

酚酸與牧草萃取液對於萵苣種子與牧草扦插 苗生長的影響⁽¹⁾

謝文彰⁽²⁾⁽⁴⁾ 蔡文福⁽³⁾

收件日期：95 年 3 月 30 日；接受日期：95 年 7 月 15 日

摘要

本研究的目的在探討酚酸與盤固草 A254 (*Digitaria decumbens* Stent.)、印度藍莖草 A70 (*Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf) 牧草萃取液對於萵苣種子發芽與牧草扦插苗生長的影響。試驗結果摘要如下：

不同苯酸類酚酸以 syringic acid 對萵苣種子發芽抑制能力最大；不同肉桂酸類酚酸以 caffeic acid 對於萵苣種子發芽及幼苗生長的抑制能力最大。不同苯醯化合物以 *p*-hydroxybenzaldehyde 對於種子發芽抑制力較大；苯酸類除草劑 dicamba 對於萵苣種子發芽與幼苗生長的抑制能力大於 α -chlorobenzoic acid。

不同苯酸類以 vanillic、*p*-hydroxybenzoic 及 salicylic acid 對盤固草之扦插苗的抑制力最大。不同肉桂酸類以 ferulic acid 對於盤固草扦插苗發根的抑制力最大；對於印度藍莖草，則以 caffeic acid 的毒性最大。苯醯化合物以 saligenin 抑制盤固草與印度藍莖草根生長的的效果最大。

盤固草與印度藍莖草之水溶萃取液均能抑制萵苣種子發芽與幼苗生長的生長。盤固草甲醇萃取液（經 NaOH 處理）對萵苣種子發芽的抑制力較印度藍莖草大；萃取液未經 NaOH 處理者，對於種子發芽並不影響。

關鍵詞：盤固草、印度藍莖草、酚酸、發芽、扦插苗生長。

(1) 行政院農委會畜產試驗所研究報告第 1346 號。

(2) 行政院農委會畜產試驗所恆春分所。

(3) 前台灣大學農藝系教授。

(4) 通訊作者。E-mail: wchsieh@mail.tlri.gov.tw

緒言

許多研究報告指出，植物在生育過程中，會釋放有毒物質如酚酸、低脂肪酸、類黃素、植物鹼等化合物，這些物質大多屬於植物次階代謝產物。禾本科植物一般均以酚酸型式存在細胞壁的組成分中（Hartley and Ford, 1989）。酚酸經由揮發、淋洗、分解或根分泌的方式而累積在土壤中，對臨近植物或自身生長造成影響（Rice, 1984）。

Peter（1968）發現由高狐草根與葉的水溶萃取液，對於油菜（rape, *Brassica napus*）及鳥足三葉草（birdsfoot trefoil, *Lotus corniculatus*）的種子發芽及幼苗生長具有毒害作用。此外，苜蓿（*Medicago sativa* L.）水溶萃取液可抑制白茅的生長（Abdul-Rahman and Habib, 1989）；胡椒草（pepper weed, *Lepidium virginicum*）與小麥稈之萃取液對於高狐草、球三葉草（ball clover, *Trifolium incarnatum*）、*Sericea*（*Lespedeza cuneata*）、*Kobe lespedeza*（*Lespedeza striata*）與水稻等根的生長亦具有抑制作用（Bieber and Hoveland, 1968）。高狐草、義大利黑麥草與短大麥三種寒帶牧草之莖葉的水萃取液，對於苜蓿與義大利黑麥草種子的發芽與幼苗的生長具有抑制的作用（Simth and Martin, 1994）。由分解的稻稈所萃取之 *p*-hydroxybenzoic、vanillic、*p*-coumaric、ferulic 及 *p*-hydroxyphenylacetic acids 對萵苣（lettuce, *Lactuca sativa*）及水稻種子的發芽有毒害效果（Chou and Lin, 1981）。

Blue grama（*Bouteloua gracilis*）與西方小麥草（western wheatgrass, *Agropyron smithii*）新鮮植體或枯腐殘體之萃取液可抑制本身與水牛草（*Cenchrus ciliaris*）種子的發芽與幼苗的生長，且新鮮植體萃取液之毒性大於枯腐殘體（Bokhari, 1978）；玉米、大豆及兩者混合的殘枝，其萃取液對於玉米種子發芽與幼苗的生長亦有抑制的作用（Martin *et al.*, 1990）。

作物連作的障礙，大多由於植物體所分泌的酚酸化合物累積於土壤中所致，例如苜蓿（Read and Jensen, 1989; Nakahisa *et al.*, 1993）、蘆筍（*Asparagus officinalis*）（Young, 1984）及盤固草（Chou, 1989）所分泌之酚酸有自毒現象，故不適合連作。剪股穎屬（*Agrostis*）所含benzoic 與 cinnamic acid 的種類與羊茅屬（*Festuca*）混植之牧草地，對於後作白三葉草地之建立具有干擾作用（Norrington-Davies and Buckeridge, 1994）。

不同植物所含的酚酸種類與含量不盡相同，許多禾本科作物如燕麥（*Avena sativa*）、小麥（*Triticum aestivum*）、高粱（*Sorghum bicolor*）及玉米（*Zea mays*）之植株殘體，含有 ferulic、*p*-coumaric、syringic、vanillic 及 *p*-hydroxybenzoic 五種酚酸，其中以 *p*-coumaric 及 vanillic 對於小麥與玉米種子發芽及幼苗生長的毒害較大（Guenzi and McCalla, 1966; Guenzi *et al.*, 1967）。

