

## 생분해성 생리활성물질 5-aminolevulinic acid의 제조 및 살충활성

천 상 옥\*

광주과학기술원 창업기술지원센터 (주)캐리스

요약 : 5-Aminolevulinic acid (ALA)는 protoporphyrinogen IX oxidase(Protox IX)의 작용기작에 의해 tetrapyrrole 의존형 광활성 제조제 또는 살충제로서 제안되어 왔다. 본 연구는 생분해성 생물농약 물질로서 ALA에 대한 식물과 해충의 생육반응을 검토하기 위해 수행되었다. 수도적 조건에서 ALA는 벼와 피 두 초종에 대해 독성을 보였으며 벼보다는 피의 초장과 지상부 생체중을 더 억제하였다. 밭 조건에서 두과작물 콩과 화분과 잡초 바랭이에 5 mM ALA를 처리한 결과 바랭이가 더 민감한 생육반응을 보였다. ALA 10 mM(10배액)로 파밤나방에 대한 살충효과는 살포법으로 처리한 결과 단계 및 합성 살충제 lufenuron과의 조합처리에서 다소 높게 나타났다. leaf disk법으로 응애에 대한 살비효과를 검정한 결과 10 mM ALA 처리 후 72시간에 가장 높게 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 ALA는 비록 그 활성이 기존의 합성농약보다 낮을지라도 농업 유해생물에 대해 잠재적인 제조 및 살충활성을 갖고 있는 것으로 나타났다. (2007년 2월 1일 접수, 2007년 3월 16일 수리)

색인어 : 5-aminolevulinic acid, 광활성, 제조 활성, 살충 활성, 생분해성.

### 서 론

델타아미노레브린산(5-aminolevulinic acid, ALA)는 인간, 동식물 및 미생물의 체내에서 각 엽록소, heme, bacteriochlorophyll 및 vitamin B<sub>12</sub> 유사물질과 같은 tetrapyrrole 생합성 과정의 중간대사물질로서 알려져 있다. 최근 ALA는 인축과 작물에 유해하지 않으면서도 잡초와 곤충에 대해 억제작용을 발휘하는 생분해성 농약일 뿐만 아니라 암에 대해 광활성 치료용(PDT; photodynamic therapy) 약물로서 많은 관심을 받고 있다(Rebeiz *et al.*, 1984). 또한 매우 낮은 농도에서는 여러 작물들의 생육과 수량을 촉진시키며(Tanaka *et al.*, 1992; Hotta *et al.*, 1997a and b; Roy and Vivekanandan, 1998) 면화와 같은 작물의 내염성을 증진시킨 것으로 보고되고 있다(Watanabe *et al.*, 2000). ALA는 보통 복잡한 공정을 통해 화학적으로 합성되기 때문에 값비싼 비용이 소용된다. 따라서 저렴한 비용이 소요되는 미생물을 이용한 생물학적 생산이 제안되어 왔다(Duke 등, 1991). 미생물 또는 인축에 있어서 ALA는 보통 glycine과 succinate로부터 ALA 합성효소(ALAS)에 의해 생합성된다. 그러나 ALA dehydratase(ALAD)는 ALA 두 분자가 porphobilinogen(PBG)로 축합하는 것을 촉매한다. 미생물학적 생산에

서 ALA의 축적을 증대시키기 위해 tetrapyrrole 생합성 경로에서 ALAD의 경쟁적인 억제제인 levulinic acid(LA)를 배지에 첨가해야만 한다(Dailey, 1990).

ALA는 tetrapyrrole 의존형 광활성제조제(TDPH)로 명명되었는데 ALA를 처리하면 녹색식물의 엽록소(Chl)와 heme 대사경로의 중간대사물질인 tetrapyrrole이 필요 이상의 양으로 축적하게 되는데 광 조건 하에서 축적된 tetrapyrrole은 DPE계 제조제처럼 일중항 산소를 형성시켜 식물체의 세포막을 과산화시키므로써 식물체를 고사시킨다고 알려졌다(Rebeiz *et al.*, 1984). ALA를 새로운 제조제로 개발하기 위해서 암 조건(처리후 암치상기간)에서 처리된 식물체를 다량의 tetrapyrrole의 생합성과 축적을 유도하기 위하여 2,2'-dipyridyl과 같은 엽록소 생합성을 위한 활성제와의 혼합사용을 시도하고 있다. 후속되는 광노출 기간 동안에 축적된 tetrapyrrole은 강력한 광활성제로서 작용하여 감수성 식물을 수 시간 내에 고사시키게 된다고 한다(Rebeiz *et al.*, 1984).

