

除草劑 新機能 作物品種 利用 雜草防除 技術

金吉雄* · 朴光鎬**

Weed Management Using a Potential Allelopathic Crop

Kim, Kil Ung* and Kwang Ho Park**

ABSTRACT

Allelopathic compounds as naturally occurring herbicide have originally reported from local vegetation since B.C. 300. These compounds are known as secondary plant metabolites which released from plants into the environment often attract or repel, nourish or poison other organisms. In recent, many natural plant allelochemicals be used to attempt to biologically or ecologically control weed among worldwide weed scientists. Some allelochemicals have also used as fungicides, insecticides, and nematocides, and were less than man-made agrochemicals to damage the global ecosystem. It makes efficient use of resources internal to the farm, relies on a minimum of purchased inputs. Some scientists selected for allelopathic activity when breeding weed-controlling cultivars of rice, sorghum, cucumber, sunflower etc. Thus, this paper is focused on allelopathic compounds isolated from cultivated crop with the high potential of prospective herbicides. The most environmentally acceptable and sustainable approach to utilization of allelopathy for weed control is to develop plant cultivars with proven allelopathic characteristics. In rice accessions, there are 60 cultivars/lines which have known as allelopathic activity and some of these cultivars control weed more less 90% within certain radius of activity. These accessions are originated from 15 countries including Korea, Japan, USA, India, Philippines, Indonesia, Laos, Taiwan, Afghanistan, Mali, Pakistan, Colombia, Egypt, China, and Dom. Rep. From these cultivars, the most common allelopathic compounds identified in rice are *p*-Hydroxybenzoic, Vanillic, *p*-Coumaric, and Ferulic acids. In addition, allelopathic lines of the following crop have shown inhibition of weed growth : beets(*Beta vulgaris*), lupin(*Lupinus spp.*), corn(*Zea mays*), Wheat(*Triticum aestivum*), oats (*Avena spp.*) peas(*Pisum sativum*), barley(*Hordeum vulgare*), rye(*Secale cereale*), and cucumber (*Cucumis sativus*). Thus, future allelopathy research must be designed its potentially phytotoxic properties and the ecotoxic features of the allelochemicals from release to degradation; its ecological sustainability, its allelopathic effect in early growth stages, and selectivity properties in combination with chemical stages, and selectivity properties in combination with chemical concen-

* 경북대학교 Kyungpook National University, Taegu 702-010, Korea

** 작물시험장 National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea

trations. Also, research approach in allelopathy might be screened for highly allelopathic germplasm collection of crops, the idea being to ultimately transfer this agronomic character into improved cultivars by either conventional breeding or other genetic transfer techniques.

I. 서 언

작물 및 식물에서의 제초제 신기능물질은 BC 300년부터 이미 알려진 Allelopathy 현상으로부터 출발한다. Allelopathy는 일반적으로 어떤 식물이 분비하는 대사물질이 다른 주변식물의 생장에 영향을 미치는 것으로 정의되고 있다. 그러나 최근까지 Allelopathy에 관한 연구결과 보고가 있지만 실용적인 이용분야는 매우 적은 편이며 이는 Allelochemicals의 작용성, 선택기작, 역가높은 물질의 동정·확인 등이 비교적 어렵기 때문이다.

따라서 지금까지 분리된 대부분의 Allelochemicals은 페놀성분으로 알려지고 있으며, 이들 성분은 자연조건에서는 농도가 매우 낮기 때문에 실질적인 이용에 어려움이 많은 편이다. 아울러 Allelopathy와 경쟁(Competition)을 포장조건에서 구별하기가 매우 어렵다. 그러므로 Allelopathy 연구는 실험실, 온실, 포장 등에서 각각 시험이 이루어져 Allelopathy 현상을 일반경합과 구별할 필요가 있다. 그러나 최근 세계 주요 벼 재배국가(미국, 일본, 한국, 필리핀, 이집트) 및 국제연구기관(IRRI 등)에서는 Allelopathy 특성을 지닌 벼품종 스크리닝 및 Allelochemical 분리·동정연구가 활발히 진행되고 있다. 즉 제초성 작물품종에 의한 생물·생태학적 잡초방제는 기존 인력, 물리적, 화학적 잡초방제 수단과는 달리 노동력이 매우 절감되며 생태계에 매우 안전한 환경보전·친화적 잡초방제법으로 알려지고 있어 많은 연구가 추진되고 있는 실정이다. 따라서 본고에서는 일반적인 생리활성 천연물의 생합성과 작용기작을 정리함과 아울러 최근까지 알려진 벼 품종의 제초활성 및 기타작물들의 Allelopathy 현상에 관한 연구결과를 종합 보고하고자 한다.

II. 생리활성 천연물의 생합성 및 작용기작

1. 천연물질의 생합성

지구상에 식생하고 있는 300,000 여종의 식물이 광합성 작용을 통하여 합성할 수 있는 대사산물은 20,000여종에 이른다고 하며¹⁶⁾, 매년 1,500여종의 물질이 식물체로부터 추출·분리되고 있으며 이 가운데 300여종은 생리활성을 가진 유용물질로 평가되고 있다¹⁾. 이들중 대체로 유용하다고 알려지고 있는 생리활성 천연물질은 2차 대사물질이고 이 물질은 1차 대사과정을 거쳐 생합성되며 식물의 생존에 필수적 구성성분은 아니다. 생리활성 천연물질은 Allelochemicals(상호억제작용성물질)로 알려지고 있으며, Allelopathy 즉 미생물을 포함한 모든 식물계에 일어나는 생화학적 상호작용에 의해 생성되는 것으로 알려지고 있다³³⁾. 천연물은 당(Sugars), 지방(Fatty acids), 아미노산(Amino acids) 등과 같이 모든 생물에 존재하고 성장하기 위한 기본대사에 관여하는 물질(1차 대사산물)과 Alkaloids, Terpenoids, Flavonoids 등과 같이 어느 특정생물에만 분포되어 있는 성분(2차 대사산물)으로 구별되어 진다. 상호억제작용성물질(Allelochemicals)의 식물체내에서 합성경로는 1차 대사의 중간대사물을 재료로 하여 2차 대사 기본경로에 의하여 생합성되는 것이다(그림 1). 특히 미생물이나 동물에서는 대부분의 최종 대사산물을 체외로 배설하지만 고등식물에서는 체내에 축적되어 있으므로 2차 대사산물은 대부분 식물성분이다. 따라서 지금까지 알려진 상호억제작용성 물질은 구조가 단순한 휘발성물질이나 지방족물질에서부터 여러 개의 환(環, Ring)이 복잡하게 얽혀진 방향족화합물에 이르는 다양한 화합물로 구성되어 있는 것으로 알려져 있다³⁸⁾. 또한 식물로부터 분리·동정된 상호억제작용성 물질