盤固草等 12 種亞熱帶禾本科牧草之水溶萃取液可抑制萵苣種子發芽，利用紙色層分析法檢析出 2 ~ 7 種酚酸物質，且其種植後的土壤中亦含有相同的酚酸物質（Chou and Young, 1975）。克育草含有 8 種酚酸物質，可利用克育草有效抑制雜草的蔓延，但不會影響林木的生長（Chou *et al.*, 1989）。比較盤固草、鋪地黍及白茅三者萃取液毒性的size，以鋪地黍毒性最大，白茅最小，三種禾草含有 7-9 種酚酸物質，其中以 ferulic acid 含量最高（Chou and Lee, 1988）。盤固草不同品系間毒性的size，因種植地區不同而有所差異，且不同品系間所含的酚酸種類及含量亦有差異（Liang *et al.*, 1983; Chou, 1989）。

一般而言，酚酸濃度大於 1 mM 時，對植物生長有抑制作用，當濃度小於 1 mM 時，某些酚酸反而促進植物生長（Flaig, 1968）。Ferulic、caffeic 及 chlorogenic acid 在 100 μ M 時，蘿蔔發芽率顯著降低（Lodhi, 1979）；Cinnamic acids 濃度大於 100 μ M 與 *p*-hydroxybenzoic、vanillic 及 *p*-coumaric acid 濃度大於 640 μ M 時，會抑制水稻生長（Chandram *et al.*, 1973; Shindo *et al.*, 1978）；*p*-Hydroxybenzoic acid 濃度在 6.4 μ M 時，會延遲小麥、玉米及大豆的生長，濃度提高至 1.92 mM

時，則上述測試植物完全停止生長（Wang *et al.*, 1967）；Coumarin、hydrocinnamic acid、juglone 及 procatechol 在 10 μ M 時對蘿蔔發芽率沒有顯著影響，在 1 mM 時即抑制或延遲種子發芽（Williams and Hoagland, 1982）。

上述文獻顯示土壤環境中不乏酚酸之存在，並且不同牧草之植物相剋潛能均值得深入探討，因此本試驗目的在探討酚酸與盤固草、印度藍莖草植體之萃取液，對萵苣種子與牧草扦插苗生長的影響，以期提供牧草栽培管理之參考。

材料與方法

I. 植物材料：

使用農友公司所生產的萵苣種子（嫩莖萵苣，品種名為帥透）與盤固草及印度藍莖草的扦插苗為材料，檢定各種酚酸對種子及扦插苗萌芽之抑制大小。

II. 種子發芽及扦插苗發根率檢定：

(i) 參試藥品：

1. 苯酸之種類包括 syringic, vanillic, protocatechuic, salicylic, *p*-hydroxybenzoic, β -resorcylic, 及 *m*-hydroxybenzoic acid 等七種。
2. 肉桂酸之種類包括 caffeic, ferulic 及 *p*-coumaric acid 三種。
3. 苯酸類除草劑 dicamba (3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid) 及 α -chlorobenzoic acid。
4. 其他鹼性酚化合物有 salicin, hydroquinone, saligenin 及 *p*-hydroxybenzaldehyde 四種。上述參試的各種酚類化合物均購自 Sigma Chemical Co.，Dicamba 為美國 Sandoz 農藥公司所贈送，各種藥品均分別配成 0.1、1.0 及 10 mM 水溶液。

(ii) 牧草萃取液：

1. 盤固草與印度藍莖草甲醇萃取液（謝及蔡，1998），置真空迴轉抽氣裝置中抽乾，溶於 4 ml 的二次蒸餾水，再以二次蒸餾水稀釋 20 與 80 倍。
2. 盤固草與印度藍莖草之水溶萃取液：取烘乾（80℃，24小時）之莖葉，磨成 1mm 大小的粉末，取 20g 樣品加 180ml 之二次蒸餾水，置於 50℃ 之水浴振盪器，振盪 24 小時後，過濾，濾液以水稀釋 100、33 及 20 倍。

(iii) 種子發芽檢定：

在培養皿（內徑 9cm）內置 Whatman No.1 濾紙，加入 3.5 ml 藥品之水溶液或萃取液，另以 3.5 ml 蒸餾水作為對照組。萵苣種子 50 粒以方形均勻排列培養皿內，每一處理二重複，置於 20℃ / 15℃（日/夜），無光照之培養箱中，三天後調查種子發芽率與測定胚根及胚軸長度。

(iv) 牧草扦插苗發根率檢定：

盤固草與印度藍莖草之扦插苗 30 cm，預留兩片葉，以三支扦插苗置於 25 cm 之試管中，每一試管添加 20 ml 參試藥品水溶液或萃取液，以鋁箔紙包裹試管，置於 30℃ / 25℃（日/夜），每天照光 12 小時（光照強度為 6,000 lux）之生長箱中，一星期後調查發根率與測定根長及根數。

(v) 統計方法：

試驗採完全隨機設計（CRD），並以最低差異顯著標準值（LSD）測驗處理間之差異顯著性。

結果

I. 不同酚酸及其衍生物對於萵苣種子發芽及幼苗生長的影響

表 1 顯示七種苯酸類酚酸中，以 syringic acid 對於種子發芽抑制能力最大，濃度為 0.1 mM 時，發芽率只有 29%；其次為 vanillic acid，發芽率為 41%，再次為 protocatechuic acid，發芽率為 81%。其他種類的苯酸對於萵苣種子發芽抑制效果不大，發芽率在 91~95 % 之間。隨著苯酸濃度的增加，其抑制發芽的能力提高，當濃度提高為 10 mM 時，種子幾乎全不發芽。