ALA는 chlorophyll 생합성 과정에서 최초의 속도 제한 단계이며 통상적으로 식물체내에는 50 nmol g FW<sup>-1</sup> 이하의 매우 낮은 수준으로 ALA가 유지되고 있다(Weinstein과 Beale, 1985).

ALA는 TDPH(Tetrapyrrole-dependent photodynamic herbicide)형 제조제(Rebeiz 등, 1984)로 분류된다. ALA

\* 연락처

를 처리한 식물에서는 protoporphyrin, Mg-protoporphyrin 및 protochlorophyllide 같은 몇 가지 chlorophyll 중간대 사물이 비정상적으로 높게 축적되어 진다(Sundqvist, 1969; Matsumoto 등, 1994). 과잉 축적된 tetrapyrrole 화합물은 일정기간 암조건에서 관리한 후 광조사를 실시하면 광산화 효과에 의해 산소와 반응하여 일중항 산소( $^1O_2$ )가 생성된다(Rebeiz 등, 1984). 이 일중항 상태의 산소는 강력한 산화제로서 자유라디칼 연쇄반응에 의해 쌍자엽식물(주로 잡초)의 세포막에 존재하는 불포화 지방산으로 구성된 인지질을 산화시켜 식물의 세포막을 파괴하여 1~4시간내에 잡초를 치명적 이게 만든다. 이러한 작용기작은 해충에 대한 살충효과도 마찬가지로 활성을 보인 것으로 보고되고 있다(Rebeiz 등, 1984와 1988).

살충효과에 있어서 Rebeiz 등(1984와 1988)은 *Trichoplusia ni*의 유충에 ALA+2,2'-dipyridyl과의 조합 처리로 유충에 divinyl protoporphyrin IX의 축적으로 인해 광 조사에 의해 살충효과를 증명한 바 있다. 이로 인하여 광역화적인 화합물은 많이 연구되고 있으며(Towers와 Arnason, 1988), 실제 상업적으로 이용되고 있는(Duke 등, 1991) diphenyl ether 같은 가능성 있는 제초제로 주목을 받아 왔다(Johnson 등, 1978).

이에 본 연구에서는 생분해성 광활성 생리활성물질로 알려진 ALA를 공시하여 검정식물의 제초활성과 주요 해충에 대한 살충활성을 검토하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험용 화합물

공시되는 화학물질 ALA(m.w. 181.6)는 *Bradyrhizobium japonicum*으로부터 분리된 유전자 *heme A*를 과압하여 만들어 *E.coli*로부터 미생물학적으로 대량 생산된 것(Choi 등, 1999)을 Evirongen社로부터 제공 받았고 시판되고 있는 합성제품 ALA는 Sigma (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다. 또한 공시된 살충제 lufenuron(상품명; 파밤탄)은 5% 유제로서 (주)영일케미컬(대전)로부터 구입하여 사용하였다.

### ALA에 대한 벼와 피의 생육반응 차이

실제 포장살포로 각 입지별, 즉 경작지에서 적정 처리량을 정하고 잡초방제 효과와 작물에 대한 생육 및 약해를 검토하고자 파종 후 15일 된 벼와 피에 각각 0, 5, 10, 15, 그리고 20 mM 농도의 ALA를 처리하였고 대표적 비선택성 경엽제초제 paraquat을 1 mM

농도의 용액을 분무 처리한 후 초장 및 생체중을 비교 조사하였다.

