shoot fresh weight, was more pronounced under water-(53~63%) than under dry-condition(16~33%), and in broadcast-seeded(34~62%) than in drill-seeded rice(16~33%). Anatomical changes of epidermal and vascular bundle sheath cells of rice leaves were not induced by oxyfluorfen, but mesophyll cells were partially ruptured and total leaf thickness was reduced. Oxyfluorfen, however, constricted and ruptured mesophyll and vascular bundle sheath cells and severely reduced leaf thickness of barnyardgrass under all growing conditions examined. These anatomical changes were more severe under dry- than under water-seeded condition.

Key words : Anatomical, oxyfluorfen, direct-seeded, drill-seeded

緒 言

기준에 사용되고 있는 수도용 제초제 종류나 사용법은 거의 대부분이 어린모나 성묘기 계이양 벼에 적용토록 개발되어 있기 때문에 건답직파나 답수직파시에 기존의 이양재배의

잡초방제법으로는 대체하지 못하는 실정이어서 다양한 재배양식에서 일률적이고 동일한 제초효과를 기대하기는 어려울 뿐만 아니라 피를 방제하기 위한 제초제 사용은 벼에 대한 약해유발의 위험성을 내포하고 있다. Oxyfluorfen{2-chloro-1-3(3-ethoxy-4-nitrophenoxy)-4-(trifluoromethyl benzene)}은 diphenyl ether(DPE)계의

* 전남대학교 농과대학(College of Agric. Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea)

〈'97. 8. 15 접수〉

제초제로 光要求型¹⁾이며 生理活性이 높고, 비선택성을 갖는 토양·경엽 겸용 과원제초제로 이용되고 있다^{2,3)}. DPE계 제초제의 선택성은 어느 한 요인보다는 protoporphyrin IX(PPIX) 축적^{4,5)}, protoporphyrinogen oxidase의 저해^{6,7)}, 잎표면, 해부 및 미세구조 차이^{8,9,10,11)}, 흡수, 이행, 대사^{12,13,14,15)}차이 등 다양한 원인에 기인하는 것으로 밝혀지고 있다.

여러 가지의 작부양식, 즉 건답과 담수조건에 따라, 표면과 토중파종에 있어서 제초제 처리층의 위치 또는 종자나 유묘의 제초제 처리층으로의 접촉위치에 따라, 그리고 작물의 열령에 따라 직파벼와 이앙벼의 제초제 반응 역시 다르게 나타날 것으로 기대된다. 中谷¹⁶⁾은 이앙재배의 경우 제초제 처리층이 벼의 생장점 위에 형성되어 있으므로 약해우려가 적다고 보고한 바 있으며 Seaman 등¹⁷⁾은 토양처리시 담수직파벼에 대한 잡초방제체계는 건답보다 더 제한적이며 약해위험성이 더 크다고 하였다.

千 등⁸⁾은 oxyfluorfen에 대한 내성 및 감수성 수도품종들을 대상으로 잎 해부학적 변화를 관찰한 결과 엽신두께의 감소를 밝혔다. Shibayama 등¹⁸⁾은 피와 sprangletop에 대한 benthocarb를 경엽처리한 결과 두 종 모두 지하부에는 영향을 주지 않았으나 전개되는 잎 내부의 신엽생장을 지연시키고, 통엽이 발생되고, 세포단위에서 비대 및 액포화현상을 보였음을 보고한 바 있다.

본 연구는 직파재배면적의 확대에 따른 수도생력재배의 효율에도 불구하고 잡초방제의 난제를 얹고 있으며 기존의 이앙재배시에는 일반처리제(one-shoot herbicide)로도 가능했으나 직파재배시엔 체계처리가 절실히 필요한 실정이어서 공시약제를 이용한 다양한 작부양식에 따른 각 조건에서 벼와 피에 대한 제초제의 약효 및 약해반응의 원인이 되는 생장반응, 외부형태 및 해부학적 반응차이를 확인코자 한다.