不同苯酸類酚酸 syringic、vanillic、protocatechuic 及 salicylic 在較低濃度下 (0.1 mM)，對於萵苣上胚軸的生長有促進的效果。濃度為 1 mM 時，salicylic acid 對於胚根生長的抑制能力最大，其長度只有對照者的 23.5 %，其次為 vanillic 及 *m*-hydroxybenzoic acid，各為對照者之 31.9 與 35.3 %，再次為 resorcylic、syringic 與 *p*-hydroxybenzoic acid，各為對照者之 56.0 %，63.8 % 與 64.0 %。對於上胚軸生長的影響，則以 resorcylic 與 *m*-hydroxybenzoic acid 的抑制能力最大，其長度只有對照的 44 % 及 46 %；其他苯酸依次為 salicylic、*p*-hydroxybenzoic、syringic 與 vanillic acid。隨著濃度增加，抑制上胚軸生長的能力愈強，濃度達 10 mM 時，上胚軸幾乎完全停止生長。

不同肉桂酸類酚酸對於萵苣種子發芽及幼苗生長的影響，以 caffeic acid 的抑制能力最大 (表 2)，濃度達 1 mM 時，發芽率只有 1 %，而 ferulic 及 *p*-coumaric acid 的發芽率尚有 86 % 與 79 %。隨著濃度增加，抑制發芽率的效果愈大，濃度達 10 mM 時，種子幾乎全不發芽。

不同肉桂酸類酚酸 caffeic acid 在 0.1 mM 濃度下，有促進萵苣胚根及上胚軸生長的效果，ferulic acid 則可促進上胚軸的生長。但濃度達 1.0 mM 時，caffeic acid 完全抑制胚根及上胚軸的生長，ferulic 與 *p*-coumaric acid 處理，胚根的長度只有對照者之 13 % 及 19 %；至於對上胚軸的生長，*p*-coumaric 較 ferulic acid 的抑制效果為強，前者只有 27 %，而後者有 81 %。濃度增加為 10 mM 時，則完全抑制胚根及上胚軸的生長 (表 2)。

不同苯醌化合物以 *p*-hydroxybenzaldehyde 對於萵苣種子發芽稍有抑制力，由表 3 顯示，濃度達 10 mM 時，尚有 75 % 的發芽率。其他 salicin、hydroquinone 與 saligenin 對發芽率完全沒有影響，濃度達 10 mM，發芽率均在 94 % 以上。

苯醌化合物 saligenin 與 *p*-hydroxybenzaldehyde 在 1.0 mM 時，可促進胚根的生長，濃度降為 0.1 mM 時，*p*-hydroxybenzaldehyde 促進胚根生長效果更為明顯，其長度較對照組長 55 %。Salicin 與 hydroquinone 對於胚根的毒性較大，在 0.1 mM 時，可抑制胚根生長 18 % 及 7 %，且隨著濃度增加，抑制的效果愈大。苯醌濃度達 10 mM 時，則以 *p*-hydroxybenzaldehyde 的毒性最大，其抑制胚根生長達 85 %，其次為 saligenin、salicin 與 hydroquinone，抑制效果分別為 56 %、36 % 與 30 %。四種苯醌化合物在低濃度下 (0.1 及 1.0 mM) 可促進上胚軸的生長，濃度提高至 10 mM 時，以 *p*-hydroxybenzaldehyde 的毒性最大，其上胚軸生長只有對照者之 28 %，其他三種則尚有 92 % 以上的生長 (表 3)。

二種苯酸類除草劑 dicamba 與 α -chlorobenzoic acid 對於萵苣種子發芽與幼苗生長，由表 4 顯示，低濃度 (0.1 及 1.0 mM) 對於萵苣種子發芽並無影響，發芽率仍達 92 % 以上。在高濃度 (10 mM) 下，則幾乎完全抑制發芽。對於胚根及上胚軸的生長，dicamba 的抑制能力大於 α -chlorobenzoic acid，且隨著濃度的增加，其抑制力愈大。

表 1. 不同苯酸濃度對於萵苣種子發芽率、胚根及胚軸長度的影響

Table 1. Effects of different benzoic acids on germination and length of radicle and epicotyl of lettuce seeds

Benzoic acid	Concentration	Germination percentage	Radicle length	Epicotyl length
	<i>mM</i>	<i>%</i>	— % of control	—
Syringic acid	0	97 ^{a*}	100 ^a	100 ^b
	0.1	29 ^b	96 ^a	123 ^a
	1.0	20 ^c	64 ^b	73 ^c
	10.0	0 ^d	0 ^c	0 ^d
Vanillic acid	0	97 ^a	100 ^a	100 ^b
	0.1	41 ^b	89 ^b	123 ^a
	1.0	30 ^c	32 ^c	73 ^c
	10.0	0 ^d	0 ^d	0 ^d
Protocatechuic acid	0	98 ^a	100 ^b	100 ^c
	0.1	81 ^b	100 ^b	115 ^b
	1.0	65 ^c	127 ^a	123 ^a
	10.0	0 ^d	3 ^c	3 ^d
<i>p</i> -Hydroxybenzoic acid	0	98 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	91 ^b	84 ^b	89 ^b
	1.0	88 ^b	64 ^c	67 ^c
	10.0	0 ^c	0 ^d	0 ^d
Salicylic acid	0	97 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	94 ^a	100 ^a	108 ^a
	1.0	60 ^b	24 ^b	54 ^b
	10.0	0 ^c	0 ^c	0 ^c
Resorcylic acid	0	98 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	95 ^a	84 ^b	7 ^b
	1.0	79 ^b	56 ^c	4 ^c
	10.0	0 ^c	0 ^d	0 ^d
<i>m</i> -Hydroxybenzoic acid	0	97 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	92 ^b	94 ^b	85 ^b
	1.0	74 ^c	35 ^c	46 ^c
	10.0	0 ^d	0 ^d	0 ^d

