

光照強度對於盤固草與印度藍莖草生長與根分泌 酚酸含量的影響⁽¹⁾

謝文彰⁽²⁾ 蔡文福⁽³⁾

收件日期：93 年 4 月 6 日；接受日期：93 年 6 月 4 日

摘 要

本試驗的目的在探討光照強度對於盤固草 A254 (*Digitaria decumbens* Stent) 與印度藍莖草 A70 (*Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf) 生長及根分泌酚酸含量的影響。試驗結果顯示，光照強度明顯影響兩種砂耕培養牧草在生長箱中的生長，6000 lux 光照強度下比 3000 lux 有較高的株高、較多的葉數及牧草產量。高光照下生長的牧草亦有較高的中洗纖維含量，而以印度藍莖草較盤固草為高；根部所分泌的酚酸物質，在高光照下分泌較多，且以印度藍莖草較盤固草為高。

關鍵詞：光照強度、盤固草、印度藍莖草、酚酸、品質。

緒 言

光照強度對於熱帶牧草的生長，是另一個重要的限制因素，位處亞熱帶的台灣，南北部的日照長短與強度並不相同，南部的日照較長，日照強度亦較強，此日照因子影響盤固草 A254 與印度藍莖草 A70 的生長；北部地區冬季多雨其日照弱且短，印度藍莖草比盤固草受到較大的生長抑制，而南部地區兩種牧草的生長受到日照強度的影響較小（謝等，1996）。

Morita *et al.* (1994) 報告指出，幾種不同禾豆科牧草的盆栽試驗，在完全日照、35% 與 60% 遮蔭下，大多數牧草的株高與葉片長度明顯的增長，但葉數與莖數減少，溫帶牧草的乾物產量不受遮蔭的影響，但暖帶性的禾豆科牧草在 60% 遮蔭下，乾物產量受到明顯的抑制；Kephart *et al.* (1992) 認為 C3 與 C4 型的牧草，其葉真比重 (leaf specific weight) 與葉面積比 (leaf area ratio) 隨著遮蔭強度的增加而減少，C4 型牧草的產量對於光強度的反應較 C3 型敏感，C3 型的 *Panicum virgatum* 較 C4 型的 *Phalaris arundinacea* 有較大的 CO₂ 交換速率；Kephart (1987) 與 Kephart and Buxton (1989) 研究報告亦顯示相同的結果，報告同時指出，增加光照強度，牧草的中洗纖維含量提高，牧草的消化率下降。Park *et al.* (1987) 報告指出，幾種溫帶牧草如鴨茅、黑麥草與白三葉草等在 25% 的遮蔭較不遮蔭可提高 3～17% 乾物產量，但 50% 與 75% 的遮蔭，乾物產量則降低 28-35% 與

(1) 行政院農委會畜產試驗所研究報告第 1236 號。

(2) 行政院農委會畜產試驗所恆春分所。

(3) 國立台灣大學農藝學系。

(4) 通訊作者。

44-60%；Okada (1984) 認為降低光照強度明顯的降低禾科救荒植物 (green panic) 的產量。Navarro-Chavira and Mckersie (1983) 認為降低光照強度會顯著的提高木質素與纖維素含量，卻降低試管消化率 (IVD)、總有效碳水化合物 (TAC) 與酒精可溶性碳水化合物 (ASC)；Henderson and Robinson (1980) 認為增強光照強度，提高大利草、百喜草與百幕達草中洗纖維 (NDF)、酸洗纖維 (ADF)、纖維素與木質素含量，卻降低牧草消化率。

植物經由淋洗、殘體的分解或根分泌的途徑，將酚酸化合物存留於土壤中 (高橋, 1988)；Tang and Young (1982) 利用 XAD-4 收集林波草的根分泌物，分析出 12 種苯酸與肉桂酸物質。Fujji (1993) 分析 189 種水稻品系，其根部分泌物的相剋作用，並評估水稻根分泌物對什草的抑制效果，結果顯示：爪哇與籼型水稻具強烈的相剋作用，梗稻型栽培種則很少有相剋作用，利用作物所分泌的酚酸物質來控制田間什草的生長。