材料 및 方法

본 연구는 온실내 pot시험으로 수행하였으며 식양토인 논토양을 충진시킨 1/5000a Wagner pot를 건답(upland) 및 담수조건(lowland condition)으로 만든 후 공시식물로서 벼(*Oryza sativa* L. cv. Dongjin)와 건냉보관하였던 강피(*Echinochloa crus-galli* Beauv. var. *oryzicola* Ohwi)를 각각 20, 30립씩 표면(broadcast) 및 토중(drilled) 산파하였고 피와 토중직파벼는 1cm 깊이로 복토하였다. 또한 이앙조건(transplanting condition)에서는 8일묘를 pot당 5본식 2cm 깊이로 이앙하였으며, 중간경합이 배제된 단식구를 병행시켰다. 시비는 N-P₂O₅-K₂O=7-4-5kg/10a로 하였고 질소는 50% 기비로 사용하였으며 온도는 주간 28±2℃, 야간 21±1℃로 유지하였다. 광은 자연광 외에도 보광을 위해 metal 등을 설치하여 20,000lux 이상의 광도를 유지하였다. 파종 및

Table 1. Information of herbicide used in the experiment(2, 3)

Common name	Oxyfluorfen
Compound	Diphenylether
Chemical name	2-chloro-1-(3-(3-ethoxy-4-nitrophenoxy)-4-(trifluoromethyl) benzene
Structural formula	
Formulation	23.5% EC
Vapor pressure	2 × 10 ⁻⁶ mmHg at 25℃
Solubility	0.1ppm(water)
Rate applied	0.08kg ai/ha

이양 후 7일째에 oxyfluorfen 유제 23.5%를 0.08kg ai/ha(Table 1)로 경엽처리한 후 10일째 식물체를 채취하여 벼와 피의 초장, 근장 및 지상부 생체중을 각각 측정하였다. Oxyfluorfen에 대한 형태학적 반응 차이를 검토하고자 처리 후 10일째 채취된 엽초로부터 1cm 부위의 제2엽신을 8mm로 절단한 후 FAA용액(formalin : acetic acid : alcohol : distilled water=15 : 10 : 35 : 40)(v/v)에 24시간 침지하여 알콜과정에서 탈수시킨후 alcohol + xylene의 혼합용액에서 투명화시킨 다음 paraplast로 72시간 동안 침투과정을 거쳐 embedding하였다¹⁹⁾. 조직은 steel knife가 장진된 rotary microtome에 8 μ m 두께로 횡단하여 0.5% safranin 수용액(w/v)과 0.5% fast green 95% alcohol 용액(w/v)에 각각 1시간, 12초간 대조 염색한 후 100배 현미경에서 검경·촬영하였다. 조사는 잎 횡단부의 해부학적 형태 및 세포단위의 구조적 변화를 관찰하였다.

結果 및 考察

1. 外部形態 觀察

Oxyfluorfen 처리 후 10일경의 벼와 피가 보이는 외부형태적 반응 차이는 Plate 1에 나타낸 바와 같다. 벼의 경우, 건답직파(A,B)에서는 약해가 적었던 반면 담수직파(E,F)와 이양재배(G)에서는 약해로 인한 생육억제가 심하게 나타났으며, 피의 경우는 건답직파(C)보다 담수직파(D)에서 제초효과가 크게 나타나는 경향이 있었다. Oxyfluorfen에 의한 벼의 약해와 함께 제초효과는 건답조건보다 담수조건에서 커지는 경향이었으며, 유사한 다른 보고들^{8,20,21,22)}와 같은 결과로 판단된다.

2. 生長反應 差異

Oxyfluorfen 처리 후 10일째에 벼와 피의 초장·근장·생체중으로 나누어 측정 비교하였다. 벼의 경우, 재배양식에 따라 oxyfluorfen에 대한 다양한 약해반응을 보였으나 피의 경우는 어떤 재배 조건하에서도 95%에 이르는 완전한 신장억제 효과를 나타내었다(Fig 1).

