

研究報告

氮肥型態對欖李 (*Lumnitzera racemosa*) 苗木生長、
葉綠素濃度及細胞活性之影響范貴珠¹ 林紫苑² 張隆城³

【摘要】本研究探討銨態氮 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 及硝酸態氮 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) 不同比例 (0/0、0/100、25/75、50/50、75/25 及 100/0) 施肥處理 30 至 120 days 後，對欖李 (*Lumnitzera racemosa*) 苗木生長、葉綠素濃度、細胞三苯基氯化四唑 (Triphenyl tetrazolium chloride, TTC) 還原性及生長介質 pH 之影響。結果顯示處理 120 days 後，苗高、地際直徑、各部位乾物重、葉片數、總葉面積及苗木品質指數等，均以 $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ 混合比例為 50/50 處理者較施用單一氮源者為佳。葉面積比 (LAR) 及葉重比 (LWR) 大致以氮肥比例為 25/75、50/50 及 75/25 等處理較高，比葉面積 (SLA) 則以 50/50 處理者最高。至於苗木之葉綠素 a、b 及總葉綠素濃度以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高，未施肥者最低。苗木葉部及根部細胞 TTC 還原性均以比例為 50/50 處理者最高 (分別為 15.16 及 11.77 O.D. g^{-1})。N 肥型態明顯影響水樣及介質 pH 值，係隨 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例增加而升高，隨 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 比例增加而下降。完全施用 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 時，水樣及介質 pH 值分別升至 7.3 及 7.6；完全施用 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 時，水樣及介質 pH 值分別降至 5.6 及 4.4。

【關鍵詞】欖李、銨態氮、硝酸態氮、苗木品質指數、葉綠素濃度、三苯基氯化四唑 (TTC) 還原性

Research paper

Effects of Nitrogen Form on the Growth, Chlorophyll
Concentration and Cell Viability of *Lumnitzera racemosa*
SeedlingsKuei-Chu Fan¹ Tzu-Yuan Lin² Lung-Cheng Chang³

【Abstract】The study examined the effects of varying level of $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio (0/0, 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 and 100/0) on the growth, chlorophyll concentration, cell triphenyl tetrazolium chloride (TTC) reduction, and medium pH of *Lumnitzera racemosa* seedlings from 30 to 120 days after treatment. The

-
1. 國立屏東科技大學森林學系副教授，通訊作者
Associate Professor, Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology. Corresponding Author.
 2. 國立屏東科技大學森林學系大學部學生
Under graduate student, Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology.
 3. 交通部觀光局大鵬灣國家風景區管理處副處長
Deputy director, Dapeng Bay National Scenic Area, Administration Tourism Bureau, Ministry of Transportation and Communications.

results indicated that 120 days after treatment, the height, diameter at root collar, dry weight of various components, number of leaves, total area of leaves, and Dickson Quality Index were the highest in $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio being 50/50 than sole N forms. The leaf area ratio (LAR) and leaf weight ratio (LWR) were high of seedlings cultivated with $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio being 25/75、50/50 and 75/25. Specific leaf area (SLA) was the highest in $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio being 50/50. Concentrations of chlorophyll a and b, as well as the total amount of chlorophylls were high for seedlings fertilized with $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio being 25/75、50/50、75/25 and 100/0, and was the lowest in 0/0 treatment. Seedlings grown at $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio being 50/50 had the highest TTC reduction of leaf and root tissue (15.16 and 11.77 O.D. g^{-1} , respectively). The pH value of cultural medium was affected markedly by nitrogen form, which was increased with increasing $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and decreased with increasing $\text{NH}_4^+\text{-N}$ nutrient solution. The water and medium pH values were up to 7.3 and 7.6 in the medium contained $\text{NO}_3^-\text{-N}$ alone, while they decreased to 5.6 and 4.4 with 100% $\text{NH}_4^+\text{-N}$ treatment.

【Key words】 *Lumnitzera racemosa*, Ammonium, Nitrate, Seedling quality index, Chlorophyll concentration, Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) reduction

一、前言

氮為植物生長所需首要元素，惟植物根部從土壤中所吸收的氮素，係以無機的銨態氮 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 及硝酸態氮 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) 為主；二種氮源在植物體內的吸收、代謝途徑及位置不同，因此植物體內陰陽離子平衡及生長均會有所差異 (Marschner, 1995)。植物一旦吸收 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 後，可直接用於氨基酸和其他需還原的物質；但若累積過量 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 合成醃胺，則會對植物造成毒害而減低植物生長量。而 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 雖不會對植物造成毒害，但植物吸收後需先將其還原為 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ，才能進行氨基酸、蛋白質及核酸的合成 (Mengel and Kirkly, 1981; Rufty *et al.*, 1983; Britto and Kronzucker, 2002)。此二種氮素均具有易溶於水的優點，且通常累積速度是其他養分的 2-4 倍，二者同時施用時甚至快 6 至 16 倍 (McFee and Stone, 1968; van den Driessche and Dangerfield, 1975; Ruan *et al.*, 2007)，因此不同植物對於 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的適應性會有所差異。

欖李 (*Lumnitzera racemosa*) 為使君子科 (Combretaceae) 之常綠喬木，主要分佈在台灣西海岸四草、安平及曾文溪口等地區。近年由於經濟開發遭受嚴重破壞與衝擊，其生育地面