由種植禾本科作物的土壤中，可萃取出酚酸物質，種植過燕麥、小麥、高粱與玉米的土壤中含有五種苯酸與肉桂酸 (Guenzi and McCalla, 1966)；由種植玉米與裸麥的土壤中，可分析出八種苯酸與肉桂酸 (Chou and Patrick, 1976)；另由種植苜蓿的土壤中，分析出 7 種酚酸及四種未知的化合物，且証實萃取液對劍葉草具有毒害的作用 (Abdul-Rahman and Habib, 1982)。不同的氣候環境與栽培管理方式，均會影響牧草植體中酚酸的含量，如高溫促進高狐草肉桂酸的含量 (Akin *et al.*, 1987)。生長在高溫下與缺水的 Switchgrass，其植體中的 *p*-coumaric acid 含量增加 (Bohn, 1990)；Chou (1989) 認為強 UV 光可促進花青素 (anthocyanin) 與類黃素 (flavonoid) 之生成；Koepe (1976) 証明向日葵在較強 UV 光照下，產生較多的 chlorogenic 與 isochlorogenic acid。高橋 (1988) 認為多刈割的高狐草，其根分泌物之抑制能力增大；多肥與低溫栽培下的高狐草，其根分泌物對於鳥足三葉草的抑制作用增強 (Luu *et al.*, 1982) 而且砂土栽培較壤土者，其根分泌物的抑制程度較高。

本試驗的目的在探討不同光照強度下生長的盤固草與印度藍莖草，其牧草生長、品質與植體中酚酸含量的變化，同時了解其根分泌物中苯酸與肉桂酸的種類與含量的變化。

材料與方法

I. 試驗材料：

- (i) 盤固草 A254 (*Digitaria decumbens* Stent) 與印度藍莖草 A70 (*Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf) 帶根 (根長約 2 cm) 的扦插苗 (苗長約 15 cm)；培養盆為直徑 10 cm 高 20 cm 玻璃盆；內裝石英砂 (石英砂先經清水沖洗，除去雜質，再以 1 N 之 NaOH 浸泡 24 hr 後，再以清水沖洗 24 hr)。
- (ii) 培養液以稀釋三倍之 Hoagland's solution，內含 20 mm 之 MES (2-(N-morpholino) ethanesulfonic acid, pH 為 5.7) 培養牧草幼苗，並每三天換新培養液以維持新鮮的培養環境。
- (iii) 培養在 30/25 °C 及光照 12 hr 的生長培養箱中，兩個生長箱之光照強度分別為 6000 lux (full light) 與 3000 lux (50% light intensity)，日照強度以照度計 (日式，ANA-100 型；Tokyo Photo-electric Co., LTD) 測定。
- (iv) 培養草苗之玻璃盆並有通氣的裝置，使盆中根生長，均維持 24hr 的有氧狀態。
- (v) 收集苯酸與肉桂酸的裝置 (Tang and Young, 1982)，以長 15 cm 直徑 1.5 cm 的管柱內裝 Amberlite-XAD-4 (經蒸餾水清洗及 100% methanol 浸泡處理過)，其容量為 80% 之管柱體積。
- (vi) 牧草先在培養箱中生長一個月，待適應生長環境後，全面刈割 (留 10 cm 之苗樁)，再開始正式試驗，整個培養設計如圖 1 所示。

II. 試驗方法：

- (i) 二個不同光照強度 (full light 與 50% light intensity) 的培養箱，各培養四盆盤固草 A254，四盆印度藍莖草 A70 與二盆不種植牧草作為對照組。牧草培養盆移植於培養箱 10 周後，分別就地上及地下部取樣分析。
- (ii) 調查及分析項目：
 - 1. 牧草農藝性狀與產量的調查：包括株高、葉數、葉莖比、牧草鮮重與乾物產量 (g/pot)。
 - 2. 牧草營養品質分析：包括粗蛋白質 (crude protein, CP)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 與酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 含量。利用 Kjeldahl's method 分析粗蛋白質含量；中洗纖維與酸洗纖維的分析採用 Goering and van Soest (1970) 方法。
 - 3. 牧草植體中苯酸與肉桂酸種類及含量的測定與分析，包括牧草莖與葉部中鍵結性酚酸的種類及含量，其分析方法與謝及蔡 (1998) 所述的方法相同。
 - 4. 牧草根部分泌的苯酸與肉桂酸種類及含量的測定及分析：由 Amberlite-XAD4 的管柱所收集的酚酸，先以蒸餾水清洗管柱中之雜質後，再以 4 ml 之 100% HPLC 級甲醇洗出管柱中之酚酸物質，共洗三次，收集的甲醇溶液置真空冷凝抽氣裝置抽乾 (真空抽氣裝置的儀器型號為 Rotavapor RE120, SIBATA)，抽乾的甲醇溶液收集瓶再以 100% HPLC 級的甲醇 4 ml，將瓶壁中之物質振盪洗出，甲醇溶液再以 micro filter membrane (45 μm size) 過濾，濾液以 HPLC 分析其苯酸與肉桂酸的種類與含量，測定的方法與謝及蔡 (1998) 所述的方法相同。