### ALA에 대한 콩과 바랭이의 생육반응 차이

콩은 파종 후 30일 째 (바랭이 초장, 20 cm 내외) ALA를 0, 5, 10, 15, 그리고 20 mM 농도로, 대조 제초제 paraquat를 1 mM 농도로 처리하여 처리 후 5일 째와 10일 째에 콩의 약해를 달관평가하고 초장과 생체중을 측정하였고 0.25 m<sup>2</sup>내의 발생 초종별 개체수와 생체중을 측정하였다. 측정된 자료는 무처리에 대한 상대적 백분율로 환산하여 결과를 분석하였다. 주요한 우점초종은 바랭이이었고 그 외에 강아지풀, 쇠비름, 여뀌, 망초 등이 발생하였다.

### 파밤나방에 대한 ALA의 살충효과

ALA의 살충제로서의 가능성을 검토하기 위해 파밤나방과 점박이응애를 대상으로 ALA의 단계 처리와 기존 살충제와의 혼합처리의 효과를 시험하였다. 파밤나방 2~3령기의 유충 30마리를 petri dish에 각각 담고 인공사료를 넣어준 후 ALA와 lufenuron을 각각 농도별로 희석하여 스프레이 처리하였다.

한쪽은 처리 후에 16시간 암상태에 보관 후 광에 노출하여 조사하였다. 상승효과를 알아보기 위해 lufenuron을 1,000배, 2,000배, 4,000배로 하고 ALA는 10배를 각각 혼합하여 살충효과를 알아보았다. 약효는 처리 후 1일, 2일, 3일째까지 조사하였으며 3반복 시험하였다. 생사 판별은 파밤나방이 움직임이 없거나 유충체가 말라가고 있는 개체를 죽은 것으로 간주하였다.

### 점박이응애에 대한 ALA의 살비효과

점박이응애 약제 독성 시험 방법으로 leaf disk법을 사용하였고 암컷성충의 살비효과는 강낭콩을 2 x 2 cm로 잘라 물에 적신 탈지면이 깔린 petridish에 놓고 그 위에 점박이응애 암컷 성충을 30마리씩 집중한 후 30분정도 정착시킨 다음 약제 농도별로 25 cm거리에서 hand spray로 5초 동안 spray한 후 음건시켰다. 처리한 petri-dish는 상온에 보관하면서 1일, 2일, 3일 후에 살비율을 조사하였다.

ALA의 활성을 높이기 위해 처리 직후 16시간동안 암처리하고 이후 광이 있는 사육실에 옮겨 놓았다. 생사판별은 해부현미경하에서 붓끝으로 충체를 접촉하여 몸길이정도를 이동하지 못한 개체를 죽은 것으로 간주하였다.

**결과 및 고찰**

**ALA에 대한 벼와 피의 생육반응 차이**

1-2엽기 벼와 피에 대한 ALA의 처리 효과를 그 ALA의 처리 농도가 증가할수록 무처리에 비해 생장이 크게 감소되었다. 1-2엽기 ALA에 대한 벼와 피의 생육반응에서 초장과 생체중은 벼보다는 피가 더 크게 감소되었다(그림 1).

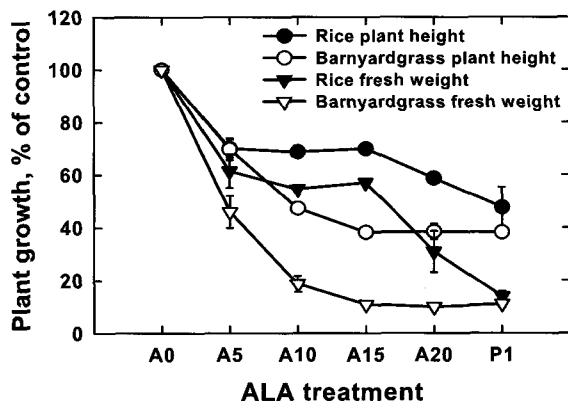


Fig. 1. Effects of ALA on plant height and shoot fresh weight of rice and barnyardgrass at 1-2 leaf stage (15 days after seeding).

ALA 20 mM를 경엽 처리 후 10일째 따른 직파벼와 피의 초장은 각각 40%와 60% 내외로 감소되는 반면 생체중은 이보다 더 높은 각각 65%와 90% 감소를 보였다. 건담을 제외한 전 재배양식에서는 ALA에 대해 벼보다 피가 더 민감한 것으로 나타났다. 벼와 피 간의 선택성은 기본적으로 없는 것으로 판단되며 같은 화분과이면서도 tetrapyrrole 함량에 있어서 축

적 정도의 차이에 기인한 것으로 생각된다(Rebeiz 등, 1988).