보다 면밀하게 살펴보면, 이양재배의 경우에는 벼 무처리와 대등한 초장신장과 88%에 이르는

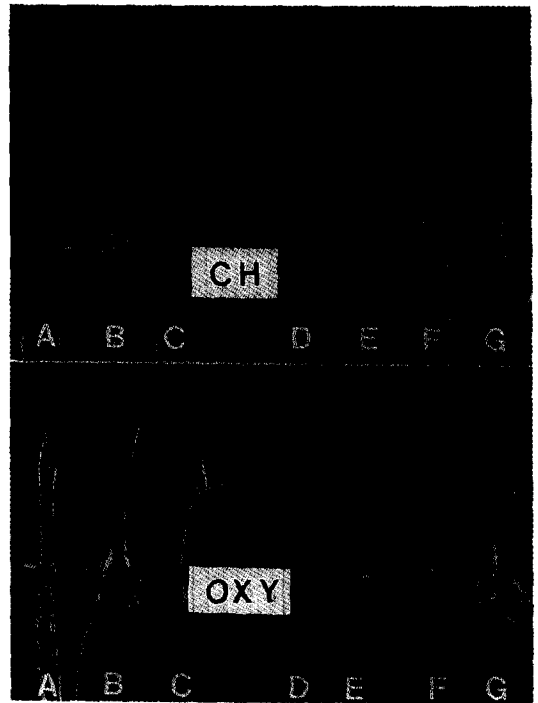


Plate 1. Photographs showing oxyfluorfen effect on rice and barnyardgrass under various growing conditions at 10 days after foliar application. (Application timing ; 7 DAS). Broadcasted (A), drilled (B) rice and barnyardgrass seeded under drycondition. Broadcasted (E), drilled (F) rice and barnyardgrass under water condition, and transplanted rice (G), comparatively.

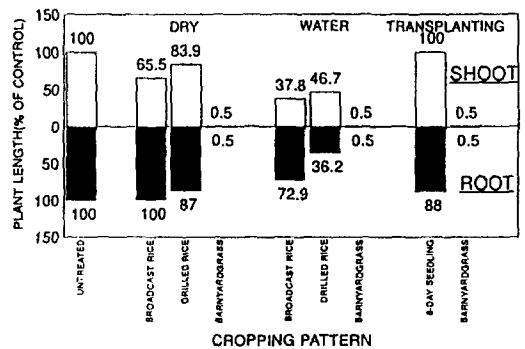


Fig. 1. Effect of oxyfluorfen on plant height and root length of rice and barnyardgrass.

근신장이 가능하였으나 건답직파의 경우는 표면산과하여 65.5%의 초장신장과 100%의 근신장을, 토중직파하여 83.9%의 초장신장과 87%의 근신장을 기대할 수 있어 파종양식간에 다소 차이를 보였다. 그러나 담수직파의 경우에는 파종양식에 관계없이 건답직파보다 떨어지는 초장 및 근신장이 유도됨으로써 건답보다 담수에서의 약해유발 가능성이 큰 것으로 판단되었다.

이와 같은 담수·건답간의 차이는 oxyfluorfen이 토양흡착력이 강한 특성과 nitrofen의 10배에 이르는 극미량의 강력한 제초활성에 기인하며, 이양조건과의 차이는 본 약제의 유식물활성에 따른 차이로 해석된다. 뿐만 아니라 전반적으로 뿌리보다 지상부 생장의 억제 경향이 컸던 것도 본 약제의 접촉활성에 따른 것으로 뿌리생장의 일차적인 지상부 생육반응의 결과로 유도되었기 때문에 억제정도가 상대적으로 낮았을 것으로 판단된다.

지상부 생체중을 근거로 한 성장반응도 장 및 근장의 결과와 유사한 경향을 보였다. 건답직파조건에서 표면파종은 53%, 토중파종은 33%의 상부생체중을 각각 억제하여 표면파종벼의 생육억제가 더 크게 나타났으며 피는 지상부의 생육이 98%이상 억제되었다. 담수직파조건에서는 건답조건에서와는 다른 경향으로 표면파종이 57%, 토중파종이 62% 각각 억제되었고 피는 역시 98%이상의 성장억제를 나타내었다.

반면에 8일 이양묘는 무처리에 비해 29% 지상부생체중의 억제를 보여 직파벼에 비해 경미한 약해반응을 보였다(Fig. 2).

결과적으로 직파벼의 지상부 생장은 건답조건보다는 담수조건에서, 토중파종벼보다는 표면산과벼에서, 이양벼보다는 직파벼에서, 벼보다는 피에서 각각 성장억제정도가 크게 나타났다. 즉 Oxyfluorfen은 피에 대한 방제는 공시된 전 재배조건에서 완벽함을 보였으나, 벼에 대한 약해는 근본적으로 회피할 수 없었으며 처리조건에 따라 상대적 차이는 인정되었다.