結 果

I. 不同光照強度對於盤固草 A254 與度藍莖草 A70 生長及品質的影響

不同光照強度對於盤固草 A254 與印度藍莖草 A70 生長的影響，牧草先在培養箱中生長一個月，待適應生長環境後，於第 10 周分別就地上及地下部取樣分析。表 1 顯示在生長培養箱與水砂耕培養的條件下，6000 lux (100% light intensity) 的光照強度下生長的牧草較 3000 lux (50% light intensity) 光照強度者為佳，兩種牧草均有相同的趨勢，各項農藝性狀包括株高、葉數、鮮草與乾物產量，均有明顯的差異，唯葉莖比差異並不顯著。

表 1. 不同光照強度對於盤固草 A254 與印度藍莖草 A70 生長的影響

Table 1. The effect of different light intensity on the growth of pangolagrass A254 and delhigrass A70

Treatment		Plant height	Leaf number	Leaf/stem	Fresh weight yield	Dry matter yield
		cm	no./plant		g/pot	
Pangola (A254)	3000 lux	29.4 ^{b*}	5 ^b	0.74 ^a	11.35 ^b	3.85 ^b
	6000 lux	44.5 ^a	7 ^a	0.80 ^a	18.01 ^a	5.62 ^a
Delhi (A70)	3000 lux	29.0 ^{b*}	5 ^b	0.56 ^a	10.34 ^b	3.50 ^b
	6000 lux	40.7 ^a	7 ^a	0.58 ^a	15.03 ^a	5.02 ^a

* 同一行英文字母相同者，表示未達 5% 之顯著差異水準。
* The same letters within same column are not significantly different at 5% level by LSD.

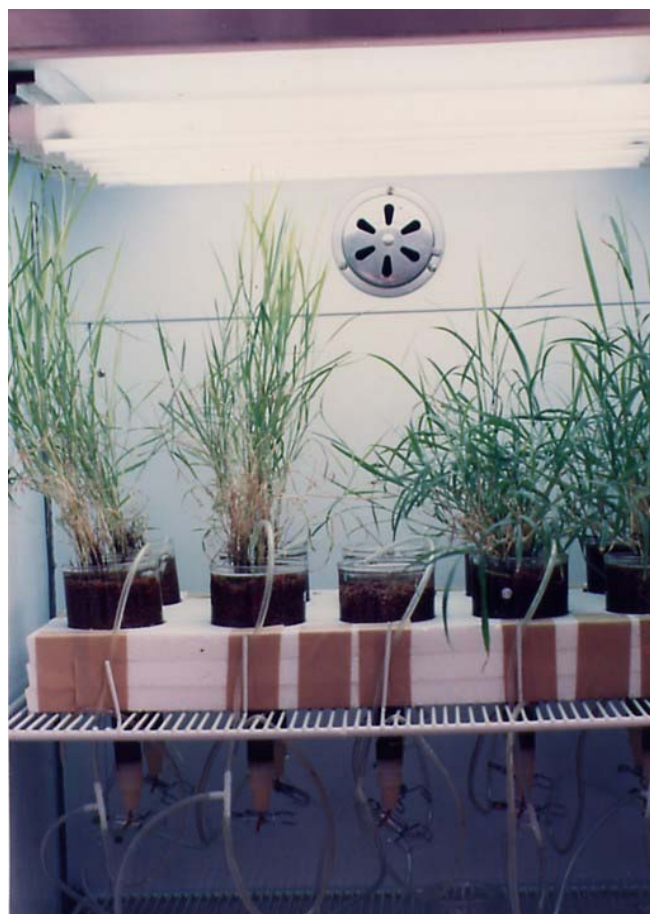


圖 1. 在生長箱中以砂耕栽培法及 XAD-4 樹脂管柱收集盤固草（左）與印度藍莖草（右）根分泌酚酸

Fig. 1. Using XAD-4 column to collect phenolic acids from root exudate of pangolagrass (left) and delhigrass (right) under sand culture in the growth chamber.