*^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 2. 不同肉桂酸濃度對於萵苣種子發芽率、胚根及胚軸長度的影響

Table 2. Effects of different cinnamic acids on germination and length of radicle and epicotyl of lettuce seeds

Cinnamic acid	Concentration	Germination percentage	Radicle length	Epicotyl length
	<i>mM</i>	%	— % of control —	
Caffeic acid	0	97 ^{a*}	100 ^b	100 ^b
	0.1	84 ^b	126 ^a	115 ^a
	1.0	1 ^c	0 ^c	0 ^c
	10.0	0 ^c	0 ^c	0 ^c
Ferulic acid	0	97 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	89 ^b	89 ^b	105 ^a
	1.0	86 ^b	13 ^c	81 ^b
	10.0	0 ^c	0 ^d	0 ^c
<i>p</i> -Coumaric acid	0	95 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	82 ^b	87 ^b	82 ^b
	1.0	79 ^b	19 ^c	27 ^c
	10.0	3 ^c	0 ^d	0 ^d

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 3. 不同苯鹼濃度對於萵苣種子發芽率、胚根及上胚軸長度的影響的影響

Table 3. Effects of different benzoic alkaloids on germination and length of radicle and epicotyl of lettuce seeds

Benzoic alkaloid	Concentration	Germination percentage	Radicle length	Epicotyl length
	<i>mM</i>	%	— % of control —	
Salicin	0	98 ^{a*}	100 ^a	100 ^b
	0.1	99 ^a	82 ^b	100 ^b
	1.0	100 ^a	89 ^b	128 ^a
	10.0	100 ^a	64 ^c	95 ^c
Hydroquinon	0	100 ^a	100 ^a	100 ^b
	0.1	100 ^a	93 ^b	115 ^a
	1.0	98 ^a	82 ^c	100 ^b
	10.0	97 ^a	70 ^d	100 ^b
Saligenin	0	98 ^a	100 ^b	100 ^c
	0.1	99 ^a	100 ^b	133 ^a
	1.0	100 ^a	107 ^a	117 ^b
	10.0	95 ^b	44 ^c	92 ^d
<i>p</i> -Hydroxy benzaldehyde	0	100 ^a	100 ^b	100 ^b
	0.1	99 ^a	155 ^a	128 ^a
	1.0	99 ^a	110 ^b	107 ^b
	10.0	75 ^b	15 ^c	28 ^c

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 4. 苯酸類除草劑的濃度對於萵苣種子發芽率胚根及胚軸長度的影響

Table 4. Effects of different benzoic herbicides on germination and length of radicle and epicotyl of lettuce seeds

Benzoic herbicide	Concentration	Germination percentage	Radicle length	Epicotyl length
	mM	%	— % of control —	
Dicamba	0	97 ^{a*}	100 ^a	100 ^a
	0.1	98 ^a	23 ^b	18 ^b
	1.0	92 ^b	3 ^c	2 ^c
	10.0	3 ^c	1 ^c	1 ^c
α -Chlorobenzoic acid	0	97 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	97 ^a	22 ^b	30 ^b
	1.0	96 ^a	11 ^c	20 ^c
	10.0	0 ^b	0 ^d	0 ^d

*a, b Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

II. 不同酚酸及其衍生物與牧草萃取液對牧草扦插苗生長的影響

七種不同的苯酸類酚酸，對於牧草扦插苗發根率的影響不盡相同。對於盤固草之扦插苗，以 vanillic、*p*-hydroxybenzoic 及 salicylic acid 的抑制力最大，在 0.1 mM 的濃度下，完全抑制扦插苗的發根，其次為 syringic 與 resorcylic acid，只有 10 % 與 33 % 的苗發根，而 protocatechuic 與 *m*-hydroxybenzoic acid 則不影響發根率（表 5）。對於印度藍莖草，則以 vanillic、salicylic 與 *m*-hydroxybenzoic acid 的毒性最大，在 0.1 mM 下可完全抑制扦插苗的發根，其他依次為 protocatechuic、*p*-hydroxybenzoic、syringic 與 resorcylic acid（表 5）。

不同肉桂酸類酚酸對於扦插苗發根的影響，兩種牧草的反應亦不一致，ferulic acid 對於盤固草扦插苗發根的抑制力最大，在 0.1 mM 時，抑制 50 % 發根率；濃度提高至 1 mM 以上時，則完全抑制發根與根的生長。對於印度藍莖草，則以 caffeic acid 的毒性最大，0.1 mM 時即完全抑制扦插苗的發根與根生長，*p*-coumaric acid 則完全沒有影響（表 6）。

表 5. 不同苯酸濃度對於盤固草及印度藍莖草扦插莖根生長的影響

Table 5. Effects of different benzoic acids on root growth of pangolagrass and delhigrass cuttings