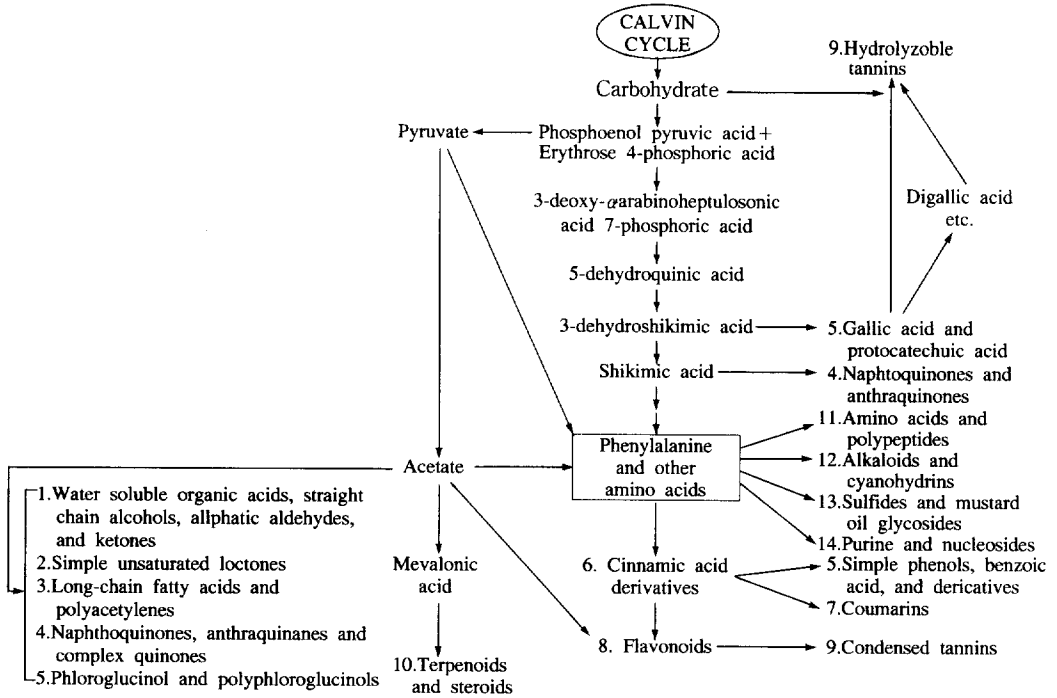


그림 1. 식물체내에서 상호억제작용성물질(Allelochemicals)의 합성경로

은 식물의 종자나 잔여물이 자연조건에서 분해될 때 유기산(Acetic, Citric, Malic, Tartaric acids)을 생성한다. 지금까지 알려지고 있는 주요한 상대억제작용성물질은 다음과 같다.

가. 페놀성물질(Phenolic compounds)

Phenol성 물질이란 일반적으로 수산기(-OH)가 하나 또는 둘 이상 치환된 방향족환을 가지고 있는 식물성분이다. 이들 물질은 당과 결합하여 배당체로서 존재하는 경우가 많으므로 보통 수용성이다. 자연에 존재하는 Phenol성 물질의 구조는 1,000가지 이상이 밝혀졌으며 Flavonoid가 대부분이나 단순한 Monocyclic phenol류, Phenyl propanoid류, Phenol성 Quinone류도 많이 알려져 있다. 한편 Lignin류, Melanin류 및 Tannin류 등도 Polyphenol성 물질이며 Protein, Alkaloid, Terpenoid에도 가끔 Phenyl 基가 발견되는 것이 있다. Chou⁵⁾는 대만에서 1,500m 이하 고도의 산간지방에 대나무(*Bambusa spp.*) 군락속에는 특이한 잡초식생을 보고하고 있다, 이 중 14개종 대나무의 Allelopathy 특성을 검정한 결과 몇몇 종은 매우 높은 상

대억제작용성을 나타내었다. 특히 대나무잎 조직에서 분리한 Allelochemicals은 Phenol성 물질로 밝혀졌으며 *o*-hydroxyphenylacetic, *p*-coumaric, *p*-Hydroxybenzoic, Ferulic, Vanillic, Syringic酸 등으로 알려졌다. 일반적으로 Phenol류 및 Phenolic酸은 식물성분을 분석할 때 함께 검출된다. *p*-hydroxybenzoic acid, Protocatechuic acid, Vanillic acid 및 Syringic acid 같은 Phenol류는 흔히 피자식물에 많이 함유되어 있다. Gallic acid는 목본식물에서 많이 발견되며 Catechol, Orcinol, Phloroglucinol 및 Pyrogallol은 단지 몇몇 식물에서만 존재하는 것으로 보고되고 있다. 한편 Flavonoid 또는 복합 Phenol류를 알칼리 분해하거나 환원분해 시키면 치환기의 종류에 따라 하나 또는 둘 이상의 단순 Phenol류 및 Phenolic acid를 생성한다.

나. Flavonoids

천연제초활성물질로 알려지고 있는 Flavonoid는 2개의 방향족환과 3개의 탄소로 이루어진 탄소15개로 된 일련의 C6-C3-C6 화합물이다. Flavonoid는 Shikimic acid 경로를 거쳐 생성된

C6-C3 화합물에 C2 단위가 3개 축합하여 생성된 것이다. Flavonoid는 식물계에 널리 분포되어 있으며 곡물, 야채, 과일 등 일상식품에 상당량이 들어 있으므로 현저한 생리활성을 기대할 수는 없으나 Poriolide 및 Isoporiotide 등은 포유동물에 독작용이 있는 것으로 알려져 있으며 Rotenone은 유명한 어독작용물질이다. Flavonoid는 Phenol성 물질이므로 알칼리로 처리하면 색상에 변화가 온다. 따라서 Chromatogram이나 용액중에서 용이하게 검출할 수 있다. Flavonoid는 식물중에서 일반적으로 당과 결합하여 배당체로 존재하며 한 식물에 있어서도 한 종류의 Flavonoid aglycone이 여러 종류의 배당체로 존재한다. 일반적으로 Flavonoid는 모든 유관속식물에 들어 있으며 Flavone 및 Flavonol은 여러 식물에 광범위하게 존재하나 Isoflavone 및 Biflavonoid는 단지 몇 개 과(科)에서만 발견된다.

한편 Chou 및 Yao⁶⁾는 Flavonoid 가운데 3'-hydroxyvitexin 및 유도체 등은 천연제조제로서

의 이용가치가 있다고 보고하고 있다. 표 1은 여러 가지 Flavonoid의 분포와 특성을 나타내었다.