不同光照強度對於兩種牧草品質的影響，由表 2 得知，100% 與 50% 光照強度下生長的牧草，其粗蛋白與酸洗纖維含量，處理間並無差異，但低光照強度（50% light intensity）下生長的牧草，中洗纖維含量較高，且處理間有明顯的差異，兩種牧草均有相同的結果。

表 2. 不同光照強度對於盤固草與印度藍莖草營養品質的影響

Table 2. The effect of different light intensity on the quality of pangolagrass A254 and delhigrass A70

Treatment		Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber
			%	
Pangola (A254)	3000 lux	6.9 ^{a*}	64.9 ^b	37.0 ^a
	6000 lux	7.3 ^a	67.0 ^a	37.6 ^a
Delhi (A70)	3000 lux	6.7 ^{a*}	71.2 ^b	43.9 ^a
	6000 lux	7.0 ^a	74.6 ^a	44.5 ^a

* 同一行英文字母相同者，表示未達 5% 之顯著差異水準

* The same letters within same column are not significantly different at 5% level by LSD.

II. 不同光照強度對於盤固草與印度藍莖草莖葉中苯酸與肉桂酸含量的影響

不同光照強度下生長的盤固草 A254 與印度藍莖草 A70，其莖葉植體中苯酸肉桂酸的含量，由表 3 與 4 顯示，分析出的苯酸類物質有 *protocatechuic*、*p-hydroxybenzoic*、*salicylic*、*m-hydroxybenzoic*、*resocyclic* 與 *vanillic acid* 六種，肉桂酸類物質有 *p-coumaric* 與 *ferulic acid* 兩種，合計 8 種酚酸物質，莖部中以 *p-coumaric acid* 的量最多，葉部則以 *ferulic acid* 最多，兩種牧草均有相同的結果。隨著光照強度的增加，植體中的鍵結性苯酸與肉桂酸含量隨之增加；以盤固草而言，50% 與 100% 之光照強度下，莖部的酚酸含量由 7.78 增至 24.16 $\mu\text{g/g.fw}$ 葉部則由 12.87 增至 26.15 $\mu\text{g/g.fw}$ 。印度藍莖草的結果亦是如此，即 50% 與 100% 之光照強度下，莖部由 15.94 增至 7.49 $\mu\text{g/g.fw}$ 葉部則由 16.00 增至 40.47 $\mu\text{g/g.fw}$ ；比較兩種牧草在不同光照強度下，總酚酸含量增加的高低，以印度藍莖草增加的量較多，其含量由 31.94 增至 87.96 $\mu\text{g/g.fw}$ ，其增加的量為 56.02 $\mu\text{g/g.fw}$ ；盤固草則由 20.65 $\mu\text{g/g.fw}$ 增至 50.31 $\mu\text{g/g.fw}$ ，其含量增加 29.66 $\mu\text{g/g.fw}$ 。

表 3. 不同光照強度對於盤固草 A254 植體中苯酸與肉桂酸的影響

Table 3. The effect of different light intensity on the content of benzoic and cinnamic acid of pangolagrass A254

Phenoic acid	3000 lux light intensity		6000 lux light intensity	
	Stem	Leaf	Stem	Leaf
	$\mu\text{g/g.fw}$			
PRA*	0.16 \pm 0.02	0.04 \pm 0.01	0.56 \pm 0.07	0.06 \pm 0.01
<i>p</i> -HBA	0.25 \pm 0.04	0.91 \pm 0.12	0.40 \pm 0.04	2.00 \pm 0.13
VA	trace	0.12 \pm 0.02	0.12 \pm 0.02	0.34 \pm 0.03
<i>m</i> -HBA	trace	trace	0.36 \pm 0.05	trace
RA	0.02 \pm 0.01	0.15 \pm 0.02	0.04 \pm 0.01	0.28 \pm 0.04
<i>p</i> -CA	4.63 \pm 0.52	3.26 \pm 0.35	16.30 \pm 1.24	6.02 \pm 0.58
FA	1.27 \pm 0.16	7.06 \pm 0.67	2.95 \pm 0.35	15.40 \pm 1.27
<i>o</i> -HBA	1.45 \pm 0.20	0.33 \pm 0.10	3.43 \pm 0.21	2.05 \pm 0.22
Total	7.78	12.87	24.16	26.15