**ALA에 대한 콩과 바랭이의 생육반응 차이**

콩은 경엽처리 후 20일 제에 15 mM까지 약해는 없었으나 최고농도 20 mM 처리에서 초장과 생체중에 대해 각각 6%와 9%로 경미한 약해를 보였다. 반면에 화분과 잡초 바랭이는 5 mM 농도 처리에서 0.25 m<sup>2</sup>내의 총 개체수와 생체중이 각각 53%와 83% 억제되었고 20 mM 처리에서는 각각 96%와 99% 억제를 보여 완벽한 방제율을 보여 주었다. 한편 대조구로 paraquat을 처리한 콩과 바랭이의 생육은 완전 억제되어 고사되었다(표 1). Rebeiz 등(1984)과 천(2003)에 의하면 두과작물 콩은 화분과와 같은 타작물에 비해 내성이 큰 것으로 보고되었으며 본 연구에서도 콩과 바랭이는 뚜렷한 선택활성을 보여 일치된 결과를 나타냈다. 그러나 Rebeiz 등(1984)은 그의 연구 결과에서 광활성 제초물질인 ALA는 식물종, 기관 또는 연령에 따라 그 감수성과 선택성 정도를 달리하는데 몇몇 광엽잡초들은 감수성을 보였으나 옥수수, 밀, 보리 및 귀리에서는 내성을 보였다는 보고가 있었다. 따라서 콩과 바랭이의 선택성 차이는 광엽작물과 화분과 잡초종간의 선택성의 차이라기보다는 나중에 보고된 Rebeiz 등(1988)이 언급한 바 있는 식물종간의 테트라피롤 조성분의 함량차이나 흡수 및 이행량의 차이로 고려해 볼 필요가 있다고 본다.

**피방나방에 대한 ALA의 살충효과**

Lufenuron은 단제로 파밤나방에 낮은 살충율을 보여 1,000배액 처리 후 3일제에 70%, 2,000배액에서는

Table 1. Effect of ALA on growth of soybean and hairy crabgrass at 20 days after application

Treatment (mM)	Crop growth <sup>1</sup>		Weeding efficacy <sup>2</sup>	
	Plant height (cm)	Shoot fresh weight (g)	No. of individuals	Fresh weight (g)
	- soybean -		- hairy crabgrass -	
ALA 0	33.4(100) <sup>3</sup>	10.8(100)	34.3(100)	74.6(100)
5	36.7(110)	11.3(105)	16.2( 47)	12.5( 17)
10	35.2(105)	10.5( 97)	7.5( 22)	8.3( 11)
15	33.5(100)	10.6( 98)	3.5( 10)	3.8( 5)
20	31.5( 94)	9.8( 91)	1.3( 4)	0.4(0.5)
Paraquat 1	0.0( 0)	0.0( 0)	0.0( 0)	0.0( 0)

<sup>a)</sup>Plant height and fresh weight per soybean plant.

<sup>b)</sup>Number of individuals and fresh wight of hairy crabgrass per 0.25 m<sup>2</sup>.

<sup>c)</sup>Values in parenthesis represent % of untreated control.

Table 2. Insecticidal effect of ALA, lufenuron (LUF) and their combination on *Spodoptera exigua*

Light	Chemical (folds)		Insecticidal activity (%)		
			1 DAA <sup>a)</sup>	2 DAA	3 DAA
L/L <sup>b)</sup>	ALA	× 10	26.7±1.9	55.6±7.2	90.0±5.1
		× 50	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
D/L <sup>c)</sup>	ALA	× 10	33.3±1.9	77.8±2.9	100.0±0.0
		× 50	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
L/L	LUF	× 1,000	31.1±2.9	42.2±2.9	70.0±3.8
		× 2,000	16.7±1.9	28.9±1.1	40.0±3.3
		× 4,000	3.3±3.3	7.8±2.9	21.1±1.1
L/L	ALA+LUF	10+1,000	28.9±1.1	71.1±2.2	97.8±1.1
		10+2,000	6.7±3.3	33.3±3.3	46.7±6.7
		10+4,000	10.0±5.8	10.0±5.8	23.3±3.3
D/L	ALA+LUF	10+1,000	44.4±2.9	92.2±2.9	100.0±0.0
		10+2,000	23.3±3.3	35.6±2.9	53.3±1.9
		10+4,000	3.3±3.3	10.0±5.8	33.3±6.7

<sup>a)</sup>DAA: day(s) after treatment.