다. Alkaloids

Alkaloid는 식물의 2차 대사산물 중에서 가장 종류가 많은 화합물로서 5,500 이상의 예가 알려져 있다. Alkaloid는 일반적으로 1개 이상의 질소원자가 포함된 고리를 가진 염기성물질을 의미한다. Alkaloid는 생합성 경로에 따라 아미노산이 탈탄산되어 생긴 Protoalkaloid, Polyketide 또는 Isoprenoid가 NH₃와 반응해서 생긴 염기성물질을 Pseudoalkaloid, 아미노산이 酸基를 손실하지 않고 염기성 물질로 유도된 것을 Imperfect alkaloid라고 한다.

한편 Ornithine, Lysine은 각각 Pyrolidine환, Piperidine환을 가진 Alkaloid의 전구물질이 된다. 일반적으로 Nicotiana속 식물에 들어있는 Alkaloid인 Nicotine의 Pyrolidine환은 Ornithine이 탈탄산되어 생긴 Putrescine을 거쳐 형성되며 Anabasin의 Piperidine환은 Lysine이 탈탄산되

Table 1. Distribution of flavonoids in higher plant and its characteristics

종 류	분 포	특 성
Anthocyanin	꽃이나 잎 또는 기타 조직의 색소로서 진홍색, 적색, 옅은 자주색과 청색을 띤다.	수용성, 가시부흡수극대치는 515nm에서 545nm이며 PC로 분리된다. 용매는 BAW.
Leucoanthocyanidin	심재와 관목식물의 잎에서 발견되며 주로 무색	조직을 2M-HCl로 0.5시간 가열하면 anthocyanidin이 된다.
Flavonol	푸른빛을 띠는 꽃, 잎에 존재. 주로 무색.	산 가수분해 후 Forestal chromatogram에서 UV하 노란색 반점을 나타낸다. UV흡수극대치는 350nm에서 386nm 사이이다.
Flavone	Flavonol과 같음	산 가수분해 후 Forestal chromatogram에서 희미한 갈색 반점을 나타낸다. UV흡수극대치는 330nm에서 350nm 사이이다.
Glycoflavone	Flavonol과 같음	보통 Flavone과 달리 수용성이다.
Biflavonoid	무색으로 나자식물에만 한정되어있다.	BAW chromatogram에서 희미하게 보이며 Rf치가 높다.
Chalcone과 Aurone	노란색 꽃의 색소이나 종종 다른 조직에서도 발견된다.	암모니아 증기를 쏘이면 적색으로 변한다. 가시부흡수극대치는 370nm에서 410nm 사이이다.
Flavanone	무색으로 잎이나 과실에 존재 (주로 Citrus 속에 많다).	Mg/HCl로 심적색을 띠고 때때로 쓴맛을 가진다.
Isoflavone	무색으로 뿌리에 존재. 콩과 식물에서만 발견된다.	PC로 분리된다. 용매는 H ₂ O. 특별한 정색반응은 없다.

Table 2. Alkaloid compounds founded in higher plant.

과(科)	예	대표적인 alkaloid	분류
쌍자엽식물			
협죽도과	<i>Vinca rosea</i>	ajmalicine	benzylisoquinoline
국화과	<i>Senecio jacobaea</i>	senecionine	pyrrolizidine
콩과	<i>Cytisus laburnum</i>	cytisine	quinolizidine
마전과	<i>Strychnos nux-vomica</i>	strychnine	
방기과	<i>Arcangelisia flava</i>	berberine	protoberberine
양귀비과	<i>Papaver somniferum</i>	morphine, codeine, thebaine	morphine
미나리아재비과	<i>Aconitum napellus</i>	aconite	diterpene
꼭두서니과	<i>Cinchona officinalis</i>	quinine	quinoline
	<i>Uragoga ipecacuanha</i>	emetine	emetine-type
운향과	<i>Skimmia japonica</i>	skimmianine	quinoline
가지과	<i>Solanum tuberosum</i>	solanine, chaconine	steroidal
	<i>Atropa belladonna</i>	atropine	tropane
	<i>Nicotiana tabacum</i>	nicotine	pyridine
단자엽식물			
수선화과	<i>Narcissus pseudonarcissus</i>	galanthamine, tazettine	
백합과	<i>Colchicum autumnale</i>	colchicine	tropolone

어 생긴 Cadaverine을 거쳐 형성된다. 이때 Pyridine환 부분은 Aspartic acid와 Glycerol에서 유래한다. Alkaloid는 지금까지 알려진 종류도 많으며 그 생물작용도 다양하다. 표 2는 대표적인 Alkaloid의 분포를 나타낸 것이다.

2. 주요 천연물질의 작용 기작

가. 세포분열 및 신장

상대역제작용성 물질의 세포분열 및 신장억제에 관여하는 물질로서는 Parasorbic acid, Coumarin, Scopoletin 등이 뿌리 유사분열을 저해하며 Umbelliferone은 뿌리 세포신장을 저해하는 것으로 알려져 있다²²⁾.

나. 유기산 합성

Cinnamic 및 Benzoic acid, Aldehydes는 Phenylalanine 합성을 저해한다. Cameron 및 Julian³⁾은 Cinnamic 및 Ferulic acids는 단백질 합성을 저해하며 50 μ M Catechin이나 Chlorogenic acids는 단백질합성과 관련되는 조직분화작용을 억제하는 것으로 보고하고 있다. 특히 단백질합성에는 Polyphenol함량의 중간대사물질 생성에 직·간접적으로 영향을 미치는 효소활성에 촉매역활을 하는 것으로 알려지고 있다. 또한 Ferulic acid는 수용성 지방산 합성을 촉진시키

며 유기산이나 수용성 아미노산 분해를 저해시킨다. 한편 Cinnamic acid는 수용성 아미노산 합성을 촉진하며 지방합성을 저해하는 것으로 알려지고 있다¹¹⁾.

다. 호르몬작용

제초성 천연물의 내성호르몬과의 상호작용으로서는 페놀성물질들이 IAA(Indoleacetic acid) 농도를 교란시키며 아울러 Chlorogenic, Cinnamic, Benzoic acids 등도 IAA 생합성에 관여하는 것으로 알려졌다. 특히 귀리(*Avena sativa* L.) 초엽과 콩(*Pisum sativum* L.) 조식을 페놀물질에 처리한 결과 Monophenol은 IAA decarboxylation을 촉진시키며 Polyphenol은 IAA 생합성을 증가시킨다⁴³⁾. 최근까지 많은 연구자들은 일반적으로 페놀성물질이 IAA에 생합성 촉진 또는 저해에는 크게 2그룹으로 분류하고 있다. 즉, Chlorogenic, Caffeic, Ferulic, Protocatechuic acids들은 IAA합성을 저해하며, *p*-Coumaric, *p*-Hydroxybenzoic, Vanillic, Syringic, Phloretic acids들은 IAA 산화제를 촉진시키는 것으로 보고하고 있다²⁷⁾. 또한, Polyphenols은 GA 합성을 저해하지만 몇몇 Polyphenol은 ABA 합성을 촉진시키는 것으로 알려지고 있다²⁶⁾. 한편, Coumarin, Ferulic, Gallic, Tannin, Cinnamic acids

은 10 μ M 농도에서도 ABA 생합성을 억제하며 Rutin, Morin, Quercetin, Chalcone은 1 μ M 농도에서도 억제시키는 것으로 알려지고 있다.