* PRA : *protocatechuic acid*; *p*-HBA : *p-hydroxybenzoic acid*; VA : *vanillic acid*;
m-HBA : *m-hydroxybenzoic acid*; RA : *resocyclic acid*; *p*-CA : *p-coumaric acid*;
 FA : *ferulic acid*; *o*-HBA : *o-hydroxybenzoic acid*

表 4. 不同光照強度對於印度藍草 A70 植體中苯酸與肉桂酸的影響

Table 4. The effect of different light intensity on the content of benzoic and cinnamic acid of delhigrass A70

Phenoic acid	3000 lux light intensity		6000 lux light intensity	
	Stem	Leaf	Stem	Leaf
	$\mu\text{g/g.fw}$			
PRA*	0.07 \pm 0.01	0.05 \pm 0.01	0.28 \pm 0.03	0.18 \pm 0.02
<i>p</i> -HBA	0.41 \pm 0.04	1.02 \pm 0.09	0.60 \pm 0.05	2.47 \pm 0.30
VA	0.06 \pm 0.01	0.30 \pm 0.04	0.21 \pm 0.03	0.50 \pm 0.06
<i>m</i> -HBA	trace	trace	trace	trace
RA	0.03 \pm 0.01	0.12 \pm 0.02	0.06 \pm 0.01	0.16 \pm 0.02
<i>p</i> -CA	12.56 \pm 1.15	4.26 \pm 0.38	30.10 \pm 2.47	10.00 \pm 1.12
FA	1.90 \pm 0.24	8.65 \pm 1.05	4.01 \pm 0.36	23.80 \pm 2.56
<i>o</i> -HBA	0.91 \pm 0.10	1.60 \pm 0.18	2.23 \pm 0.25	3.46 \pm 0.40
Total	15.94	16.00	37.49	40.47

* : See Table 3.

III. 不同光照強度對於盤固草印度藍莖草根部分泌苯酸與肉桂酸含量的影響

不同光照強度下生長的盤固草 A254 與印度藍莖草 A70，其根部分泌的苯酸與肉桂酸的種類與莖葉植體中所分析的相同，即 6 種苯酸類與 2 種肉桂酸類物質，其中以 *p*-coumaric 的含量最高，兩種牧草根分泌均有相同的結果。隨著光照強度的增加，盤固草與印度藍莖草根部分泌的苯酸與肉桂酸，均呈增加的趨勢，其中亦以 *p*-coumaric acid 所增加的量最多。比較兩種牧草在不同照強度下，其總酚酸含量增加的情形，亦以印度藍莖草增加的較多，其含量由 2.77 增至 7.11 $\mu\text{g/day}$ ，增加 4.34 $\mu\text{g/day}$ ；盤固草由 2.66 增至 4.56 $\mu\text{g/day}$ ，增加 1.90 $\mu\text{g/day}$ （表 5）。

表 5. 不同光照強度對於盤固草 A254 與印度藍草 A70 根分泌苯酸與肉桂酸的影響

Table 5. The effect of different light intensity on the benzoic and cinnamic acid of root exudates in pangolagrass A254 and delhigrass A70

Phenoic acid	Pangolagrass A254		Delhigrass A70	
	3000 Lux	6000 Lux	3000 Lux	6000 Lux
	$\mu\text{g/g.fw}$			
PRA*	0.05 \pm 0.01	0.09 \pm 0.02	0.09 \pm 0.02	0.40 \pm 0.04
<i>p</i> -HBA	0.09 \pm 0.02	0.21 \pm 0.03	0.10 \pm 0.02	0.28 \pm 0.03
VA	0.02 \pm 0.01	0.04 \pm 0.01	0.06 \pm 0.01	0.18 \pm 0.03
<i>m</i> -HBA	0.11 \pm 0.02	0.15 \pm 0.02	trace	trace
RA	0.22 \pm 0.02	0.36 \pm 0.04	0.40 \pm 0.03	1.59 \pm 0.20
<i>p</i> -CA	1.73 \pm 1.14	3.19 \pm 0.26	1.15 \pm 0.16	2.99 \pm 0.34
FA	0.20 \pm 0.03	0.41 \pm 0.05	0.26 \pm 0.03	0.47 \pm 0.05
<i>o</i> -HBA	0.14 \pm 0.02	0.41 \pm 0.04	0.71 \pm 0.05	1.20 \pm 0.14
Total	2.66	4.56	2.77	7.11