이는 담수조건에서 건답조건에 비해 약해유

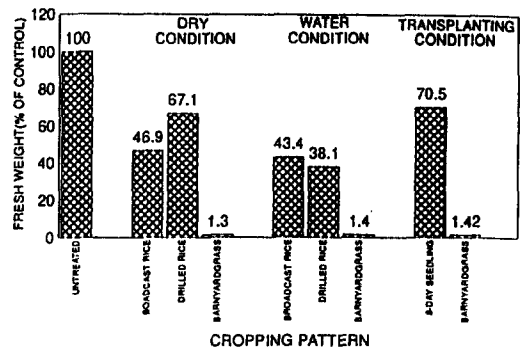


Fig. 2. Effect of oxyfluorfen on shoot fresh weight (g/plant) of rice and barnyardgrass.

발가능성이 높다는 Seaman 등¹⁷⁾의 보고와 유사한 결과였으며, 이양벼와 직파벼의 약해반응의 차이는 묘령차이에 기인하는 것으로 해석되며³⁾, 벼와 피간의 선택적인 반응차이와 표면 및 토중파종벼간의 차이는 中谷¹⁶⁾의 보고처럼, 벼의 성장점은 토중에 위치하는 반면 피는 지상에 위치하여 피가 벼에 비해 제초제의 접촉이 용이하여 약제의 흡수기회가 많게 되는 것에 기인할 수 있으며, 같은 벼라 할지라도 표면벼가 토중벼에 비해 성장점 노출확률이 크기 때문에 약해유발가능성이 높은 것으로 판단되었다^{20,21,22)}.

3. 解剖學的 反應差異

Oxyfluorfen을 경엽처리하여 벼와 피의 제2엽의 표피세포(epidermal cell), 유관속초세포(vascular bundle sheath cell), 엽육세포(mesophyll cell)의 해부학적 변화 및 엽신의 두께를 관찰한 결과, 건답직파조건에서 표면 및 파종벼 모두가 잎 표피세포의 경미한 위축, 엽육세포의 파괴가 관찰되었고, 유관속초세포의 변화는 인정되지 않았으며, 이러한 변화는 표면파종벼가 토중파종벼에 비해 더 크게 나타났다. 엽육세포의 파괴 및 위축으로 인한 엽신의 두께 감소가 뚜렷하였으며 이러한 결과는 千 등⁸⁾의 보고에서 밝힌 내성품종보다는 감수성 벼품종이 oxyfluorfen처리에 따른 엽신의 두께 감소가 더 컸다는 결과와 일치함을 보였다. 한편 피는 심한 표피세포의 위축 및 파괴, 엽육세포 및 유

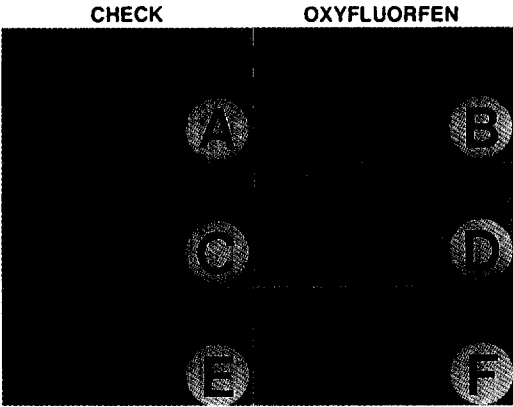


Plate 2. Cross sections of leaves of rice(A,B,C,D) and barnyardgrass(E,F) seedling grown under dry-seeded condition at 10 days after application. Broadcast(A,B), drilled(C,D) rice and barnyardgrass(E,F). EP : epidermal cell, MC : mesophyll cell, VBS : vascular bundle sheath cell. Bars represent 10 μ m.

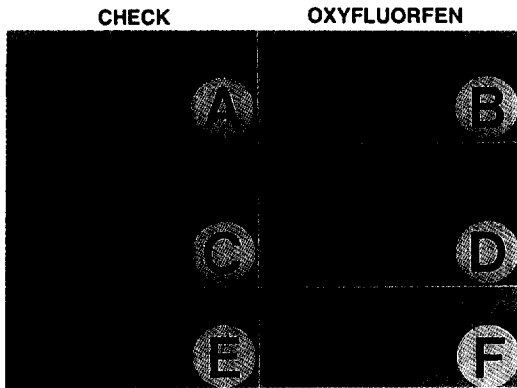


Plate 3. Cross sections of leaves of rice(A,B,C,D) and barnyardgrass(E,F) seedling grown under water-seeded condition at 10 days after application. Broadcast(A,B), drilled(C,D) rice and barnyardgrass(E,F). EP : epidermal cell, MC : mesophyll cell, VBS : vascular bundle sheath cell. Bars represent 10 μ m.