라. 효소작용

상대역제작용성물질은 식물체내의 대사물질 생합성·분해에 관여하는 효소작용에도 영향을 미친다. Phenols은 아미노산 생합성 효소인 Amylase 활성에 영향을 미치며 Jain and Srivastava²¹⁾는 Salicylic acid 10 μ M 저농도에서 옥수수 (*Zea mays L.*)의 Nitrate reductase 활성을 촉진시키지만 100 μ M 고농도에서는 활성을 크게 저하시키는 것으로 보고하고 있다. 한편, 대부분의 Caffeic 및 Gallic acids는 Phenylalanine ammonia-lyase 생성을 크게 억제시키는 것으로 알려지고 있다³⁹⁾.

이밖에 많은 allelochemicals은 Proteinase, Pectolytic 효소, Catalase, Peroxidase, Phosphorylase, Sucrase, Cellulase, Succinic dehydrogenase 등의 생합성 및 활성에 관여하는 것으로 알려지고 있다³⁶⁾.

III. 제초성 작물품종검정 및 이용

세계 주요 농업국가에서는 잡초방제 수단으로서 종래의 손제초에서 산업화로 인한 농촌 노동력의 양·질적 감소로 제초제에 의한 화학적 방제를 주로 하고 있다. 그러나 특정제초제의 과다 및 연용으로 작물에 대한 약해 또는 환경오염 등이 큰 문제점으로 알려지고 있어, 점차 환경보전형 잡초관리 수단을 연구하고 있는 실정이다. 특히 최근에는 선진 농업국가 및 국제연구기관에서도 잡초방제를 위한 Allelopathy 이용으로 효과적인 잡초관리 및 환경친화형 농업기술 개발에 많은 투자를 하고 있다. 한편 잡초방제를 위한 Allelopathy 이용은 최근까지 크게 4가지 방법이 알려지고 있다. 1. Allelopathy 특성을 지닌 식물 또는 작물을 동시에 심어서 잡초방제하는 방법, 2. Allelopathy 식물 또는 잡초를 이용 작부체계 및 토양잔존물 이용, 3. 유용한 Allelochemicals을 분리·동정에 의한 신제초제개발, 4. 제초성

작물품종 육성을 통한 잡초방제^{15,19)} 등이다. 이중 제초성 작물품종 육성에 의한 잡초방제는 최근 많은 국가에서 가장 바람직한 수단으로서 평가를 받고 있다. 따라서 최근까지 세계 주요국가에서 보고되고 있는 제초성 작물품종 육성 및 이용에 관한 주요 작물별 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

가. 벼 (*Oryza spp.*)

벼는 세계에서 가장 중요한 작물중의 하나이다. 더욱이 최근 벼 재배양식이 종래의 손이앙 또는 중묘기계이앙에서 어린모 또는 직파재배로 급속도로 변천하므로써 잡초의 발아 및 생장이 더욱 더 유리하여 잡초방제 수단이 점차 어려운 실정이다.

1) 벼 품종의 제초활성 검정

세계 주요 벼 재배국가 및 선진 연구기관에서는 제초성 벼품종(Allelopathic rice germplasm)을 이용한 생태적, 환경친화형 잡초방제 기술 개발에 많은 투자를 하고 있으며 지금까지 알려지고 있는 주요 제초성 벼품종은 표 3과 같이 61개 품종/계통이다³²⁾. 특히 미국 Arkansas 대학에서는 1988년 벼 계통 5,000종을 포장조건에서 제초활성 검정을 한 결과 이 중 191종(3.8%)이 활성을 보였고 1989년 또 다른 5,000종을 동일한 방법으로 검정한 결과 156종(3.1%)이 각각 논잡초(*Heteranthera limosa*)에 높은 제초활성을 보인 것으로 보고하고 있다^{12,13,14)}. 아울러 논잡초 *Echinochloa sp.*, *Ammania coccinea*, *Brachiaria platyphylla* 등에도 효과가 인정되었다. 이들 품종/계통(약 200종, 3.9%)들은 세계 27개국에서 유전자원을 수집하였으며 이 중 강한 제초성 벼품종을 공시하여 수종의 잡초발생 포장에 공시한 결과 *H. limosa*, *A. coccinea*, *Bacopa rotundifolia*는 72-95%의 높은 방제가를 보였다^{28,29)}. 특히 강한 제초성 벼 품종의 벼짚을 동시에 처리한 결과 참방동사니(*Cyperus iria*)방제에 공시 제초제와 비슷한 높은 방제가를 보였다. 더욱이 1992년 수생잡초방제를 위한 이들 유용 제초성 벼품종 38종을 공시한 결과 9종은 *A. coccinea*, *H. limosa*, *B. rotundifolia*에 대하여 근권 반경 37-48cm 주변 80%의

Table 3. Rice accessions with indicated allelopathic activity ; origin, testplant, and source

Germplasm	Origin	Test plant	Source
Arabi	Egypt	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hassan et al., 1994
Asominori	Korea	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Bala	India	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hassan et al., 1994
Bodat Mayang	Indonesia	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
Buramada	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
Canabongbong	Philippines	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
CiCA4	Colombia	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
Cuba 6558A	US	<i>Ammania coccinea</i>	Dilday et al., 1989b
Cuba 65V58	US	<i>Ammania coccinea</i>	Dilday et al., 1989b
DamNgo	Laos	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Dandzai	Pakistan	<i>Brachiaria platyphylla</i>	Dilday et al., 1989a
Deng Mack Tek	Laos	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Donolumi Kunluz	Afghanistan	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989b
Dular	India	<i>Cyperus diformis</i>	Hassan et al., 1994
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hassan et al., 1994
Geraldine	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Hokuriku 127	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
IET 1444	India	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hassan et al., 1994
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
India AC 1423	India	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991
IR 644 163 II	Philippines	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989a
IR 781-497-2-3	Philippines	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991
IR 1044-50	Philippines	<i>Ammania coccinea</i>	Dilday et al., 1989b
IR 1108-16-1	Philippines	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hassan et al., 1994
IR 2006-P3-33-2	Philippines	<i>Cyperus diformis</i>	Hassan et al., 1994
IR 41996-50-2-1-3	Philippines	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
IR 63429-23-1-3-3	Philippines	<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
JENA 015	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Jyukkoku	Japan	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
Kahei	Japan	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
Kim Rad F87	Unknown	<i>Cyperus diformis</i>	Hassan et al., 1994
Kouketsumochi	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
Kwansansack	Korea	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
Li Zi Hong	China	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Mack Kheua	Laos	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Mon 2 Wuan	China	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989a
Musashikogane	Japan	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
NATO/9209 Sal/ AROS/3NROS	US	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989a
Nepal No. 8	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
Nourin 29	Japan	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
NSSL 10/28 STF	US	<i>Heteranthera limosa</i>	Fujii, 1992
NSSL 10/28 STP 8	US	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991