* : See Table 3.

討 論

以砂耕種植並在生長箱中培育的牧草，不同光照強度下（50% 與 100% light intensity）生長的盤固草 A254 與印度藍莖草 A70，其株高、葉數、牧草鮮草產量與乾物產量均有明顯的差異，唯葉莖比並無差異。盤固草在 100% 的光照強度下，其乾物產量較 50% 光照強度者高出約 46%，而印度藍莖草則高出約 43%。許多有關光照強度對於牧草生長的研究報告，均有相同的結果。Morita *et al.*（1994）研究報告指出，幾種禾豆科牧草在完全日照與遮蔭的處理下，大多數的牧草在正常光照下，均有較長的株高與葉片長，而且熱帶性的禾豆科牧草的乾物產量亦較高，但溫帶性的牧草產量則較不受光照強度的影響。Park *et al.*（1987）亦認為溫帶性的牧草如鴨茅，黑麥草與白三葉草在低程度（25%）的遮蔭下較正常照者，有較高的牧草產量，但在高度的遮蔭下（50% 與 75% 遮蔭）則降低產量；Okada（1984）認為降低光照強度，明顯的降低植物的產量。由以上的試驗研究結果顯示，牧草在不同的光照強度下，其生長是否受到影響，端視牧草的習性。一般熱帶性的牧草較受光照強度的影響，如本試驗的盤固草與印度藍莖草，但溫帶性的牧草，在較低程度的遮蔭下，不受影響，有的品種則能提高產量，如鴨茅、黑麥草與白三葉草等，但在較高程度的遮蔭下，則生長亦會受到抑制。

光照強度會影響牧草品質，如本試驗盤固草 A254 與印度藍莖草 A70，在完全光照與 50% 光照下，前者有較高的中洗纖維含量，但粗蛋白與酸洗纖維含量則無差異。Kephart and Buxton (1989) 試驗報告指出，增加光照強度，提高中洗纖維含量，牧草的消化率下降；Henderson and Robinson (1980) 亦認為增強光照強度，提高大利草、百喜草與百慕達草等熱帶性牧草的中洗、酸洗纖維與木質素含量，同時降低牧草的消化率。Navarro-Chavira and Mckersie (1983) 認為減少光照強度會顯著的提高木質素與纖維素含量，同時降低牧草試管消化率。由以上的試驗結果顯示，光照強度確實影響牧草的中洗、酸洗纖維含量與消化率，但對於熱帶與溫帶性的牧草，可能有不同的結果。

不同光照強度下生長的盤固草 A254 與印度藍莖草 A70，其莖葉植體中的總酚酸含量，以完全光照較 50% 光照強度者為高，而且 6 種苯酸與 2 種肉桂酸含量均有相同的趨勢。Chou (1989) 認為強 UV 光可促進花青素與類黃素的生成；Koepe (1976) 証明向日葵在較強的 UV 光照下，會產生較多的 chlorogenic 與 isochlorogenic acid，本試驗亦証實盤固草 A254 與印度藍莖草 A70，在 100% 的光照強度下，有較多的苯酸與肉桂酸生成。

植物經由淋洗、殘體分解或根分泌的途徑，將酚酸化合物存留於土壤中 (高橋, 1988)；Tang and Young (1982) 利用 XAD-4 收集林波草的根分泌物，分析出 12 種苯酸與肉桂酸物質。本試驗經由水砂耕栽培的方式，同時利用 Amberlite XAD-4 收集盤固草 A254 與印度藍莖草 A70 的根分泌物，分析出 6 種苯酸與 2 種肉桂酸物質，此與地上部莖葉植體中所含的酚酸物質相同，而在不同光照強度下生長的牧草，其根分泌的酚酸含量並不相同，而以完全光照者的含量較高，且不同的苯酸與肉桂酸，均有相同的趨勢。