積已經逐漸減少，因此國內外均將其列為稀有植物 (Hsueh and Lee, 2000; Su *et al.*, 2006)。欖李屬於較靠近內陸之紅樹林，枝條密生、開花多且樹形優美，為需優先保育之鹽澤植物及良好海岸綠化樹種 (陳明義, 2006; 鄧書麟等, 2006)；惟本種屬於非胎生性紅樹林，核果小且具纖維質，於復育、栽植及綠美化施業前，均需事先在苗圃育苗再行出栽 (范貴珠, 2006)。近來國外已研究本樹種之氣味 (Azuma *et al.*, 2002)、植物體化學成分 (王繼棟等, 2006; Ashihara *et al.*, 2003; Sato and Ashihara, 2008) 及基因變異 (Su *et al.*, 2006)；而國內學者則已進行物候學及花果形態變異 (陳慶芳等, 2003)、育苗 (陳慶芳, 1994; 1996; 陳慶芳、鄧英才, 1995) 及鹽分生理 (陳慶芳, 1995; 游仁正、許博行, 1999; 郭幸榮等, 2000; 范貴珠等, 1999 a, b; 2001; 2002) 等研究，惟對於苗木施肥方面則未見文獻述及。由於筆者曾對欖李苗木進行二項施肥試驗，一為施用 N 肥 (NH_4Cl)、P 肥 (KH_2PO_4) 及 N+P 肥，另一為單獨施用硝酸銨 (NH_4NO_3) 對苗木生長之影響，結果顯示施用 NH_4Cl 及 NH_4NO_3 對苗木之生長促進效果明顯 (資料未發表)。本研究擬繼續探討不同氮肥型態對欖李苗木生長、葉綠素濃度

及細胞活性之影響，尋求較適合此樹種生長之氮肥組合，以做為日後育苗及栽植之參考。

二、材料與方法

2007 年 7 月 14 日自台南市四草溼地採集欖李果實，以手輕觸即掉落之淡黃色成熟果實為標準，寬度為 0.8-1.2 cm，長度為 1.5-2.0 cm。將果肉洗淨後先播種在塑膠網籃中發芽；7 月 24 日將子葉出土之小苗移入直徑 9.6 cm、高 14.0 cm 及體積為 0.8 L 之黑軟盆中，栽培介質為根基旺 3 號（泥炭土：珍珠石：蛭石 = 1 : 1 : 1）。

2007 年 8 月 14 日選擇生長狀況良好且一致的苗木（苗高 2.8-3.0 cm；地際直徑 1.0-1.2 mm）進行施肥處理。每 24 個黑軟盆放入一大

型塑膠箱內（600 mm × 480 mm × 155 mm），並參考 Rothstein and Cregg (2005) 之施肥量進行試驗。

(一) 肥料種類

以硫酸銨（ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ）及硝酸鉀（ KNO_3 ）（日本島久藥品株式會社）為試驗用藥，並未施用其他養分元素。

(二) 試驗設計

以 5 種不同銨態氮（ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ）與硝酸態氮（ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ）組合及未施肥對照組等 6 種處理（表 1）。由於欖李苗木在 0.75% 鹽度下生長最佳（范貴珠等，1999a），因此各處理配製內含 0.75% NaCl 之肥料溶液。試驗採完全逢機設計，每處理重複 3 次，每重覆 12 株，試驗苗木共計 216 株。

表 1. 不同氮肥比例處理之 NH_4^+ 及 NO_3^- 肥料施用量

Table 1. Amounts of ammonium and nitrate fertilizers per varying $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ ratio treatment

處理 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$)	施肥量		養分淨含量	
	硫酸銨 (g L^{-1})	硝酸鉀 (g L^{-1})	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mmol L^{-1})	$\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mmol L^{-1})
0/100	—	0.82	—	5.00
25/75	0.61	0.62	1.25	3.75
50/50	1.21	0.41	2.50	2.50
75/25	1.82	0.21	3.75	1.25
100/0	2.42	—	5.00	—
0/0	—	—	—	—

本試驗係採用量少而提高施肥頻率之方法進行，即每隔 2 weeks 更換一次施肥溶液，塑膠箱中之溶液每天加入自來水維持在 12 L；至 2007 年 12 月 15 日止，處理 4 months 共計施肥 8 次。所有處理苗木置於屏東科技大學森林系苗圃之網室內，試驗期間溫度範圍 25-30°C，正中午遮雨棚內之光量子密度（photosynthetic

photon flux density, PPFd) 約為 1020-1430 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。

(三) 測定項目及分析

在施肥處理第 30、60、90 及 120 days 後，取樣苗木測定下列項目：

1. 形質生長測定

(1) 苗高及地際直徑

各處理取樣 9 株苗木 (3 重複 × 3 株)，調查苗高及地際直徑。

(2) 各部位乾重

各處理取 3 株苗木 (3 重複 × 1 株) 進行破壞性試驗，將苗木分為葉、莖及根部，樣本在 70°C 烘箱中烘乾 1 week 後，稱取各部位乾重 (dry weight, DW)。

(3) 葉部參數測定

四次取樣均測定每株之葉片數及總葉面積。葉面積以 Li-3000A 葉面積儀 (Li - Cor, Inc., Lincoln, Neb., USA) 測定之。此外，並計算下列參數 (Hunt, 1990)：

a、葉面積比 (leaf area ratio, LAR)

$$LAR = A / W \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)}$$

b、比葉面積 (specific leaf area, SLA)

$$SLA = A / WL \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)}$$

c、葉重比 (leaf weight ratio, LWR)

$$LWR = WL / W \text{ (g g}^{-1}\text{)}$$

A：葉面積 (cm²), W：全株乾重(g), WL：葉乾重(g)

(4) Dickson 苗木品質指數 (Dickson quality index)

以各處理之苗高、地際直徑及乾重代入下列之 Dickson 苗木品質指數公式 (Thompson, 1985)：

品質指數 (Quality index) =

$$\frac{\text{苗木乾重 (g)}}{\text{苗高 (cm) / 地際直徑 (mm) + 地上部乾重 (g) / 地下部乾重 (g)}}$$

2. 葉綠素濃度測定

各處理另取樣 3 株苗木，每株苗木選取完全展開成熟葉片，以打孔器切取葉圓片 0.1 g 左右後，加入少許海砂及液態氮研磨，再加入 10 mL DMSO (Dimethyl Sulfoxide) 萃取葉綠素；以 2 號濾紙 (Advantec Toyo) 過濾後取上層液，以分光光度計 (Hitachi, V-2000) 在波長 665 及 648 nm 測其吸光度，並以下列公式計算葉綠素濃度 (Barnes *et al.*, 1992)。不同施肥處理葉片厚度及含水率不同，故換算為每單位乾重之葉綠素濃度。

$$\text{Chl a} = (14.85 \times A_{665} - 5.14 \times A_{648}) \times [V/1000 \times (1/W)]$$

$$\text{Chl b} = (25.48 \times A_{648} - 7.36 \times A_{665}) \times [V/1000 \times (1/W)]$$

$$\text{Chl a} + \text{b} = (7.49 \times A_{665} + 20.34 \times A_{648}) \times [V/1000 \times (1/W)]$$