Table 3. Continue

Germplasm	Origin	Test plant	Source
O. glaberrima	Mali	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
O. glaberrima TOG 8148	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Padi Kenikir Puti	Indonesia	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Phil MCVR	Philippines	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
Red Khosha Carma	Afghanistan	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989a
Rikuu 132	Japan	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989a
Sakha-2	Japan	<i>Brachiaria platyphylla</i>	Dilday et al., 1989b
Sathi	India	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hassan et al., 1994
Sekizan-HV	India	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Sekizan-HV	Japan	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Shuang-Chiang-30-21	Taiwan	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
Taichung Native 1	Taiwan	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
Takanenishiki	Japan	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
Tang Gan	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results
		<i>Cyperus iria</i>	Preliminary results
Tono Brea 439	Dom. Rep.	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989a
Tsai Yuan Chon	Taiwan	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1989a
T65/2x-TN-1	Philippines	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991
UNMO MGVR	Indonesia	<i>Brachiaria platyphylla</i>	Dilday et al., 1989b
UPR 82-1-7	Unknown	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hassan et al., 1994
Woo-Coo-Chin-Yo	Taiwan	<i>Heteranthera limosa</i>	Dilday et al., 1991
Yamayukata	Unknown	<i>Lactuca sativa</i>	Fujii, 1992
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Preliminary results

방제가를 각각 보였다. 이들 9 벼 품종은 일반 벼 품종에 비하여 뿌리 건물중이 6-9배 이상인 것으로 나타났다²⁹⁾. 한편 이들 제초성 벼 품종을 벼 직파재배에 공시한 결과 잡초건물중(*H. limosa*, *A. coccinea*, *B. rotundifolia*)이 27-98% 줄어들었다³⁰⁾. 아울러 일본에서는 제초성 벼 품종을 검정하기 위하여 189계통을 「Plant Box」 방법을 이용한 결과 24계통이 상처의 뿌리생장을 75% 억제하였다^{17,18)}. 이들 품종중 Tropical Japonica형 벼 품종들이 강한 제초활성을 보인 것으로 나타났으며, 아프리카 벼 품종 *Oryza glaberrima*도 강한 제초활성이 있었다. 한편 Japonica형 및 기존 재배품종 등은 매우 약한 활성을 보여 최근 개발 육성한 재배품종은 선 발과정을 통하여 Allelopathy 유전적 특성이 매우 약화된 것으로 추정하고 있다. 또한 국내에서도 '95년부터 작물시험장에서 세계 주요 제

초성 벼 품종 38종을 수집하여 포장시험을 수행한 결과 TONO BREA 439, CICA4, TANG GAN 등이 우수한 것으로 나타났으며(표 4), 시험포장의 주요 발생 잡초는 피, 물달개비, 여뀌, 올방개, 가막사리, 너도방동사니, 독새풀, 나도겨풀 등인 것으로 알려졌다³⁵⁾. 또한 이집트에서도 1994년 벼 품종 300계통을 공시하여 포장조건에서 제초활성을 스크리닝한 결과 6계통이 피(*E. crus-galli*)에 대해서 근권 반경 10-13cm 내에서는 매우 효과적이었으며²⁰⁾ 20~70%의 방제가를 보였다. 한편 벼 품종 Dular는 알방동사니(*Cyperus difformis*)에 대하여 80%의 높은 방제가를 보였으며, 온실시험에서는 피(*E. crus-galli*)를 90% 방제하는 품종이 5종이었고 3품종은 알방동사니에 대하여 90% 방제가를 각각 보였다. 또한 조직배양 실험에서도 벼와 콩의 캘루스를 동시에 처리하였을 때 콩의 세

Table 4. Effect of allelopathic rice germplasm on weed control

Germ-plasm	Weed control			Germ-plasm	Weed control			Germ-plasm	Weed control		
	35 DAT ¹	15 DAT ²	35 DAT ²		35 DAT ¹	15 DAT ²	35 DAT ²		35 DAT ¹	15 DAT ²	35 DAT ²
AR1	39.0	4	7	AR15	44.9	3	2	AR29	52.6	4	8
2	1.5	5	8	16	44.9	4	2	30	47.1	4	8
3	8.2	6	9	17	55.5	4	2	31	72.8	3	3
4	48.9	7	9	18	49.7	4	3	32	71.3	3	5
5	40.5	6	7	19	30.9	4	4	33	72.1	3	6
6	29.8	5	5	20	58.9	3	3	34	50.0	3	8
7	57.4	5	7	21	54.1	3	2	35	43.1	4	9
8	29.5	4	2	22	75.0	3	6	36	31.3	4	9
9	62.2	4	3	23	4.1	5	8	37	62.5	4	8
10	51.5	3	4	24	53.0	4	8	38	0	4	8
11	29.5	3	3	25	62.2	3	7	Check	-	5	8
12	47.5	4	4	26	67.3	3	5	(Hwasung-			
13	76.5	4	3	27	53.0	6	9	byeo)			
14	46.7	4	3	28	59.2	5	8				

¹ : Based on dry weight(%)

² : Rating scale(0-9) 0 : 100%, 9 : 0%

AR 1 : TAICHUNG NATIVE 1
 AR 3 : TSAI YUAN CHOU1
 AR 5 : TAKANENISHIKI
 AR 7 : KAHEI
 AR 9 : TONO BREA 439
 AR11 : DAM NGO
 AR13 : CICA 4
 AR15 : SATHI
 AR17 : ASIMINORI
 AR19 : IR 50363-61-1-2-2
 AR21 : MUSASHIKOGANE
 AR23 : MOROBEREKAN
 AR25 : DINORADO
 AR27 : NEPAL NO.8
 AR29 : BURAMADA
 AR31 : TANG GAN
 AR33 : PSBRC 10
 AR35 : SEKIYAMA
 AR36 : JIKKOKU/JUKKOKU
 AR38 : IET 1444