Benzoic acid	Con.	Pangolagrass		Delhigrass	
		Root emergence	Root length	Root emergence	Root length
	<i>mM</i>	%	% of control	%	% of control
Syringic acid	0	100 ^{a*}	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	33 ^b	26 ^b	50 ^b	55 ^b
	1.0	10 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
	10.0	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c
Vanillic acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
	1.0	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
	10.0	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
Protocatechuic acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	100 ^a	33 ^b	35 ^b
	1.0	100 ^a	12 ^b	0 ^c	0 ^c
	10.0	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
<i>p</i> -Hydroxybenzoic acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	0 ^b	0 ^b	33 ^b	80 ^b
	1.0	0 ^b	0 ^b	33 ^b	0 ^c
	10.0	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^c
Salicylic acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
	1.0	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
	10.0	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
Resorcylic acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	33 ^b	13 ^b	67 ^b	18 ^b
	1.0	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
	10.0	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
<i>m</i> -Hydroxybenzoic acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	40 ^b	33 ^b	0 ^b
	1.0	100 ^a	9 ^c	0 ^c	0 ^b
	10.0	0 ^b	0 ^d	0 ^c	0 ^b

*^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 6. 不同肉桂酸濃度對於盤固草及印度藍莖草扦插莖生長之影響

Table 6. Effects of different cinnamic acids on root growth of pangolagrass and delhigrass cuttings

Cinnamic acid	Con.	Pangolagrass		Delhigrass	
		Root emergence	Root length	Root emergence	Root length
	mM	%	% of control	%	% of control
Caffeic acid	0	100 ^{a*}	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	11 ^b	0 ^b	0 ^b
	1.0	0 ^b	0 ^c	0 ^b	0 ^b
	10.0	0 ^b	0 ^c	0 ^b	0 ^b
Ferulic acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	50 ^b	15 ^b	67 ^b	46 ^b
	1.0	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
	10.0	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
<i>p</i> -Coumaric acid	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	47 ^b	100 ^a	100 ^a
	1.0	0 ^b	0 ^c	33 ^b	28 ^b
	10.0	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

四種不同苯鹼化合物對於牧草扦插苗發根的影響較小，對盤固草而言，Salicin 與 *p*-hydroxybenzaldehyde 無論在何種濃度下，均不影響苗的發根率；Hydroquinone 在高濃度（10 mM）方可抑制 50% 的苗發根，而 saligenin 在 1.0 mM 時，則可抑制 50% 苗發根；對於根的生長，*p*-hydroxybenzaldehyde 0.1 與 1.0 mM 時，可促進根的生長，但其他三種苯鹼化合物則抑制根的生長，且隨著濃度的增加，抑制的效果愈大。苯鹼化合物對於印度藍莖草扦插苗的發根，在 0.1 及 1.0 mM 均不影響，濃度提高至 10 mM，saligenin 亦不影響苗的發根，但其他三種苯鹼則完全抑制發根（表 7）。四種苯鹼對於印度藍莖草根的生長具有抑制的效果，salicin 的抑制力最大，其次為 hydroquinone、saligenin 與 *p*-hydroxybenzaldehyde，且隨著濃度的增加，抑制根生長的效果愈大。

表 7. 不同苯鹼化合物濃度對於盤固草及印度藍莖草扦插苗發根率及根長之影響

Table 7. Effects of different benzoic alkaloids on root emergence and length of pangolagrass and delhigrass cuttings

Benzoic alkaloid	Con.	Pangolagrass		Delhigrass	
		Root emergence	Root length	Root emergence	Root length
	mM	%	% of control	%	% of control
Salicin	0	100 ^{a*}	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	89 ^b	100 ^a	43 ^b
	1.0	100 ^a	77 ^c	100 ^a	21 ^c
	10.0	100 ^a	47 ^d	0 ^b	0 ^d
Hydroquinon	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	95 ^a	100 ^a	62 ^b
	1.0	100 ^a	84 ^b	100 ^a	30 ^c
	10.0	50 ^b	46 ^c	0 ^b	0 ^d
Saligenin	0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	85 ^b	100 ^a	76 ^b
	1.0	50 ^b	65 ^c	100 ^a	50 ^c
	10.0	50 ^b	46 ^d	100 ^a	40 ^d
<i>p</i> -Hydroxy benzaldehyde	0	100 ^a	100 ^b	100 ^a	100 ^a
	0.1	100 ^a	111 ^a	100 ^a	80 ^b
	1.0	100 ^a	109 ^a	100 ^a	43 ^c
	10.0	100 ^a	50 ^c	0 ^b	0 ^d

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

盤固草與印度藍莖草之萃取液對於萵苣種子發芽與幼苗的生長，由表 8 顯示兩種牧草之水溶萃取液對萵苣種子發芽的抑制效果一致，且隨著萃取液的濃度增加，抑制效果愈大，萃取液稀釋 20 倍時，其發芽率只有 7 %。對於胚根及上胚軸的生長，兩種牧草萃取液的抑制效果亦相當一致，一般對於胚根生長的抑制大於上胚軸，萃取液稀釋 100 倍時，對胚根的生長即造成毒害，而對上胚軸的生長，稀釋 20 倍時，方造成抑制。

表 8. 盤固草及印度藍莖草水溶萃取液對於萵苣種子發芽率、胚根及胚軸長度的影響

Table 8. Effects of water extracts of pangolagrass and delhigrass on germination, radicle and epicotyl length of lettuce seed

Extract	Dilution	Germination percentage	Radicle length	Epicoty length
	fold	%	— % of control	—
Pangola-Grass	Control	98 ^{a*}	100 ^a	100 ^a
	100	96 ^a	105 ^a	68 ^b
	33	85 ^b	92 ^b	32 ^c
	20	7 ^c	3 ^c	3 ^d
	Control	96 ^a	100 ^a	100 ^a
Delhi-grass	100	91 ^b	100 ^a	69 ^b
	33	85 ^c	95 ^a	31 ^c
	20	7 ^d	5 ^b	3 ^d