V：萃取體積 (mL) W：葉片乾重 (g)

單位：mg g⁻¹ 乾重

3. 葉及根部細胞 TTC 還原性測定

處理 120 days 後，各處理選取 2 株苗木之葉及根部組織，剪取 0.05 至 0.20 g 樣品加入 4 mL 三苯基氯化四唑 (Triphenyl tetrazolium chloride, TTC) 試劑 (0.6% w/v TTC 溶於 50 mM KH₂PO₄ - NaOH 中，pH 7.0)。先真空抽氣 10 min 後，於室溫及黑暗中緩慢搖動 24 hr，以產生紅色之三苯基甲潛 (Triphenyl formazan, TPF) 分子。取出葉片用去離子水沖洗並拭乾後，加入 5 mL 研磨液 (0.1 N KOH 溶於 50% v/v 酒精) 充分研磨。再加入 5 mL 己烷 (Hexane) 研磨萃取後，以 3000 rpm 離心 10 min，使 TPF 分層。取上層之有機溶液部份，以分光光度計測波長 545 nm 之吸光度 (French and Parkin, 1993)。

4. 水樣及土壤 pH 測定

(1) 水樣 pH 值

以 500 mL 塑膠瓶分別取樣各處理溶液施用前及施肥 2 weeks 之水樣，各處理重複 3 次。水樣攜回實驗室經過濾後，以手提式多功能水質分析儀 (Multi-Parameter, WTW Multi 340i, Germany) 測定水質之 pH 值。

(2) 介質 pH 值

處理第 30、60、90 及 120 days 後，各處理介質取樣 20 g，介質與水以 1：2 比例混合，重複 4 次，震盪 1 hr 後，同樣以手提式多功能水質分析儀測定之。

(五) 資料處理與分析

試驗數據以 SPSS 軟體進行單因子變異分析，並進行鄧肯氏多變域分析，以瞭解不同時間各處理平均值間之差異。

三、結果

(一) 形質生長

1. 苗高及地際直徑

苗木以不同氮肥比例處理 30 days 後，25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理之苗高較高 (圖 1A)，約在 9.4-10.0 cm 間，而未施肥者 (0/0) 及 0/100 處理則較低。至於 6 種處理苗木之直徑則無明顯差異，約為 1.5-1.8 mm

間 (圖 1B)。處理 60 days 後， $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 比例為 50/50 處理之苗高及地徑已較其他處理為高。至施肥第 90 及 120 days 後亦呈相似趨勢，其中第 120 天時，50/50 處理之苗高及地徑已分別達 34.0 cm 及 5.2 mm；其次為 25/75、75/25 及 100/0 等 3 種處理。至於未施肥處理之苗高及地徑分別為 15.0 cm 及 3.3 mm，僅約為 50/50 處理之 1/2。

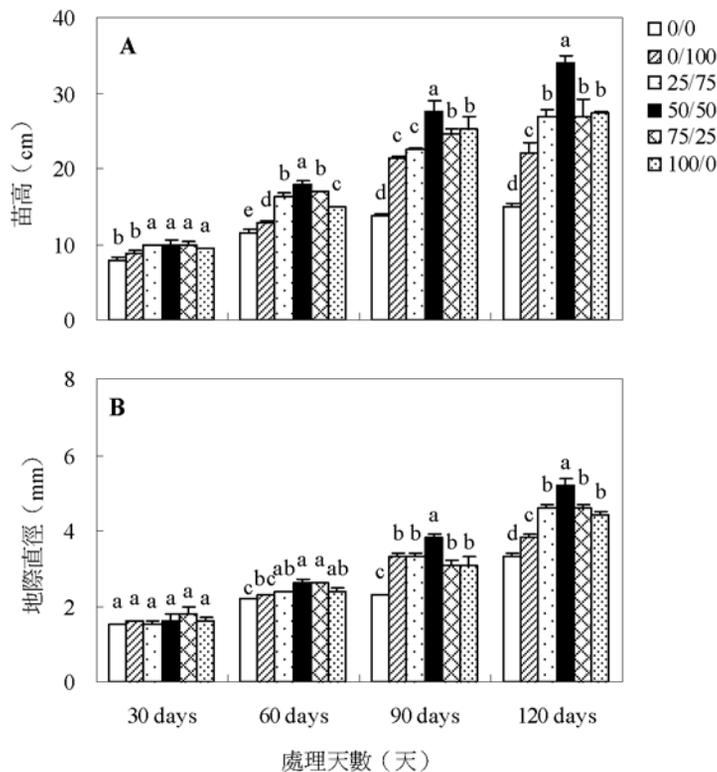


圖 1. 不同氮肥比例處理 30、60、90 及 120 days 後欖李苗木之苗高 (A) 及地際直徑 (B) (n = 9)
 Fig. 1. Height (A), and diameter at root collar (B) of *L. racemosa* seedlings grown under varying $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio for 30, 60, 90 and 120 days (n = 9).

* : 英文字母為鄧肯氏多變域分析結果，不同字母表示差異顯著 $p < 0.05$ ，以下皆同 (平均值±標準差)

* : Different letters indicate significant difference at $p < 0.05$, under Duncan's test. Same as follows. (The values present as mean ± standard error).