AR 2 : WOO CO CHIN YU
 AR 4 : NORIN 29
 AR 6 : CANABONGBONG
 AR 8 : SHUANG-CHIANG-30-21
 AR10 : MACK KHEUA
 AR12 : DENG MAH TEK
 AR14 : BODAT MAYANG
 AR16 : DAUDZAI
 AR18 : IR 52341-60-1-2-1
 AR20 : IR 41996-50-2-1-3
 AR22 : SANGHAEHANGHEYLNA
 AR24 : SPEAKER
 AR26 : IR 63429-23-1-3-3
 AR28 : JENA 015
 AR30 : YAMAYUTAKA
 AR32 : KOUKETSUMOCHI
 AR34 : DULAR
 AR35 : SEKIYAMA
 AR37 : UPR82-1

포생장이 크게 억제되는 것으로 나타나, 벼 Callus 조직에서도 휘발성 저해물질이 생성되는 것으로 나타나 벼 Callus 조직으로부터 휘발성 저해물질이 생성되는 것으로 추정하고 있다⁴⁴⁾. 대만에서는 야생벼(*Oryza perennis*)를 이용 allelopathy 특성을 검정하였다⁷⁾. 24종의 야생도를 공시한 결과 *O. perennis*가 양배추의 뿌리생장을 68% 억제하는 것으로 보고하고 있다.

2) 벼 잔존물의 제초활성

벼짚 잔존물에 의한 벼 수량감소에 대한 보고는 많은 편이다^{8,41,42)}. Chou and Lin은 벼짚 분해실험을 온실에서 수행한 결과 혐기 및 호기성 조건하에서 생육억제물질이 검출되었으며, 처리후 4주에서 가장 높은 생육 저해가 있었다. 한편 포장시험에서는 벼의 뿌리생장이 크게 억제되었으며 암갈색 및 비정상 세포신

장을 보였다⁴⁾. 일반적으로 대만에서는 벼 수확 후 포장에 버려진 벼짚 분해과정에서 벼 수량이 25% 까지 떨어지는 것으로 보고되고 있다. 아울러 벼짚에 의한 다른 작물 즉 귀리, 밀, *Lens sp.*, *Convolvulus arvensis*, *Phalaris minor* 등의 발아억제에 관한 보고도 알려져 있다^{41,42,45)}. 이러한 결과는 벼짚 잔존물에 의한 후작물 생육은 주로 지상부보다 지하부 생장이 크게 억제되는 것으로 알려지고 있다. 이는 토양 속에 분해되어있는 생육억제물질이 뿌리에 직접 접촉되거나 종자 속의 저장양분이 지상부의 잎, 줄기로 이동되는 것을 차단하기 때문인 것으로 추정된다.

3) 벼의 제초성물질 동정

일반적으로 모든 식물은 2차 대사물질을 생성한다. 지금까지 알려지고 있는 벼 제초성물질로서는 벼짚이 분해될 때 생성되는 Ferulic, p-Coumaric, Vanillic, p-Hydroxybenzoic, o-Hydroxyphenylacetic acids는 벼의 뿌리생장을 억제시키며 $10^{-4}M$ 농도에서도 상치의 뿌리생장을 억제시키는 것으로 알려지고 있다³¹⁾. 한편 Chou 등⁷⁾의 연구에 의하면 *O. perennis* 등 24종의 야생도에서 9종의 페놀물질이 검출되었으며, Gallic acid는 모든 공시 야생도에서 발견되었다. 한편 표 5는 재배도(*Oryza sativa*) 및 야생도(*Oryza perennis*)에서 알려진 유용한 allelochemicals 이다.

나. 해바라기 (*Helianthus spp.*)

해바라기(*Helianthus spp.*)는 일반적으로 Allelopathy 특성을 지니고 있으며 autotoxicity에 의한 자체 생장억제현상이 있는 것으로 알려지고 있다. 특히 오래 전부터 *H. scaberrimus* 품종의 서식지에서는 "fairy ring"(주변 반경내 잡초 및 타식물 발생억제 현상)이 형성된다고 알려져 있다⁹⁾. 또한 다른 해바라기 품종들은 수확후 지상부 잔존물에 의해 후작 작물들의 생육에 크게 억제작용을 하는 것으로 보고하고 있다¹⁰⁾. 한편 재배종 해바라기의 수용성 잎 추출물질은 수분평형을 교란시키며 수수(*Sorghum*)종자의 발아 및 생장을 저해시킨다⁴¹⁾. 아울러 이들 품종은 잡초발생을 제어하는 것으로 알려졌다²⁴⁾.

또한 Leather²⁵⁾는 해바라기 품종의 수용성 추출액은 *Brassica kabera*의 발아를 저해하였으며 생육 또한 75%까지 억제시키는 것으로 보고하였다. Park³⁴⁾은 해바라기(*H. annuus*)의 근 분비물은 무(*Raphanus sativus*), 피(*E. colona*), 벼의 발아 및 생장에 영향을 주었으며, 이 분비물에 함유된 allelochemicals은 대부분 Phenol로써 Hydroquinone, β -resorcylic, Vanillic, Caffeic, Salicylic, Quercetin, Genticic, Ferulic acids 등인 것으로 밝혀졌다. 또한 해바라기 종자의 수용성 추출물에서 분리한 분획에서 강한 제초활성을 보였다.

다. 수수 (*Sorghum spp.*)

수수의 줄기 수용성 추출액은 무, 밀, 벼의 종자발아 및 생육을 저해하며 공시 잡초 중에서도 *Ipomoea triloba*, 피(*E. colona*), *Rottboellia cochinchinensis*의 발아 및 생장에도 억제작용을 하는 것으로 나타났다²³⁾. 한편 수수의 잎, 줄기, 뿌리 수용성 추출액은 피(*E. colona*) 및 무의 발아 및 생장을 크게 저해시켰으며 줄기부분이 가장 높은 영향을 미쳤다. 아울러 수수의 지상부 잔존물을 이용한 온실시험에서도 피 및 무의 발아 및 생장을 크게 저해하였으며 가장 강한 억제작용을 보인 줄기의 수용성 조추출물질을 TLC 및 HPLC를 이용 분획·분석한 결과 1-methyl-1-(2-propynyl)-hydrazine, 1-aziridineethanol, 5-chloro-2-pentanone, 2-(methylseleno)ethanamine 등으로 밝혀졌다.

라. 호밀 (Rye)

호밀(*Secale cereale*)의 지상부 잔여물이 분해되는 과정에서 담배(*Nicotiana spp.*)를 재배한 결과 담배유묘의 호홉장애가 밝혀졌으며³⁶⁾ 토양 pH도 무처리 6.4-6.6에서 5.3-5.8로 떨어졌으며, O₂ 흡수는 128에서 45 μ l로 각각 줄어들었다.