<sup>b)</sup>L/L: light exposed under the natural sunlight ranged from 1000 to 1500 mol photons  $m^{-2} s^{-1}$  to elicit photodynamic damage, without post-spray dark incubation period, after ALA application.

<sup>c)</sup>D/L: exposed under the natural sunlight ranged from 1000 to 1500 mol photons  $m^{-2} s^{-1}$  to elicit photodynamic damage, with post-spray dark incubation period for 16hrs, after ALA application.

40% 정도의 살충율을 각각 나타냈다(표 2). ALA는 10배액(10 mM)의 고농도에서 lufenuron 1,000배액보다 높은 살충효과를 보여 90% 살충율을 보였고 16시간 동안의 살포후암치상기간(PSDIP; post-spray dark incubation period)을 경과하여 광에 노출할 경우 그렇지 않을 경우보다 10% 활성이 증가되어 100% 살충율을 나타냈다(표 2).

한편 lufenuron과 ALA 10배액(10 mM)과 lufenuron을 혼합하여 살포한 결과 암치상 후 광조사를 한 경우가 그렇지 않을 경우에 비해 2일째는 21%, 3일째는 3% 증가된 각각 92%와 100%의 살충율을 보여 단제보다 그다지 높은 상승효과를 보이지는 않았다(표 2).

Rebeiz 등 (1988)도 ALA 30 mM나 2,2'-dipyridyl 30 mM 각각 단제의 살충율이 각각 26%와 41%보다 높은 90%로 나타났고, tetrapyrrole Proto IX의 축적량에서도 각각 2.5와 15.5 보다 높은 80.4 nmol 100mg protein<sup>-1</sup>으로 나타나 단제 보다 두 약제의 혼합처리가 상승효과를 보였음을 보고한 바 있다.

#### 점박이용애에 대한 ALA의 살비효과

점박이용애에 대해서는 파밤나방에 비해 높은 살충율을 보였으며, 점박이용애에 ALA 10배 처리는 암치

리를 여부에 관계없이 높은 살비율을 나타내어 3일째에 100%이었으며, 50배 처리에서는 69% 살비율을 보였으며 암치리 조건에서 약간 더 높은 10배 처리에서는 100%와 50배 처리에서는 10배 처리보다 17% 높은 86%의 살비율을 보여 PSDIP가 있을 때 더 효과적인 활성을 보인 것으로 나타났다(표 3). Rebeiz 등 (1988)은 ALA 30 mM 이상에서 *Trichoplusia ni*의 유충에 처리했을 때 90%이상의 살충율보다는 더 높은 활성을 보였다.

비록 고농도의 처리가 요구되고 있으나 다른 합성 농약과의 상호작용의 연구를 통해 사용량의 감량화에 기여할 것으로 본다. 또한 ALA를 이용한 살충효과는 특정 대사단계에 관여하여 효력을 나타내는 기존의 살충제와는 다른 작용기작을 갖고 있으므로 환경 친화적 살충제로서의 활용 가능성이 있다고 사료된다.

결론적으로 ALA 생산적 측면에서 앞으로 이물질을 생산하는 유망한 균주를 선발하고 선발균주를 가지고 생물공학적으로 생산을 최대화시키고 상품화시키는 기술이 앞으로 요구된다. 여기에는 ALA가 PBG로 전환되는 경로를 차단하는데 저해제로 쓰이는 LA (levulinic acid)가 세포생장의 안전성에 영향을 주고 있으므로 이를 대체하는 저해제의 선발이 또한 필요