2. 各部位乾重

處理 30 days 後，各處理之苗木除根乾重無顯著差異外，葉、莖及總乾重均以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等處理較高 (表 2)；完

全施用 NO_3^- -N 之苗木各部位乾重次之，未施肥處理者則最低。處理 60 days 後，各部位乾重亦呈相似之變化趨勢。至處理 90 days 後，以 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 比例為 50/50 處理之各部位乾重

及總乾重最高，其他施肥處理者次之。處理 120 days 後仍呈相似趨勢，其中 50/50 處理之總乾重已達 4.78 g，而未施肥處理者僅 0.86 g，約為前者之 1/6 (圖 2A、B)。

表 2. 不同氮肥比例處理 30、60、90 及 120 days 後苗木各部位乾物量 (n = 3)

Table 2. Dry weights of *L. racemosa* seedlings grown under varying $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ ratio for 30, 60, 90 and 120 days (n = 3)

測定項目	不同氮肥比例 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$)					
	0/0	0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
30 days						
葉乾重(g)	0.03±0.00 ^c	0.04±0.00 ^b	0.06±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a
莖乾重(g)	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a
根乾重(g)	0.01±0.00 ^{ns}	0.01±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00
總乾重(g)	0.06±0.00 ^c	0.08±0.01 ^b	0.11±0.00 ^a	0.10±0.00 ^a	0.11±0.00 ^a	0.11±0.01 ^a
60 days						
葉乾重(g)	0.12±0.02 ^c	0.20±0.01 ^b	0.30±0.03 ^a	0.30±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a	0.28±0.03 ^a
莖乾重(g)	0.08±0.01 ^c	0.11±0.00 ^b	0.16±0.01 ^a	0.16±0.00 ^a	0.18±0.01 ^a	0.13±0.01 ^b
根乾重(g)	0.04±0.00 ^b	0.05±0.00 ^b	0.06±0.00 ^a	0.07±0.01 ^a	0.07±0.00 ^a	0.04±0.00 ^b
總乾重(g)	0.24±0.03 ^d	0.37±0.01 ^c	0.52±0.05 ^{ab}	0.54±0.03 ^{ab}	0.58±0.01 ^a	0.45±0.04 ^{bc}
90 days						
葉乾重(g)	0.24±0.02 ^d	0.77±0.05 ^c	0.89±0.04 ^{bc}	1.33±0.08 ^a	0.95±0.05 ^b	1.03±0.01 ^b
莖乾重(g)	0.17±0.02 ^c	0.36±0.03 ^b	0.44±0.01 ^b	0.60±0.01 ^a	0.43±0.02 ^b	0.43±0.06 ^b
根乾重(g)	0.14±0.02 ^c	0.24±0.03 ^b	0.24±0.02 ^b	0.32±0.02 ^a	0.19±0.02 ^{bc}	0.17±0.03 ^{bc}
總乾重(g)	0.55±0.07 ^c	1.34±0.09 ^b	1.55±0.06 ^b	2.24±0.10 ^a	1.54±0.09 ^b	1.58±0.16 ^b
120 days						
葉乾重(g)	0.38±0.01 ^d	0.99±0.14 ^c	1.72±0.06 ^b	2.67±0.21 ^a	1.71±0.11 ^b	1.68±0.20 ^b
莖乾重(g)	0.24±0.00 ^d	0.50±0.06 ^c	0.90±0.04 ^b	1.62±0.02 ^a	1.01±0.19 ^b	0.90±0.00 ^b
根乾重(g)	0.24±0.03 ^c	0.31±0.02 ^{bc}	0.46±0.04 ^b	0.66±0.12 ^a	0.35±0.06 ^{bc}	0.33±0.02 ^{bc}
總乾重(g)	0.86±0.04 ^d	1.80±0.17 ^c	3.08±0.04 ^b	4.78±0.36 ^a	3.24±0.55 ^b	2.93±0.21 ^b

* : 每列英文字母為鄧肯氏多變域分析結果，不同字母表示差異顯著 $p < 0.05$ ，以下皆同 (平均值±標準差)

* : In each row, different letters indicate significant difference at $p < 0.05$, under Duncan's test. Same as follows. (The values present as mean ± standard error).

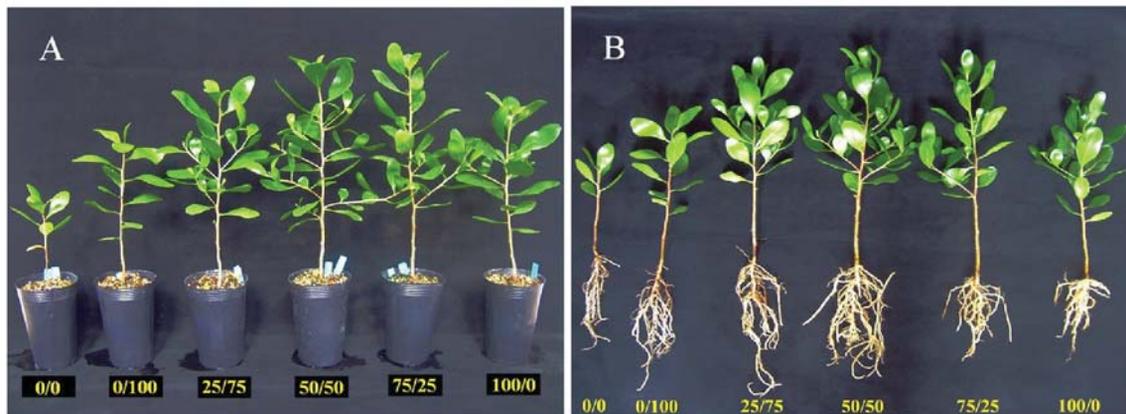


圖 2. 處理 120 days 後， $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 比例為 50/50 處理之欖李苗木地上部(A)及根系(B)生長勢均最佳
Fig. 2. Shoot (A) and root (B) growth performance of *L. racemosa* seedling was enhanced grown under $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio being 50/50 for 120 days.