한편 잔존물 처리후 26일까지 공시한 상치의 뿌리생장이 무처리에 비해 크게 줄어들었으며 26일 이후에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 호밀(Winter rye)은 가장 유용한 Allelopathic 멀칭작물로서 이용하고 있다²⁾. 일반적으로 호밀 잔존물은 광엽잡초 발생억제에

Table 5. Potential allelochemicals found in rice and wild rice

Compound	Found in	Source
<i>p</i> -hydroxybenzoic acid	Decomposing straw	Chou & Lin, 1976 ; Chou et al., 1977 ; Chou, 1986
	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Leaf and stem(<i>O. perennis</i>)	Chou et al., 1991
	Rice soil	Wu, Liu & Chao, 1976
	Rice soil	Chou & Chou, 1979
Vanillic acid	Decomposed straw	Chou & Lin, 1976 ; Chou et al., 1977 ; Chou, 1986
	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Leaf and stem(<i>O. perennis</i>)	Chou et al., 1991
	Rice soil	Wu, Lie & Chao, 1976a,b
	Rice soil	Chou & Chou, 1979
<i>o</i> -hydroxyphenylacetic acid	Decomposed straw	Chou & Lin, 1976 ; Chou et al., 1977 ;
	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Rice soil	Chou & Chiou, 1979
Ferulic acid	Decomposed straw	Chou & Lin, 1976 ; Chou et al., 1977 ; Chou, 1986
	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Leaf and Stem(<i>O. perennis</i>)	Chou et al., 1991
	Rice soil	Chou & Chiou, 1979
Benzoic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
Salicylic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
Protocatechuic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Leaf and straw(<i>O. perennis</i>)	Chou et al., 1991
β -resorcylic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
Caffeic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
Sinapic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
Gallic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Leaf and stem	Chou et al., 1991
Gentisic acid	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
Syringic acid	Rice soil	Chou & et al., 1979
	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Decomposed straw	Chou et al., 1991
	Leaf and stem(<i>O. perennis</i>)	Chou et al., 1991
	Rice soils	Wu et al., 1976
<i>m</i> -coumaric acid	Leaf and stem(<i>O. perennis</i>)	Chou et al. 1991
<i>o</i> -coumaric acid	Leaf and stem(<i>O. perennis</i>)	Chou et al., 1991
<i>p</i> -coumaric acid	Decomposed straw	Chou & Lin, 1976 ; Chou et al., 1977 ; Chou. 1986
	Straw	Kuwatzuka & Shindo, 1973
	Leaf and stem(<i>O. perennis</i>)	Chou et al., 1991
	Rice soil	Chou & Chiou, 1979

매우 효과적이며, 화분과 잡초에도 효과가 있지만 다년생잡초에는 영향이 없는 것으로 알려졌다. 특히 무경운 채소재배 포장에서 호밀을 멀칭할 경우 무치리에 비하여 잡초발생량이 95%까지 경감시켰다. 아울러 Yu⁴⁶⁾ 등은 호밀 수용성 추출물을 이용 조지배양실험에서 공시잡초의 발아, 지상부생장을 크게 저해하였으며 GC를 이용 페놀물질을 분석한 결과 Salicylic, Hydroxybenzoic, Vanillic, Syringic,

Coumaric, Ferulic acids 등으로 각각 밝혀졌다. 마. 기타

Allelopathy 및 제초성 작물로서 보고되었거나 가능성이 높은 작물로서는 벼, 해바라기, 수수, 호밀이외에도 밀, 보리, 귀리, 오이, 옥수수, 루핀, 사료작물, 야생마늘, 겨자, 완두 등이 있으며, 향후 이들 작물에 대한 Allelopathy 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

IV. 맺음말

작물에서 제초성 신기능 물질은 대부분 2차 대사산물이다. 따라서 작물이 생합성한 유용 신기능물질을 추출·분리하여 스크리닝할 수 있는 정확한 방법과 작물 내에서도 품종간의 활성 차이 등을 구명할 수 있는 기술이 요구된다. 그러므로 Allelopathy 연구는 여러 분야의 전문가들이 공동으로 해결해야 할 부분이 많다. 따라서 잡초학자는 이와 관련된 식물생리학자, 식물생화학자, 미생물학자, 육종가 및 유전학자, 토양학자들과 공동으로 연구할 필요가 있다. 특히 자연조건에서의 Allelochemical 농도는 매우 낮기 때문에 토양처리 및 토양관리방법에 세심한 주의가 요구된다. 더욱이 토양 속에서의 allelochemical의 행적, 적정농도, 분해정도 등을 고려해야 한다. 아울러 많은 작물 품종 및 계통가운데 유용한 제초성 품종을 스크리닝하기 위해서는 효율적인 검정기술 확립이 선행되어야겠다. 일반적으로 Allelopathy는 Polygene 특성을 지니므로 RFLP와 같은 유전자 지도작성 이용기술도 유용하리라 생각된다.

V. 참고문헌

1. Allan, E.J. and M.W. Fowler. 1985. Biologically active plant secondary metabolites-perspectives for the future. *Chemistry and Industry*. P.408-410.
2. Barns, J.P. and A.R. Putnam. 1986. Evidence of allelopathy by residues and aqueous extracts of rye(*Secale cereale* L.). *Weed Science* 34 : 384-390.
3. Cameron, H.J. and G.R. Julian. 1980. *J. of Chem. Ecol.* 6 : 989.
4. Chou, C.H. 1987. Allelopathy in sustainable agriculture in Taiwan. *In Proceedings of the 11th Asian Pacific Weed Science Society Conference, Taipei, Republic of China*. P.1-

- 11.
5. Chou, Chang-Hung. 1995. Allelopathic compounds as naturally occurring herbicides. *In Proceedings I (A) of the 15th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Tsukuba, Japan*. P.154-159.
6. Chou, C.H. and C. Yao. 1983. Phytochemical adaptation of coastal vegetation in Taiwan. I. Isolation, identification and biological activities of compounds in *Vitex negundo*. *Bot. Bull. Academia Sinica* 24 : 155-168.
7. Chou, C.H., F.J. Chang, and H.I. Oka. 1991. Allelopathic potentials of wild rice *Oryza perennis*. *Taiwania*. 36(3) : 201-210.
8. Chou, C.H. and H.J. Lin. 1976. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soils. *J. of Chemical Ecology* 2(3) : 353-367.
9. Cooper, H.C. and A.D. Stoesz. 1931. The subterranean organs of *Helianthus scaberrimus*. *Bull. Torrey Bot. Club* 58 : 67-72.
10. Curtis, J.T. and G. Cottam. 1950. Antibiotic and autotoxic effects in prairie sunflower. *Bull. Torrey Bot. Club*. 77 : 187-191.
11. Danks, M.L., J.S. Fletcher, and E.L. Rice. 1975a. *Am. J. Bot.* 62 : 311.
12. Dilday, R.H., P. Nastasi, and R.J. Smith Jr. 1989a. Allelopathic observations in rice(*Oryza sativa* L.) to ducksalad(*Heteranthera limosa*). *In Proceedings of the Arkansas Academy of Science*. P.21-22.
13. _____ . 1989b. Potential allelopathic activity of rice (*Oryza*) germplasm. *In Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the Southern Weed Science Society*. P.261.
14. _____ . 1991. Allelopathic activity in rice(*Oryza sativa* L.) against Ducksalad(*Heteranthera limosa*(sw.) Willd.). *In Proceedings of the Symposium for Sustainable Agriculture for the Great*