* a, b Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

利用有機溶劑甲醇萃取，經過 NaOH 處理者，所得之萃取液對萵苣種子發芽的抑制力較大，且對盤固草之抑制程度大於印度藍莖草（表 9）；盤固草萃取液稀釋 80 倍時，萵苣發芽率為 85 %，胚根與上胚軸的生長為對照者之 53 % 與 17 %，稀釋 20 倍時，則完全抑制發芽與胚根及上胚軸的生長。萃取液未經 NaOH 處理者，對於種子發芽並不影響，且不因濃度提高（僅稀釋 8 倍）而降低發芽率；對胚根與上胚軸的生長，兩種牧草之萃取液抑制胚根的生長大於上胚軸，而且對印度藍莖草的毒性大於盤固草。

表 9. 盤固草及印度藍莖草甲醇萃取液對於萵苣種子發芽率、胚根及胚軸長度的影響

Table 9. Effects of methanol extracts of pangolagrass and delhigrass on germination, radicle and epicotyl length of lettuce seed

Extract	Dilution	Germination percentage	Radicle length	Epicotyl length
	fold	%	— % of control —	
Pangola- grass(E1*)	Control	100 ^{a**}	100 ^a	100 ^a
	8	100 ^a	64 ^b	85 ^b
	20	100 ^a	59 ^b	100 ^a
Delhi- grass(E1)	8	98 ^a	38 ^b	84 ^b
	20	99 ^a	61 ^c	80 ^b
Pangola - grass(E2)	20	0 ^c	0 ^c	0 ^c
	80	85 ^b	53 ^b	17 ^b
Delhi- grass(E2)	20	0 ^b	0 ^c	0 ^c
	80	99 ^a	79 ^b	38 ^b

*E1: unhydrolyzed by 1N NaOH; E2: hydrolyzed by 1N NaOH.

**a, b Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

酚酸可分成苯酸類與肉桂酸類兩大類，本試驗利用十種酚酸（七種苯酸與三種肉桂酸）、四種苯鹼化合物及二種苯酸類殺草劑，探討何種型態的酚類化合物對於萵苣種子發芽、幼苗生長及牧草扦插苗發根的抑制作用，結果綜合如表 10，四種不同種類的參試化合物中，以苯酸類對於萵苣種子發芽的抑制能力最大，其次為肉桂酸類，在次為苯酸類除草劑，苯鹼化合物則無抑制能力；而對於萵苣幼苗生長的抑制能力，包括上胚軸與胚根的生長，以苯酸類除草劑的抑制能力最大，其次為肉桂酸類，在次為苯酸類，苯鹼化合物則幾乎無抑制能力；對於盤固草與印度藍莖草扦插苗發根與根生長的抑制能力，以苯酸類的抑制能力最大，其次為肉桂酸類，苯鹼化合物的抑制能力最小。

表 10. 苯酸、肉桂酸、苯鹼與苯酸類除草劑對於萵苣種子發芽、牧草扦插苗萌芽及根生長的抑制能力
Table 10. Inhibition of benzoic acid, cinnamic acid, benzoic alkaloid, and benzoic herbicide to the germination of lettuce seed and root growth of grasses

Compound	Lettuce seed			Pangolagrass		Delhigrass	
	GP	RAL	EPL	EP	RL	EP	RL
BA*	Large	Small	Small	Large	Large	Large	Large
CA	Middle	Middle	Middle	Middle	Large	Middle	Large
BAL	No	Small	No	Small	Middle	Small	Middle
BH	Small	Large	Large	—	—	—	—

Large: over 50% inhibition; Middle: 20~49% inhibition; Small: 5~19% inhibition.

*BA: benzoic acid, CA: cinnamic acid, BAL: benzoic alkaloid, BH: benzoic herbicide.

GP: germination percentage, RAL: radicle length, EPL: epicotyl length, EP: emergence percentage, RL: root length.

討論

許多植物的萃取液對於種子的發芽及幼苗的生長，具有毒害的作用，如高狐草根與葉之水溶萃取液對於油菜及鳥足三葉草種子的發芽及幼苗的生長具有毒害作用（Peter, 1968）；苜蓿植體之水溶萃取液可抑制白茅的生長（Abdul-Rahman, 1989）；高狐草、義大利黑麥草與短大麥之莖葉水溶萃取液對於苜蓿及義大利黑麥草的種子發芽與幼苗生長有抑制的作用（Smith and Martin, 1994）。這些研究結果與本試驗盤固草與印度藍莖草植體之萃取液對萵苣種子發芽、幼苗生長及對自身扦插苗萌芽的抑制效果相同。

不同植物萃取液所含的酚酸種類與含量不盡相同，許多禾本科作物如燕麥、小麥、高粱及玉米的植體中，含有 ferulic、*p*-coumaric、syringic、vanillic 及 *p*-hydroxybenzoic acid 五種酚酸物質，其中以 *p*-coumaric 與 vanillic acid 對於玉米及小麥種子發芽及幼苗的生長，毒害較大（Guenzi and McCalla, 1966; Grenzi *et al.*, 1967）。Chou and Young（1975）由盤固草等十二種熱帶牧草之水溶萃取液可抑制萵苣種子發芽。比較盤固草、鋪地黍與白茅三種禾草萃取液的毒性，以鋪地黍的毒性最大，其植體中含有九種酚酸物質，其中以 ferulic acid 的含量最高（Chou and Lee, 1988）；盤固草不同品系間，植體的水溶萃取液毒性的不同，因種植的地區不同而有差異，且不同品系間所含酚酸種類及含量亦不相同（Liang *et al.*, 1983; Chou, 1989）。謝及蔡（1998）由盤固草與印度藍莖草植體中分析出八種酚酸物質，其中莖部以肉桂酸類的 *p*-coumaric acid 的含量最高，葉部則以肉桂酸類的 ferulic acid 的含量最高。