3. 葉部參數變化

施肥處理 30 及 60 days 天後，葉片數及總葉面積以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高，0/100 及對照處理較低 (表 3)。處理時間增加至第 90 及 120 days 時，2 種葉片參數則以 50/50 處理最高，此處理第 120 days 之總葉面積已高達 393.2 cm^2 。完全施用 NO_3^- -N 及 NH_4^+ -N 之苗木 2 種葉片參數值均較低，而未施肥處理者最低，分別為 7.0 片及 50.2 cm^2 。

苗木之葉面積比 (LAR) 在第 30 及 60 days 時，大致以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高 (表 3)；至處理 90 及 120 days 後，則以 25/75、50/50 及 75/25 等 3 種處理較高，完全施用 NO_3^- -N 及 NH_4^+ -N 之苗木次之；而對照組之 LAR 在第 120 days 最低，僅 $58.5 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ 。各處理苗木之比葉面積 (SLA) 在第 30 days 時並無顯著差異，至處理 60 days 後以 25/75、50/50 及 75/25 等處理者較高。隨施肥時間增加至 120 days 後，50/50 處理苗木之 SLA 達最高 ($167.8 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$)，25/75 及 75/25 等 2 處理次之；完全施用 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N 及對照組之 SLA 則較低，範圍在 133.7 - $136.3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ 間。苗木之葉重比 (LWR) 無論是處理 30、60、

90 及 120 days 後，均以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高 (表 3)，而完全施用 NO_3^- -N 者較低；至於對照組 (0/0) 苗木之 LWR 最低，第 120 days 時為 0.42 g g^{-1} 。

4. 苗木品質指數

處理 30 days 後，不同處理之苗木品質指數並無顯著差異 (表 4)。至第 60 天時，氮肥比例為 50/50 處理者品質指數明顯最高，未施肥處理者最低。處理時間增加至第 90 及 120 天時均呈相似變化趨勢，第 120 天時，50/50 處理者品質指數已達 0.39，其次為 25/75 及 75/25 等 2 種處理 (0.25)；而單一施用 NO_3^- -N (0/100) 及 NH_4^+ -N (100/0) 者品質指數均為 0.19，未施肥處理者則最低 (0.12)。

(二) 葉綠素濃度

苗木之葉綠素 a、b 及總葉綠素濃度在處理 30、60、90 及 120 days 後，均以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高 (表 5)。在第 120 days 時，4 種處理苗木之總葉綠素濃度在 1.63 - 1.68 mg g^{-1} 間；而完全施用 NO_3^- -N (0/100) 處理者次之，對照組苗木之光合色素濃度最低，總葉綠素濃度僅 0.86 mg g^{-1} ，約為 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理之 1/2。

表 3. 不同氮肥比例處理 30、60、90 及 120 days 後欖李苗木之葉部參數 (n = 3)

Table 3. Leaf morphology of *L. racemosa* seedlings grown under varying $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ ratio for 30, 60, 90 and 120 days (n = 3)

測定項目	不同氮肥比例 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$)					
	0/0	0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
30 days						
葉片數(片)	2.7±0.3 ^b	3.3±0.3 ^b	4.0±0.0 ^a	4.0±0.0 ^a	4.0±0.0 ^a	4.3±0.3 ^a
總葉面積 (cm^2 per plant)	7.5±0.4 ^c	10.1±1.0 ^b	15.3±0.9 ^a	14.0±0.8 ^a	14.7±0.8 ^a	15.6±0.9 ^a
葉面積比(LAR) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	118.6±6.1 ^b	123.5±4.6 ^{ab}	139.3±5.6 ^a	137.2±5.8 ^a	134.0±3.7 ^a	138.9±3.9 ^a
比葉面積(SLA) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	268.9±18.4 ^{ns}	241.8±5.7	250.2±7.7	252.6±6.3	245.8±10.3	242.4±0.8
葉重比 (LWR)(g g^{-1})	0.44±0.01 ^c	0.51±0.01 ^b	0.56±0.01 ^a	0.54±0.01 ^a	0.55±0.00 ^a	0.57±0.01 ^a
60 days						
葉片數(片)	5.5±0.5 ^c	7.5±0.5 ^b	8.7±0.4 ^a	9.3±0.3 ^a	10.0±0.5 ^a	10.0±0.0 ^a
總葉面積 (cm^2 per plant)	23.3±3.1 ^c	35.9±1.9 ^b	59.2±5.4 ^a	61.4±3.4 ^a	63.9±1.2 ^a	59.7±0.4 ^a
葉面積比(LAR) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	96.0±2.6 ^b	96.3±4.9 ^b	110.1±1.8 ^a	117.2±1.0 ^a	109.6±1.4 ^a	117.9±4.3 ^a
比葉面積(SLA) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	189.0±6.5 ^b	183.7±3.5 ^b	194.9±3.6 ^{ab}	204.6±3.0 ^a	192.3±1.0 ^{ab}	184.4±3.1 ^b
葉重比(LWR) (g g^{-1})	0.49±0.01 ^c	0.52±0.01 ^b	0.56±0.01 ^a	0.57±0.01 ^a	0.58±0.01 ^a	0.60±0.01 ^a
90 days						
葉片數(片)	7.0±0.3 ^d	12.0±0.0 ^c	16.5±1.5 ^b	21.0±1.0 ^a	16.5±0.5 ^b	114.5±0.5 ^b
總葉面積 (cm^2 per plant)	37.7±2.6 ^d	123.8±5.1 ^c	158.4±4.6 ^b	279.7±18.6 ^a	157.7±2.3 ^b	149.0±9.7 ^b
葉面積比(LAR) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	68.9±4.2 ^c	92.7±4.2 ^b	102.4±3.2 ^{ab}	115.1±9.2 ^a	103.2±4.2 ^{ab}	95.1±3.8 ^b
比葉面積(SLA) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	150.1±4.6 ^c	162.0±7.1 ^{bc}	177.5±5.8 ^{ab}	181.3±0.6 ^a	178.0±4.9 ^{ab}	160.6±3.7 ^{bc}
葉重比(LWR) (g g^{-1})	0.48±0.01 ^c	0.55±0.01 ^b	0.57±0.01 ^{ab}	0.59±0.01 ^a	0.60±0.01 ^a	0.60±0.01 ^a
120 days						
葉片數(片)	7.0±0.0 ^d	12.5±0.5 ^c	23.0±2.0 ^b	35.5±0.5 ^a	23.0±1.0 ^b	14.5±0.5 ^c
總葉面積 (cm^2 per plant)	50.2±1.1 ^e	141.6±5.1 ^d	248.9±0.5 ^b	393.2±8.8 ^a	245.6±8.5 ^b	203.7±7.7 ^c
葉面積比(LAR) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	58.5±2.3 ^d	71.1±4.6 ^c	81.2±1.5 ^{ab}	86.5±0.5 ^a	82.9±3.9 ^{ab}	75.3±1.7 ^b
比葉面積(SLA) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	133.7±0.9 ^c	134.7±2.3 ^c	156.2±0.6 ^b	167.8±7.8 ^a	148.4±3.3 ^b	136.3±2.9 ^c
葉重比(LWR) (g g^{-1})	0.42±0.01 ^c	0.50±0.02 ^b	0.56±0.02 ^{ab}	0.60±0.01 ^a	0.60±0.01 ^a	0.55±0.01 ^{ab}