- Plains, USDA. P.193-201.
15. Duke, S.O. 1985. Biosynthesis of phenolic compounds-chemical manipulation in higher plants. The chemistry of allelopathy : Biochemical interactions among plants(Ed. A.C. Thompson). 113-131.
 16. Fowler, M.W. 1984. Commercial application and economic aspects of mass plant cell culture. Plant Biotechnology. S.H. Mantell and Smith, ed. P.3-39.
 17. Fujii, Y. 1992. The potential biological control of paddy weeds with allelopathy-allelopathic effect of some rice varieties. *In* Proceedings of the International Symposium on Biological Control and Integrated Management of Paddy and Aquatic Weeds in Asia. P.305-320.
 18. _____. 1993. The allelopathic effect of some rice varieties. *In* Allelopathy in control of paddy weeds. P.1-6. Technical Bulletin No. 134. ASPAC Food & Fertilizer Technology Center.
 19. Gliessman, S.R. 1982. Allelopathy and biological weed control in agroecosystems. *In* Proceedings of the Seminar on Allelochemicals and Pheromones. 77-86.
 20. Hassan, S.M., A.N. Rao, A.O. Bastawisi, and I.R. Aidy. 1994. Weed management in broadcast seeded rice in Egypt. *In* Proceedings from and International Workshop on : Constraints, Opportunities and Innovations for Wet-seeded Rice, 31 May-3 June 1994, Bangkok, Thailand.
 21. Jain, A. and H.S. Srivastava. 1981. *Physiol. Plant.* 51 : 339.
 22. Jankay, P. and W.H. Muller. 1976. *Am. J. Bot.* 63 : 126.
 23. Kim Sang Yeol. 1992. Allelopathic activity and isolation of a phytotoxic compound in sorghum(*Sorghum vulgare* PERS.). University of the Philippines, Ph.D. Thesis. P.82.
 24. Leather, G.R. 1983a. Weed control using allelopathic crop plants. *J. Chem. Ecol.* 9 : 983-989.
 25. Leather, G.R. 1983b. Sunflowers(*Helianthus annuus*) are allelopathic to weeds. *Weed Sci.* 31 : 37-42.
 26. Lee, T.T. 1980. *Physiol. Plant.* 50 : 107.
 27. Lee, T.T., A.N. Starratt, and J.J. Jevnikar. 1982. *Phytochemistry.* 21 : 517.
 28. Lin, J., R.J. Smith Jr, and R.H. Dilday. 1992a. Comparison of allelopathy and herbicides for weed control in rice. *In* Proceedings of the 24th Rice Technical Working Group. P.127.
 29. _____. 1992b. Allelopathic activity of rice germ plasm on weeds. *In* Proceedings of Southern Weed Science Society. 45 : 99.
 30. _____. 1994. Biological control of weeds. *Weed Science Society Abstract.* 34 : 48.
 31. McPherson, J.K., C.H. Chou, and C.H. Muller. 1971. Allelopathic constituents of the chaparral shrub *Adenostoma fasciculatum*. *Phytochemistry.* 10 : 2925-2933.
 32. Olofsdotter, M., D. Navarez, and K. Moody. 1995. Allelopathic potential in rice(*Oryza sativa* L.) germplasm. *Ann. appl. Biol.* 127 : 543-560.
 33. Molisch, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere-Allelopathic. Fischer, Jena.
 34. Park Kwang Ho. 1991. Allelopathic activity and potential natural herbicide from sunflower (*Helianthus annuus* L.). University of the Philippines, Ph.D. Thesis. P.132.
 35. 박광호 · 이문희. 1996. 살초성벼 품종 이용 논잡초방제 가능성 연구. 한국잡초학회지 16권 별책 1호. P.21-23.
 36. Patrick, Z.A. and L.W. Koch. 1958. Inhibition of respiration, germination, and growth by substances arising during the decomposi-

- tion of certain plant residues in soil. *Can. J. Bot.* 36 : 621-647.
37. Rice E.L. 1984. *Allelopathy*. 2nd ed., Academic, Orlando, FL.
 38. Rice E.L. 1985. *Allelopathy-An overview, chemically mediated interactions between plants and other organisms*. G.A., Cooper-Drivere et. al. ed. Plenum publishing cooperation.
 39. Sato, T., F. Kiuchi, and U. Sankawa. 1982. *Phytochemistry*. 21 : 845.
 40. Schon, M.K. and F.A. Einhellig. 1982. Allelopathic effects of cultivated sunflower on grain sorghum. *Bot. Gaz.* 143 : 506-510.
 41. Tamak, J.C., S.S. Narwal, L. Singh, and M. Ram 1994. Effect of aqueous extracts of rice stubbles and straw+stubbles on the germination and seedling growth of *Convolvulus arvensis*, *Avena ludoviciana* and *Phalaris minor*. *Crop Research* 8(1) : 186-189.
 42. Tamak, J.C., S.S. Narwal, L. Singh, and I. Singh. 1994. Effect of aqueous extracts of rice stubbles and straw+stubbles on the germination and seedling growth of wheat, oat, berseem and lentil. *Crop Research* 8(1) : 180-185.
 43. Tomaszewski, M. and K.V. Thimann. 1996. *Plant Physiol.* 41 : 1443.
 44. Yang Y.S. and Y. Futsuhara. 1991. Inhibitory effects of volatile compounds released from rice callus on soybean callus growth : allelopathic evidence observed using *in vitro* cultures. *Plant Science* 77 : 103-110.
 45. Young, C.C., L.R. Zhu Thorne, and G.R. Waller. 1989. Phytotoxic potential of soils and wheat straw in rice rotation cropping systems of subtropical Taiwan. *Plant and Soil*. 120 : 95-101.
 46. Yu, Chang-Yeon, E.H. Kim, and Jang-Hyun Hur. 1995. *In vivo* and *in vitro* system for bioassay of allelopathic substances in rye(*Secale cereale* L.). *In Proceedings I(A) of 15th Asian-Pacific Weed Science Society Conference*. Tsukuba, Japan. P.321-325.