綜合以上的討論，可以歸結出盤固草 A254 與印度藍莖草 A70，此二種熱帶性的牧草的生長，受光照強度的影響甚鉅，而且其品質，特別是中洗纖維含量也受到影響，一般在 100% 光照強度與 50% 光照強度下生長的牧草，以前者為佳，中洗纖維含量亦較高，而使品質降低。植體中苯酸與肉桂酸的含量，亦以完全光照者較高，包括地上部的莖葉植體與地下部根所分泌的酚酸物質。

參考文獻

- 謝文彰、蔡文福、陳建富。1996。盤固草與印度藍莖草混植對生長、乾物產量及品質的影響。畜產研究 29：263-277。
- 謝文彰、蔡文福。1998。不同季節及生育日數對盤固草與印度藍莖草植體酚酸含量之影響。畜產研究 31：153-163。
- 高橋佳孝。1988。草地、飼料作におけるアレロパシー問題。畜產の研究 42：683-689。
- Abdul-Rahman, A. A. and S. A. Habib. 1982. Allelopathic effect of alfalfa (*Medicago sativa*) on bladygrass (*Imperata cylindrica*). J. Chem. Eco. 15：2289-2300.
- Akin, D. E., S. L. Fales, L. L. Rigsby and M. E. Snook. 1987. Temperature effects on leaf anatomy, phenolic acids, and tissue digestibility in tall fescue. Agron. J. 79：271-275.
- Bohn, P. J. 1990. Investigation into the effect of phenolic acids on forage digestibility. Sci. and Engineering. 50：4282-483.
- Brown, R. L., C. S. Tang and R. K. Nishimoto. 1983. Growth inhibition from Guava root exudates. Hort. Sci. 18：316-318.
- Chandram, D., D. purushothamun and R. Kothandraman. 1973. Soil plant growth inhibition. Plant and Soil 39：303-308.
- Chou, C. H. and C. H. Muller. 1972. Allelopathic mechanisms of *Arctostaphylos glandulosa* var. *zacaenses*.

- Am. Midl. Nat. 88 : 324-347.
- Chou, C. H. and Z. A. Patrick. 1976. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soils. J. Chem. Ecol. 2 : 369-387.
- Chou, C. L. 1989. The role of allelopathy in biochemical ecology : Experience in Taiwan *Biologia Plantum* 39 : 458-470.
- Evans, W. C. 1980. Podzol development north of Lake Huron in relation to geology and vegetation. Can. J. Soil Sci. 60 : 527-539.
- Fujji, Y. 1993. The allelopathic effect of some rice varieties. Tech. Bull. 134 : 1-6.
- Garraway, J. L. and A. M. E. Ramirez. 1982. Phenolic acids in pig slurry subjected to various treatment processes. J. Sci. Food Agri. 33 : 697-705.
- Goering, H. J. and P. G. van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. USDA ARS. Agric. Handbook No. 379.
- Guenzi, W. D. and T. M. McCalla. 1966. Phenolic acid in oat, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. Agron. J. 58 : 303-304.
- Haider, K. and J. P. Martin. 1967. Synthesis and transformation of phenolic compounds by *Epicoccum nigrum* in relation to humic acid formation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31 : 766-772.
- Henderson, M. S. and D. L. Robinson. 1980. Environmental influence on forage quality. Report of projects, Dept. of Agron. , Louisiana State Univ. pp.33.
- Kephart, K. D. 1987. Irradiance level effects on plant growth, nutritive quality, and energy exchange of C3 and C4 grasses. Dissertation Abstracts International, B (Sci. and Engineering) 48, 925B.
- Kephatr, K. D. and D. R. Buxton. 1989. Adaption and forage quality of grasses grown under shade. Proceeding of the XVI International Grassland Congress, 4-11 Oct. Nice, France. pp. 819-820.
- Kephart, K. D., D. R. Buxton and S. E. Taylor. 1992. Growth of C3 and C4 perennial grasses under reduced irradiance. Crop Sci. 32 : 1033-1038.
- Koepppe, D. E., L. M. Southwick and J. E. Bittell. 1976. The relationship of tissue chlorogenic acid concentration and leaching of phenolics from sunflowers grown under varying phosphate nutrient conditions. Can. J. Bot. 54 : 593-599.
- Luu, K. T., A. G. Matches and E. J. Peters. 1982. Allelopathic effects of tall fescue on birdfoot trefoil as influenced by N fertilization and seasonal changes. Agron, J. 74 : 805-808.
- Lynch, J. M., K. C. Hall, H. A. Anderson and A. Hepburn. 1980. Organic acids from the anaerobic decomposition of *Agropyron repens* rhizomes. Phytochemistry. 19 : 1846-1847.
- Martin, J. P. and K. Haider. 1980. Microbial degradation and stabilization of carbon-14-labeled lignins, phenols, and phenolic polymers in relation to soil humus formation. In - Krik (Ed.) Lignin Biodegradation : Microbiology, Chemistry and Potential Applications. Vol.1. CRC Press Boca Raton, Fla. pp. 77-100.
- Martin, A. K. 1982a. The origin of urinary aromatic compounds extracted by ruminants 1. The metabolism of quinic, cyclohexane carboxylic and non-phenolic aromatic acids to benzoic acid. British J. Nutr. 47 : 139-154.
- Martin, A. K. 1982b. The origin of urinary aromatic compounds extracted by ruminants 2. The metabolism of phenolic cinnamic acids to benzoic acid. British J. Nutr. 47 : 155-164.
- Morita, O., M. Goto and H. Ehara. 1994. Growth and dry matter production of pasture plants grown under reduced light conditions of summer season. Bull. Fac. Bioresources, Mie Uni. (No. 12) pp. 11-20.
- Morrison, R. I. 1958. The alkaline nitrobenzene oxidation of soil organic matter. J. Soil Sci. 9 : 130-140.