表 4. 不同氮肥比例處理 30、60、90 及 120 days 欖李苗木 Dickson 苗木品質指數 (n = 3)

Table 4. Dickson Quality Index of *L. racemosa* seedlings grown under varying $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ ratio for 30, 60, 90 and 120 days (n = 3)

處理天數	不同氮肥比例 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$)					
	0/0	0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
30	0.01±0.00 ^{ns}	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
60	0.02±0.00 ^d	0.03±0.00 ^c	0.04±0.01 ^b	0.05±0.01 ^a	0.04±0.00 ^b	0.03±0.00 ^c
90	0.06±0.01 ^c	0.11±0.01 ^b	0.12±0.01 ^b	0.17±0.01 ^a	0.11±0.01 ^b	0.11±0.01 ^b
120	0.12±0.01 ^d	0.19±0.01 ^c	0.25±0.01 ^b	0.39±0.01 ^a	0.25±0.03 ^b	0.19±0.01 ^c

表 5. 不同氮肥比例處理 30、60、90 及 120 days 後欖李苗木葉片之葉綠素濃度 (單位: mg g^{-1}) (n = 3)Table 5. Chlorophyll concentrations of *L. racemosa* seedlings grown under varying $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ ratio for 30, 60, 90 and 120 days (mg g^{-1}) (n = 3)

測定項目	不同氮肥比例 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$)					
	0/0	0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
30 days						
葉綠素 a	0.93±0.05 ^b	1.18±0.00 ^a	1.20±0.03 ^a	1.23±0.04 ^a	1.28±0.05 ^a	1.31±0.05 ^a
葉綠素 b	0.25±0.02 ^b	0.29±0.00 ^b	0.32±0.03 ^{ab}	0.30±0.01 ^{ab}	0.36±0.03 ^a	0.36±0.03 ^a
葉綠素 a+b	1.18±0.06 ^c	1.47±0.00 ^b	1.51±0.01 ^{ab}	1.52±0.05 ^{ab}	1.64±0.03 ^a	1.67±0.04 ^a
60 days						
葉綠素 a	0.82±0.01 ^b	1.13±0.02 ^{ab}	1.15±0.04 ^a	1.17±0.01 ^a	1.20±0.01 ^a	1.24±0.01 ^a
葉綠素 b	0.26±0.00 ^c	0.29±0.00 ^{bc}	0.30±0.01 ^{ab}	0.30±0.01 ^{ab}	0.36±0.02 ^a	0.34±0.01 ^a
葉綠素 a+b	1.08±0.02 ^c	1.42±0.02 ^b	1.45±0.04 ^{ab}	1.47±0.00 ^{ab}	1.56±0.01 ^a	1.57±0.00 ^a
90 days						
葉綠素 a	0.58±0.01 ^d	1.03±0.01 ^c	1.19±0.02 ^b	1.20±0.02 ^{ab}	1.26±0.02 ^a	1.29±0.05 ^a
葉綠素 b	0.16±0.01 ^c	0.24±0.01 ^b	0.30±0.01 ^a	0.31±0.01 ^a	0.32±0.01 ^a	0.32±0.05 ^a
葉綠素 a+b	0.74±0.02 ^c	1.27±0.01 ^b	1.49±0.02 ^{ab}	1.51±0.01 ^{ab}	1.58±0.02 ^a	1.61±0.00 ^a
120 days						
葉綠素 a	0.67±0.02 ^c	1.12±0.01 ^b	1.30±0.11 ^a	1.33±0.00 ^a	1.35±0.01 ^a	1.33±0.02 ^a
葉綠素 b	0.19±0.01 ^b	0.28±0.01 ^b	0.33±0.00 ^a	0.32±0.01 ^a	0.33±0.01 ^a	0.35±0.03 ^a
葉綠素 a+b	0.86±0.02 ^c	1.40±0.00 ^b	1.63±0.11 ^a	1.64±0.01 ^a	1.68±0.05 ^a	1.68±0.06 ^a

(三) 葉及根部細胞 TTC 還原性

不同氮肥比例處理 120 days 後，葉部細胞之 TTC 還原性以 50/50 處理者最高 (圖 3A)，達 15.16 O.D. g^{-1} ，其次為 75/25 及 100/0 等 2 處理；至於對照組、0/100 及 25/75 等 3 種處理之葉部細胞 TTC 還原性較低，範圍在

3.75-5.25 O.D. g^{-1} 間。此外，苗木根部細胞之 TTC 還原性亦以 50/50 處理者較高 (11.77 O.D. g^{-1}) (圖 3B)，但在統計上與 0/100、25/75、75/25 等處理無顯著差異。完全施用 NH_4^+ -N 者 (0/100) 之根部細胞 TTC 還原性甚至較對照組為低，僅 6.21 O.D. g^{-1} 。