隨著酚酸濃度的提高，其抑制種子發芽的能力增加（Hsu *et al.*, 1989）。Lodhi（1979）以蘿蔔種子作發芽率的測定，當 ferulic、caffeic 與 chlorogenic acid 濃度大於 100 μ M 時，發芽率顯著降低；cinnamic acid 濃度大於 100 μ M，*p*-coumaric、*p*-hydroxybenzoic 與 vanillic acid 濃度大於 640 μ M 時，會抑制水稻生長（Chandram *et al.*, 1973; Shindo *et al.*, 1978）；*p*-hydroxybenzoic acid 濃度在 6.4 μ M 時，即延遲小麥、大豆及玉米的生長，當濃度大於 1.92 mM 時，則完全停止生長（Wang *et al.*, 1967）。

本試驗中十種酚酸（七種苯酸與三種肉桂酸）對於萵苣種子發芽率的影響，以苯酸的毒性大於肉桂酸，其中又以 syringic acid 的毒性最大，其次為 vanillic acid，濃度在 0.1 mM 時，萵苣種子的發芽率僅有 29 % 與 41 %。對於扦插苗的影響，則以 vanillic、*p*-hydroxybenzoic 與 salicylic acid 的毒性最大，在 0.1 mM 時，即完全抑制盤固草發根，而以 vanillic、salicylic 與 *m*-hydroxybenzoic 對於印度藍莖草的毒性最大，在 0.1 mM 時，可完全抑制發根與根的生長。

結論

- I. 以苯酸類對於萵苣種子發芽的抑制能力最大，其次為肉桂酸類，在次為苯酸類除草劑，苯鹼化合物則無抑制能力。
- II. 對於萵苣幼苗生長的抑制能力，包括上胚軸與胚根的生長，以苯酸類除草劑的抑制能力最大，其次為肉桂酸類，在次為苯酸類，苯鹼化合物則幾乎無抑制能力。
- III. 對於盤固草與印度藍莖草扦插苗發根與根生長的抑制能力，以苯酸類的抑制能力最大，其次為肉桂酸類，苯鹼化合物的抑制能力最小。

參考文獻

- 謝文彰、蔡文福。1998。不同生長季節及生育日數對盤固草印度藍莖草的生長與植體內酚酸含量之影響。畜產研究 31: 153-163。
- Abdul-Rahman, A. A. and S. A. Habib. 1989. Allelopathic effect of alfalfa (*Medicago sativa*) on bladygrass (*Imperata cylindrica*). J. Chem. Ecol. 9: 2289-2301.
- Bieber, G. L. and C. S. Hoveland. 1968. Phytotoxicity of plant materials on seed germination of crownvetch, *coronilla varia* L. Agron. J. 60: 185-189.
- Bokhari, U. G. 1978. Allelopathy among prairie grasses and its possible ecological significance. Ann. Bot. 42: 127-136.

- Chandram, D., D. Purushothamun and R. Kothandraman. 1973. Soil plant growth inhibition. *Plant and Soil* 39: 303-308.
- Chou, C. H. 1989. The role of allelopathy in biochemical ecology: Experience from Taiwan. *Biologia plantum* 39: 458-470.
- Chou, C. H. and C. C. Young. 1975. Phytotoxic substances in twelve subtropical grasses. *J. Chem. Ecol.* 2: 183-193.
- Chou, C. H. and H. J. Lin. 1981. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in paddy soil. *J. Chem. Ecol.* 2: 353-367.
- Chou, C. H. and K. J. Lee. 1988. Effects of levels of nitrogen fertilizer on the allelopathic potential of pangolagrass and weeds. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 29: 39-47.
- Chou, C. H., S. J. Cheng, C. M. Cheng, Y. C. Wang, F. H. Hsu and W. H. Den. 1989. The selective allelopathic interaction of a pasture-forest intercropping in Taiwan. *Plant Soil*. 116: 207~215.
- Flaig, W. 1968. Uptake of organic substance from soil organic matter by plant and their influence on metabolism. In: *Organic Matter and Soil Fertility*, Fernandez, V. H.(Eds.) Wiley, New York. pp. 723-776.
- Guenzi, W. D. and T. M. McCalla. 1966. Phenolic acid in oats, wheats, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. *Agron. J.* 58: 303-304.
- Guenzi, W. D., T. M. McCalla and F. A. Norstadt. 1967. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn and sorghum residues. *Agron. J.* 59: 163-164.
- Hartley, R. D. and Ford, C. W. 1989. Phenolic constituents of plant cell walls and wall biodegradability. In: *Plant Cell Wall Polymers*. Lewis, N. G. and M. G. Paice.(Eds), pp. 137-145. American Chemical Society, Washington, D. C.
- Hsu, F. H., C. Y. Chiu and C. H. Chou. 1989. Action model of allelopathic compounds on seed germination. *Phytochem. Ecol.* 9: 315-328.
- Krogmeier, M. J. and J. M. Bremner. 1989. Effects of water-soluble constituents of plant residues on water uptake by seeds. *Plant Anal.* 20: 1321-1333.
- Liang, J. C., S. S. Sheen and C. H. Chou. 1983. Competitive allelopathic interaction among some tropical pasture. In: *Allelochemical and pheromones*. Chou, C.H. and G. R. Waller (Eds.), pp. 121-133. Institute of Botany, Acad. Sin. Monograph Series No. 5 Taipei, Taiwan.
- Lodhi, M. A. K. 1979. Germination and decreased growth of *Korchia scorparia* in relation to its autoallelopathy. *Can. J. Bot.* 57: 1083-1088.
- Martin, V. I., E. L. McCoy and W. A. Dick. 1990. Allelopathy of crop residues influences corn seed germination and early growth. *Agron. J.* 82: 555-560.
- Nakahisa, K., E. Tsuzuki and T. Mitsumizo. 1993. Study on the allelopathy of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Jpn. J. Crop Sci.* 62: 294-299.
- Nielsen, N. F., T. F. Cuddy and W. B. Woods. 1960. The influence of the extract of some crops and soil residues on germination and growth. *Canada J. Plant Sci.* 40: 188-197.
- Norrington-Davies, J. and D. J. Buckeridge. 1994. Plant interference and chemical toxins in upland pasture. *Grass and Forage Sci.* 49: 176-182.
- Peter, E. J. 1968. Toxicity of tall fescue to rape and birdsfoot trefoil seeds and seedlings. *Crop Sci.* 8: 650-653.