관속초세포의 파괴로 나타났다(Plate 2). 담수조건에서는 표면 및 토중파종 벼에서는 해부학적 변화가 나타나지 않았으나 피에서는 엽신의 위축, 엽신의 두께감소, 엽육세포의 파괴가 뚜렷하였으나, 건답조건에 비해 그 변화정도는 경미하게 나타났다(Plate 3). 한편 이앙벼의 잎은 접촉된 부위의 엽육세포가 심하게 파괴되

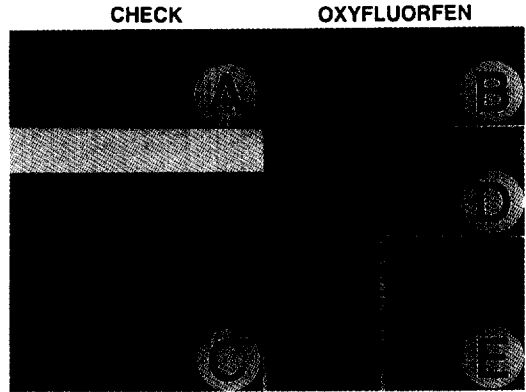


Plate 4. Cross sections of leaves of rice(A,C) grown under transplanting condition at 10 days after application. EP : epidermal cell, MC : mesophyll cell, VBS : vascular bundle sheath cell. Bars represent 10 μ m.

었고, 표피세포가 위축되었으며, 엽신두께가 유의적으로 감소되었으나(Plate 4-B,D), 새롭게 출현하는 엽신의 해부적 변화는 인정되지 않았다(Plate 4-E).

이는 Oxyfluorfen이 접촉형 제초제로서 접촉부위만 약해가 유발되므로 신출엽의 출현과 함께 생장회복의 가능성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 생장반응에 있어서는 건답직파보다는 담수직파벼에서 더 큰 생장억제를 보였으나 해부학적 반응에서는 반대로 건답직파가 담수직파벼에 비해 더 큰 변화를 보여 두 반응의 결과가 일치되지 않았는데 이는 해부학적 차이가 어느 부분적인 엽신에 국한되었기 때문으로 해석된다.

摘 要

다양한 재배조건에서 벼와 피의 파종 및 이앙후 7일째에 oxyfluorfen 유제 0.08kg ai/ha를 경엽처리한 후 그들의 생장 및 해부학적 반응을 조사하고자 온실내 pot시험이 수행되었다. Oxyfluorfen은 피의 지상부, 지상부 신장 및 지상부 생체중을 각 재배조건에서 100% 억제시켰으나 직파벼는 0~64%, 이앙벼는 0~12% 각각 억제시켰다. 초장과 지상부생체중에 있어서 oxyfluorfen은 건답조건(16~33%)보다는 담수조

건(53~63%)에서, 토중과중벼(16~63%)보다는 표면과중벼(34~64%)를 더 억제시켰다. 검경에 의한 해부학적 반응에 있어서 벼의 엽육세포의 부분적 파괴 및 엽신의 두께 감소가 관찰되었고 표피 및 유관속초세포는 큰 변화를 보이지 않았다. 한편 피는 전재배조건에서 표피세포, 엽육세포 및 유관속초세포의 파괴 및 위축 그리고 엽신두께의 유의적인 감소가 있었다. 이러한 해부학적 반응은 담수조건에서 보다 건답조건에서 더 크게 나타났다. oxyfluorfen은 피에 대한 방제는 각 조건에서 완벽하게 방제하였으나 벼에 대한 약해는 피에 비해 상대적으로 작았고 건답조건과 토중과중경우에서 상대적인 안전성을 보였으나 근본적인 약해를 피하기는 어려울 것으로 판단되었다.