Table 3. Insecticidal effect of ALA on *Tetranychus urticae*

Light	ALA (folds)	Insecticidal activity(%)		
		1 DAA <sup>a)</sup>	2 DAA	3 DAA
L/L <sup>b)</sup>	× 10	97.8±2.22	100.0±0.00	100.0±0.00
	× 50	31.1±4.44	61.1±2.94	68.9±2.22
	× 100	8.9±2.22	22.2±5.88	23.3±5.09
	× 200	0.0±0.00	0.0±0.00	0.0±0.00
D/L <sup>c)</sup>	× 10	92.2±4.01	100.0±0.00	100.0±0.00
	× 50	35.6±2.22	62.2±4.84	85.6±4.01
	× 100	16.7±1.92	27.8±1.11	38.9±2.94
	× 200	1.1±1.11	4.4±2.22	4.4±2.22

<sup>a)</sup>DAA: day(s) after treatment.

<sup>b)</sup>L/L: light exposed under the natural sunlight ranged from 1000 to 1500 mol photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> to elicit photodynamic damage, without post-spray dark incubation period, after ALA application.

<sup>c)</sup>D/L: exposed under the natural sunlight ranged from 1000 to 1500 mol photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> to elicit photodynamic damage, with post-spray dark incubation period for 16hrs, after ALA application.

하다고 본다.

제조활성 면에서는 화분과에 대해 높은 반면 광엽에 대해서는 낮은 경향을 보이기는 하였으나 기본적으로 비선택성을 나타낸 바 비농경지나 과수원용 경엽처리로서 가장 큰 효과를 기대할 수 있었고, 1~4엽기의 어린 식물을 5~20 mM의 고농도로 일정한 보조제가 함유된 제형이 개발되면 기대이상의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

ALA는 protoporphyrinogen IX oxidase(Protox IX)의 작용에 의해서 분명한 제조활성을 갖는 유망한 생물제조제로서 뿐만 아니라 반대적인 급부인 생분해성 식물생장조절제로서의 개발 가능성이 잠재되어 있어, 작물의 약해경감 및 약효증대 기술, 그리고 ALA 대량생산 기술개발 등과 같은 후발 연구개발이 이루어진다면 더 좋은 성과를 거둘 것으로 기대된다. 특히 ALA를 비선택성 발생 후 경엽처리제로서 적절한 partner와 보조제를 혼합하여 적은 약량으로 고효율(high throughput) 약제로 개발한다면 친환경농법에 합당한 제조제 및 살충제의 대체수단으로 각광을 받을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 논문은 2002년도 농림부(ARPC) 지원(202051-02-2-HD110)에 의하여 수행되었으며 이에 감사를 드립니다. 또한 전남대학교 잡초방제학교실 연구원 동료들의 기술지원과 협력에 감사드립니다.

## 인용문헌

- Chereskin, B. M. and P. A. Castelfranco (1982) Effects of iron and oxygen on chlorophyll biosynthesis. 2. Observations on the biosynthetic pathway in isolated etiochloroplasts. *Plant Physiol.* 69:112~116.
- Choi, C., B. S. Hong, H. C. Sung, H. S. Lee and J. H. Kim (1999) Optimization of extracellular 5-aminolevulinic acid production from *Escherichia coli* transformed with ALA synthase gene for *Bradyrhizobium japonicum*. *Biotech. Letters.* 21:551~554.
- Chon S. U. (2003) Herbicidal activity of  $\delta$ -aminolevulinic acid on several plants as affected by application methods. *Korean J. Crop Sci.* 48:50~55.
- Chon S. U., S. Jung, H. O. Boo and S. K. Han (2006) Natural photodynamic activity of 5-aminolevulinic acid produced by an *E. coli* overexpressing ALA synthase from *Bradyrhizobium japonicum*. *Korean J. Crop Sci.* 51:356~361.
- Dailey, H. A. (1990) Biosynthesis of heme and chlorophylls. McGraw-Hill Publishing Co. New York, USA, pp.594.
- Duke, S. O., J. Lydon, J. M. Becerril, T. D. Sherman, L. P. Lehn and H. Matsumoto (1991) Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. *Weed Sci.* 39:465~473.
- Hotta, Y., T. Tanaka, H. Takaoka, Y. Takeuchi and M.