- Read, J. J. and E. H. Jensen. 1989. Phytotoxicity of water-soluble substances from alfalfa and barley soil extracts on four crop species. *J. Chem. Ecol.* 2: 619-628.
- Rice, E. L. 1984. Allelopathy. Academic Press, New York-London.
- Shindo, H., S. Ohta and S. Kuwatsuka. 1978. Behavior of phenolic substances in the decaying process of plants. IX. Distribution of phenolic acids in soils of paddy soils and forests. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 24: 233-243.
- Smith, A. E. and L. D. Martin. 1994. Allelopathic characteristics of three cool-season grass species in the forage ecosystem. *Agron. J.* 86: 243-246.
- Tames, R. S., M. D. V. Gesto and E. Vieitez. 1973. Growth substances isolated from tubers of *Cyperus esculentus* var. aureus. *Physiol. Plant.* 28: 195-200.
- Wang, T. S., T. K. Yang and T. T. Chuang. 1967. Soil phenolic acids as plant growth inhibitors. *Soil Sci.* 103: 239-246.
- Weston, L. A., B. A. Burke and A. R. Putnam. 1987. Isolation, characterization and activity of phytotoxic compounds from quackgrass. *J. Chem. Ecol.* 3: 403-419.
- Willians, R. D. and R. E. Hoagland. 1982. The effects of naturally occurring phenolic compounds on seed germination. *Weed Sci.* 30: 206-212.
- Young, C. C. 1984. Autointoxication in root exudates of *asparagus officinalis* L. *Plant and Soil* 82: 247-253.

Effects of phenolic acids and extracts of pangolagrass and delhigrass on germination, radicle and epicotyl growth of lettuce seeds and grass cuttings ⁽¹⁾

Wein-Chang Hsieh ^{(2) (4)} and Wen-Fu Tasi ⁽³⁾

Received : Mar. 30, 2006 ; Accepted : Jul. 15, 2006

Abstract

The purposes of this study were to investigate the effects of phenolic acids and extracts of pangolagrass A254 (*Digitaria decumbens* Stent.) and delhigrass A70 [*Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf] on the germination, radicle and epicotyl growth of lettuce seed and grasses cutting. Results were summarized as follows:

Syringic acid, caffeic acid and *p*-hydroxybenzaldehyde derived from benzoic acid, cinnamic acid and benzoic alkaloid, respectively, were most inhibitive to germination of lettuce seeds. As to herbicide of benzoic acid, dicamba was more toxic to germination and young seedlings of lettuce than that of α -chlorobenzoic acid.

For benzoic acids, vanillic and salicylic acid exerted the most inhibition to rooting of pangolagrass and delhigrass cuttings, while *p*-hydroxybenzoic acid had only inhibition to rooting of pangolagrass cuttings. For cinnamic acids, ferulic acid was most inhibitive to rooting of pangolagrass cuttings, and caffeic acid did the same to the delhigrass cuttings. For the benzoic alkaloids, saligenin was most toxic to rooting of grass cuttings.

Water extracts from both pangolagrass and delhigrass inhibited the germination of lettuce seeds. On the other hand, methanol extracts of pangolagrass treated by NaOH had more inhibition to the germination of lettuce seeds than that of delhigrass. Methanol extracts of grasses not treated with NaOH had no inhibition to the germination of lettuce seeds.

In this study, benzoic acids had more inhibition to the germination of lettuce seeds than cinnamic acids did. For the benzoic acids, syringic acid with 0.1 mM had the most inhibition to the germination of lettuce seeds, and the germination percentage of lettuce seeds was 29% of the control. Vanillic, *p*-hydroxybenzoic and salicylic acid with 0.1mM were most toxic to the rooting of pangolagrass cuttings. Vanillic, salicylic and *m*-hydroxybenzoic acid with 0.1mM were most toxic to the rooting of delhigrass cuttings.

Key words: Pangolagrass, Delhigrass, Phenolic acid, Germination, Growth of grass cutting

-
- (1) Contribution No.1346 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, R.O.C.
 - (2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung, Taiwan, R.O.C.
 - (3) Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.
 - (4) Corresponding author, E-mail: wchsieh@mail.tlri.gov.tw