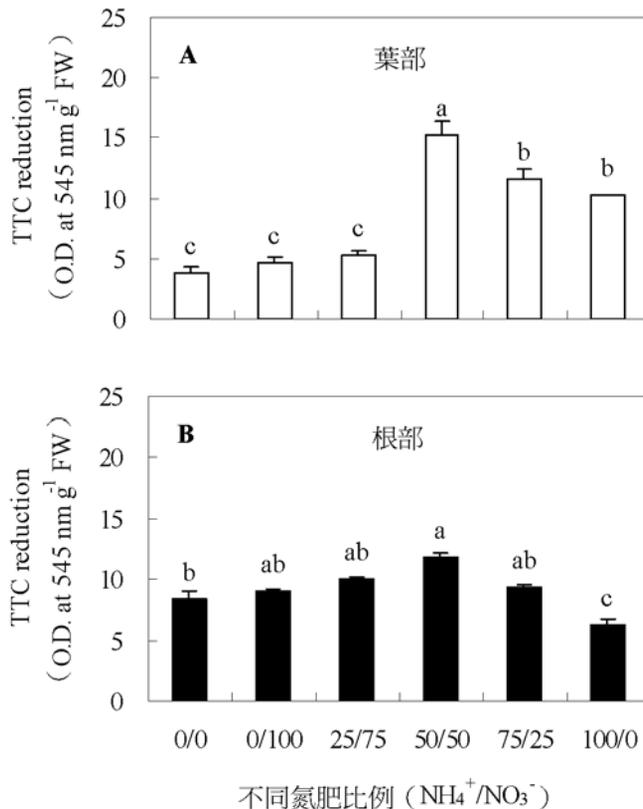


圖 3. 不同氮肥比例處理 120 days 後欖李苗木葉片及根部組織之 TTC 還原性 (單位: O.D. g^{-1}) (n = 3)
 Fig. 3. TTC reduction (O.D. at 545 nm g^{-1} FW) of leaf and root tissues of *L. racemosa* seedlings grown under varying $NH_4^+ : NO_3^-$ ratio for 30, 60, 90 and 120 days (n = 3).

(四) 水樣 pH 值

六種不同氮肥比例處理新鮮配製溶液之 pH 均無顯著差異，約在 6.3-6.5 間 (圖 4)，而處理 2 weeks 後水樣之 pH 隨施用 NH_4^+ -N 比例增加而下降；其中完全施用 NH_4^+ -N 之 100/0 處理，pH 由 6.4 降至 5.6。而完全為 NO_3^- -N 之 0/100 及未施肥處理之 pH 則均上升至 7.3 左右。

(五) 介質 pH 值

栽植苗木之根基旺介質 pH 為 7.1，施用不同氮肥比例 30 days 後，以完全為 NO_3^- -N 之 0/100 處理 pH 最高 (7.3) (圖 5)，其次為對照組處理；至於其他處理介質之 pH 則明顯降低至 6.1-6.3 間。至第 60、90 及 120 days 後，亦均以完全施用 NO_3^- -N 之 0/100 處理 pH 最高，且隨處理天數增加而呈逐漸升高趨勢。此外，第 60 days 時，pH 則隨施用 NH_4^+ -N 比例增加而

明顯降低；其中 75/25 與 100/0 等 2 種處理之

介質在第 120 days 時更低，pH 均降至 4.4 左右。

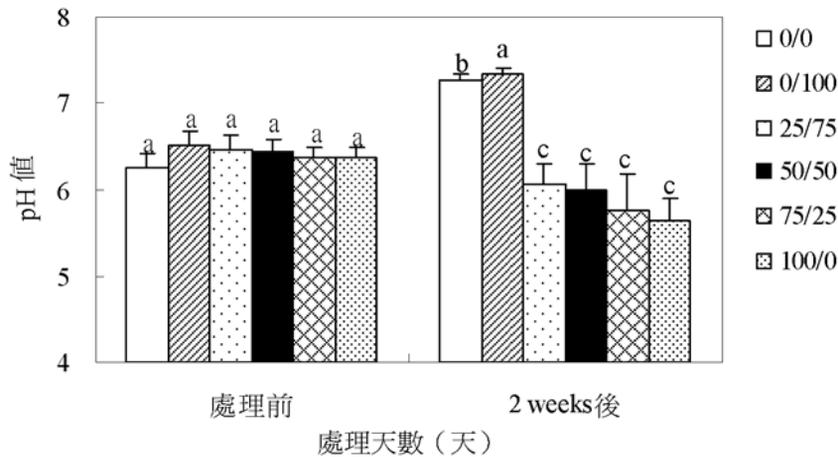


圖 4. 不同氮肥比例處理前與處理 2 weeks 後水樣之 pH 值 (n = 3)

Fig. 4. pH value of water under varying NH₄⁺ : NO₃⁻ ratio for initial and 2 weeks after treatment (n = 3). 註：處理前：6 種處理之新鮮配製水樣；處理後：施肥 2 weeks 後需更換之水樣

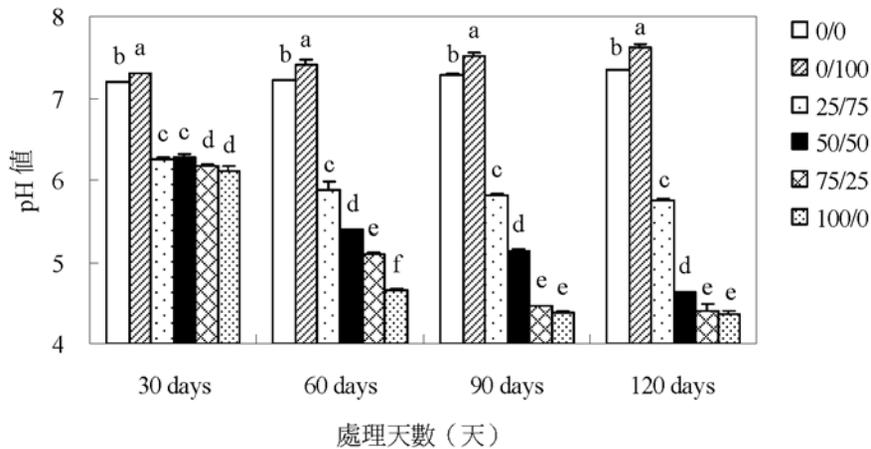


圖 5. 不同氮肥比例處理 30、60、90 及 120 days 後介質之 pH 值 (n = 4)

Fig. 5. pH value of medium under varying NH₄⁺ : NO₃⁻ ratio for 30, 60, 90 and 120 days (n = 4).