- Konnai (1997a) New physiological effects of 5 aminolevulinic acid in plants: the increase of photosynthesis, chlorophyll content, and plant growth. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61:2025~2028.
- Hotta, Y., T. Tanaka, H. Takaoka, Y. Takeuchi and M. Konnai (1997b) Promotive effect of 5-aminolevulinic acid on the yield of several crops. *Plant Growth Regulation* 22:109~114.
- Johnson, W. O., G. E. Kollman, C. Swithenbank and R. Y. Yih (1978) RH-6201 (blazer): A new broad spectrum herbicide for postemergence use in soybeans. *J. Agric. Food. Chem.* 26:285~286.
- Matsumoto, H., Y. Tanida and K. Ishizuka (1994) Porphyrin intermediate involved in herbicidal action of  $\delta$ -aminolevulinic acid on duckweed. *Pestic. Biochem. Physiol.* 48:214~221.
- Rebeiz, C. A., A. Montazer-Zouhoor, H. J. Jopen and S. M. Wu (1984) Photodynamic herbicides: Concept and phenomenology. *Enzyme Microb. Technol.* 6:390~401.
- Rebeiz, C. A., J. A. Juvik and C. C. Rebeiz (1988) Photodynamic insecticides I. Concept and phenomenology. *Pesticide Biochem. Physiol.* 30:11~27.
- Roy, C. B., and M. Vivekanandan (1998) Role of aminolevulinic acid in improving biomass production in *Vigna catjung*, *V. mungo*, and *V. radiata*. *Biologia Plantarum* 41:211~215.
- Sundqvist, C. (1969) Transformation of protochlorophyllide, formed from exogenous  $\delta$ -aminolevulinic acid in continuous light and flashlight. *Physiol. Plant* 22:147~156.
- Tanaka, T., K. Takahashi, Y. Hotta and Y. Takeuchi (1992) 5-Aminolevulinic acid as plant growth stimulator. *Eur. Pat. App. EP* 541~776.
- Towers, G. H. N. and J. P. Arnason (1988) Photodynamic herbicides. *Weed Technol.* 2:545~549.
- Watanabe, K., T. Tanaka, Y. Hotta, H. Kuramochi and Y. Takeuchi. (2000) Improving salt tolerance of cotton seedlings with 5-aminolevulinic acid. *Plant Growth Regulation* 32:99~103.
- Weinstein, J. D. and S. I. Beale (1985) Enzymatic conversion of glutamate to  $\delta$ -aminolevulinic acid in soluble extracts of the unicellular green alga, *Chlorella vulgaris*. *Arch Biochem Biophys.* 239:454~464.

---

**Herbicidal and Insecticidal Potentials of 5-Aminolevulinic acid, a Biodegradable Substance**

Sang-Uk Chon\* (*Callus Co. Ltd., TBI Center, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju 500-712, South Korea*)

**Abstract :** ALA (5-aminolevulinic acid) has been proposed as a tetrapyrrole-dependent photodynamic herbicide and insecticide by the action of the protoporphyrinogen IX oxidase (Protox IX). The present study was conducted to determine growth responses of plant and insects to ALA, biodegradable biopesticidal substance. In the paddy condition experiment, plant height and shoot fresh weight of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) was more reduced by ALA than rice plants, even though both plant species show great phytotoxicity. Hairy crabgrass (*Digitaria sanguinalis*), a monocot weed, was more sensitive to ALA at 5mM under upland condition when ALA applied on the foliage, compared with soybean (*Glycine max*) as a dicot crop. ALA solutions were tested for their insecticidal and larvicidal activities against *Spodoptera exigua* (Hubner) and *Tetranychus urticae* Koch. by foliar application and leaf-dipping method. The result showed higher insecticidal activity of ALA at 10mM and its mixture with insecticide luferon against *S. exigua*. Strongest insecticidal activity against *T. urticae* was observed from the ALA solution at 10mM 72 days after application. This results show that ALA solution had potent herbicidal and insecticidal activities against agricultural pests even though their activities were lower than those of synthetic pesticides.

Key words : 5-aminolevulinic acid, biodegradable, herbicidal and insecticidal activities, photodynamic.

---

\*Corresponding author (Fax : +82-62-971-6815, E-mail : chonsu@lycos.co.kr)