- Morrison, R. I. 1963. Products of the alkaline nitrobenzene oxidation of soil organic matter. *J. Soil Sci.* 14 : 201-216.
- Navarro - Chavira, G. and B. D. Mckersie. 1983. Growth, development and digestibility of guinea grass in two controlled environments differing in irradiance. *Tropical Agri.* 60 : 184-188.
- Okada, T. 1984. Studies on establishing a standard for cultivation of green panic for green fodder. VII. Effects of temperature and light intensity on growth. *Bulletin of the National Grassland Res.* 28 : 39-55.
- Park, M. S., S. Seo, Y. C. Han and J. W. Ryoo. 1987. Studies on grassland development in the forest. VI. Effect of shading degrees on the correlations and the variations of agronomic characteristics in the shoot and root parts of some grasses. *J. Korea. Soc. Grassland Sci.* 7 : 79-86.
- 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.
- Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry*. Wiley, New York.
- Tang, C. S. and C. C. Young. 1982. Collection and identification of allelopathic compounds from the undisturbed root system of *Bigalita Limpograss* (*Hemarthria altissima*). *Plant Physiol.* 69 : 155-160.
- Wang, T. S. C., T. K. Yang and T. T. Chuang. 1967. Soil phenolic acids as plant growth inhibitors. *Soil Sci.* 103 : 239-246.
- Young, C. C. 1984. Autointoxication in root exudates of *Asparagus officinalis* L. *Plant and Soil.* 82 : 247-253.

Effect of light intensity on growth and phenolic acids exuded from roots in pangolagrass and delhigrass⁽¹⁾

Wein-Chang Hsieh and Wen-Fu Tasi

Received : Apr. 6, 2004 ; Accepted : June 4, 2004

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of light intensity on growth and phenolic acids exuded from root in pangolagrass A254 (*Digitaria decumbens* Stent) and delhigrass A70 (*Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf). The result showed that light intensity significantly affected grass growth in sand culture in growth chamber. The treatment of the high light intensity (6000 lux) had higher plant height, more leaf number and forage yield than the low light intensity (3000 lux). High light intensity also increased neutral detergent fiber, phenolic acids content in grasses and more phenolic acids exuded from roots. Neutral detergent fiber and the phenolic acids of delhigrass A70 were higher than that of pangolagrass A254.

Key words : Light intensity, Pangolagrass, Delhigrass, Phenolic acid, Quality

(1) Contribution No.1236 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture.
(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.