引用 文 獻

1. Matsunaka, S. 1969. Acceptor of light energy in photo activation of diphenylether herbicides. J. Agr. Food Chem. 17 : 171-175.
2. 농약공업협회. 1996. 농약사용지침서. p.588.
3. 梁桓承·具滋玉·卞種英·權容雄. 新製 雜草防除學. 郷文社. pp.389.
4. Matsumoto, H. and S.O. Duke. 1990. Acifluorfen-methyl effects on porphyrin synthesis in *Lemna pausicostata* Hegelm. 6746. J. Agric. Food Chem. 38 : 2066-2071.
5. Schuster A. and E. Harel. 1989. A low molecular weight polypeptide which accumulates upon inhibition of porphyrin biosynthesis in maize. Plant Physiol. 77 : 648-652.
6. Duke, S.O., J. Lydon, J.M. Becerril, T.D. Sherman, L.P. Lehen, and H. Matsumoto. 1991. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. Weed Sci. 39 : 465-473.
7. Matringe, M. 1993. Protoporphyrinogen oxidase the molecular target site of peroxidizing herbicides. Br. Crop Protec. Conf. Weeds 703-712.
8. 千相旭·具滋玉·李榮萬·李度鐵. 1988. Oxy-

fluorfen에 耐性 및 感受性 水稻品種에 대한 解剖學的 差異. 韓雜誌. 8 : 187-198.

9. Grabowski, J.M. and H.J. Hopen. 1984. Evaluation of oxyfluorfen formulations for cabbage weed control. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 539-543.
10. Orr, G.L. and F.D. Hess. 1982. Mechanism of action of the diphenyl ether herbicide acifluorfen-methyl in excised cucumber(*Cucumis sativus* L.) cotyledons. Plant Physiol. 69 : 502-507.
11. South, D.B. 1982. Relationship between amount of epicuticular wax and activity of oxyfluorfen on sweetgum leaves. Proc. South. Weed Sci. Soc. 82 : 245
12. Fadayomi, O. and G.F. Warren. 1987. Differential activity of three diphenyl ether herbicides. Weed Sci. 25 : 465-468.
13. Higgins, J.M., T. Whitwell, F.T. Corbin, G.E. Carter, Jr., and H.S. Hill. 1988. Absorption, translocation and metabolism of acifluorfen and lactofen in pitted morningglory(*Ipomoea lacunosa*) and ivyleaf morningglory(*Ipomoea hederacea*). Weed Sci. 36 : 141-145.
14. Ishizuka, K., H. Matsumoto and H. Hyakutake. 1988. Selective inhibitory action of chloromethoxynil on rice and barnyardgrass and its molecular fate in the light and dark. Weed Res., Japan 33 : 41-48.
15. 李增周. 1992. 光要求型 ジフエニルーテル系 除草劑の選擇作用 機構に 關する研究. 日本 博士學位 論文 p156.
16. 中谷治夫. 1981. 田植機利用にする水稻湛水土壤中直播栽培に關する研究. 石川農試年譜. 11 : 1-28.
17. Seaman, D.E. 1983. Farmer weed control technology for water-seeded rice in Northern America. p.167-177. in Proc. Conf. Weed Control in Rice Int. Rice Res. Inst., Philippines.
18. Shibayama, H. and K. Fujita. 1989. Morpho-

- logical responses of rice plant to bensulfuron-methyl, a new rice herbicide in Japan, and their sagening by combination with dimepiperate. 12th APWSS Proc. 1 : 119-125.
19. Sass, J.E. 1958. Botanical microtechnique. 3th Ed. Iowa State Univ. pp. 228.
20. Chon, S.U., J.O. Guh, S.U. Han, S.L. Kwon, and O.D. Kwon. 1995. Growth Response of Rice and Barnyardgrass Seedlings to Quinclorac under Various Growing Conditions. Conf. 15th APWSS Proc. 1(A) : 356-364.
21. Chon, S.U., J.O. Guh, J.Y. Pyon. 1996. Growth and Anatomical Response of Rice and Barnyardgrass to Molinate under Various Cropping Conditions 2nd International Weed Control Congress, 893-898.
22. 千相旭 · 具滋玉 · 鞠龍仁. 1996. 栽培樣式에 따른 除草劑에 대한 벼와 피의 解剖形態的 反應差異. III. Propanil에 대한 反應差異. 韓 雜誌. 16 : 237-244.