四、討論

NH₄⁺-N 及 NO₃⁻-N 二種氮肥主要影響 N 素吸收及同化之能量、其他養分吸收、離子平衡、pH 調節及體內滲透穩衡作用 (Osmotic homeostasis) 等生理作用，造成不同植物之生長有所差異 (Britto and Kronzucker, 2002)。櫟

李苗木施用不同比例 NH₄⁺-N 及 NO₃⁻-N 經 30 及 60 days 後，大致以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種施肥處理之苗高、地際直徑及各部位乾物重較高；至處理 90 及 120 days 後，則以 NH₄⁺-N/NO₃⁻-N 比例為 50/50 二種混合氮源處理者最高 (圖 1A；1B)。此與花旗松

(*Pseudotsuga menziesii*)、北美西部鐵杉 (*Tsuga heterophylla*)、白雲杉 (*Picea glauca*)、挪威雲杉 (*Picea abies*) (van den Driessche, 1971)、薩爾瓦多銀合歡 (*Leucaena leucocephala*) (洪富文等, 1986)、木荷 (*Schima superba*) (許原瑞等, 1995)、瓊崖海棠 (*Calophyllum inophyllum*) (范貴珠、張峻德, 1996)、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) (張彥東等, 2000; 吳楚等, 2003)、加拿大冷杉 (*Abies fraseri*) (Rothstein and Cregg, 2005) 及邊緣桉 (*Eucalyptus marginata*) (Woodward *et al.*, 2006) 等樹種反應相似; 可能因混合氮源使運送至葉部之 P、K、Ca 及 Mg 等養分含量、氣孔導度及水分吸收速率維持一定, 而使光合作用效率較高 (Rothstein and Cregg, 2005), 或 NO_3^- -N 中加入 NH_4^+ 可降低 14% 之谷氨酸脫羧酶 (Glutamate dehydrogenase) 活性, 而改變銨同化作用之路徑, 所節省之能量可增加全株植物之 N 含量 (Kant *et al.*, 2007), 因而可獲得較佳之生長。施用 NH_4^+ -N/ NO_3^- -N 比例為 75/25、25/75 及 100/0 等 3 處理之各部位乾重及總乾重次之, 而完全施用 NO_3^- -N 苗木之總乾重則明顯降低至 1.80 g (表 2), 由此可知欖李苗木對於 NO_3^- -N 較為敏感, 與 5 種龍腦相科樹種 (Norisada and Kojima, 2005) 及茶樹 (*Camellia sinensis*) (Ruan *et al.*, 2007) 反應相似。

植物之光合組織面積、活力與生長有很大關係 (Hunt, 1990), 欖李在不同比例氮肥中生長 30 及 60 days 後, 葉片數及總葉面積均以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高 (表 3)。至生長 90 及 120 days 後, 則以 50/50 處理者最高, 且苗木之總葉面積分別達 279.7 及 393.2 cm^2 , 顯示混合施用二種氮源時, 葉片形質生長較施用單一氮源者為佳, 此與瓊崖海棠 (范貴珠、張峻德, 1996)、木荷 (許原瑞等, 1995)、花旗松 (van den Driessche, 1971; Olsthoorn *et al.*, 1991)、英國櫟 (*Quercus robur*) (Thomas and Hilker, 2000) 及苦檻藍 (范貴珠、張嘉容, 2009) 等樹種之葉部形質表現相似。

Ota and Yamamoto (1989) 認為混合施用二種氮源時, 因 NO_3^- 可減少葉部 NH_4^+ 之毒害作用, 使蛋白質合成量增加而明顯促進葉部生長, 植株因而會有最大生長量, 此亦應為混合氮源處理能使欖李苗木生長最佳的主要原因之一。

葉面積比 (LAR) 反應光合表面積與呼吸質量 (Respiratory mass) 之關係, 係表示植物葉部繁茂程度的型態指數, 為測定收入 (Income) 及支出 (Expenditure) 間之支付平衡關係。LAR 是比葉面積 (SLA) 與葉重比 (LWR) 二個組成成分的函數; SLA 是葉部結構之重要指數, 表示葉之厚度及葉機械組織之數量; 而 LWR 是測定植物以乾物重為基礎的葉繁茂狀態 (Leafiness), 一般 SLA 較 LWR 對環境的變化較為敏感 (Hunt, 1990)。欖李苗木以不同氮肥比例處理 30 及 60 days 後, 大致以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理之 LAR 較高 (表 3); 至處理 90 及 120 days 後, 以施用混合性氮肥之 25/75、50/50 及 75/50 處理者較高, 完全施用 NO_3^- -N 及 NH_4^+ -N 之苗木 LAR 較低, 顯示混合性施肥可使苗木之光合作用及呼吸作用間之收支較為平衡。此外, 欖李苗木之 SLA 在處理 30 days 後雖無顯著差異 (表 3), 惟至處理 60 days 後, 以氮肥比例為 25/75、50/50 及 75/25 等 3 種處理者較高。隨施肥時間增加至 120 days 後, 50/50 處理苗木之 SLA 達最高 (167.8 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$); 此與高梁施用混合二種氮源後, 在所有生長階段中之 SLA 均較施用單一氮源者為高 (Ahmed *et al.*, 2007) 結果一致。而葉重比 (LWR) 係葉部生物量佔總生物量之比, 用以測定植物的生產投資 (Productive investment) 程度 (Hunt, 1990)。欖李苗木之 LWR 在處理 30、60、90 及 120 days 後, 均以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高 (表 3), 顯示各處理有較多的葉片合成碳水化合物, 以供苗木形質生長之用。而未施肥苗木在各處理期間之 LWR 均最低, 此可能因缺乏養分而影響葉片功能及整株葉量, 導致苗木形質生長最差 (表 2)。

Dickson 苗木品質指數係綜合苗木生物量、苗高、地際直徑等參數，兼顧苗木形狀與結構狀況；公式中包括纖弱指數（苗高/苗木乾重）、徒長指數（苗高/地徑）及梢/根比（S/R）等，可在林業上作為苗木選別或土壤養分狀態評估之用（Thompson, 1985; Gazal *et al.*, 2004）。欖李以不同比例氮肥處理 30 days 後，各處理苗木之品質指數並無顯著差異（表 4），顯示本樹種生長初期不受氮肥型態之影響。當處理時間增加至 60、90 及 120 days 後，50/50 處理之苗木因苗高、地際直徑及生物量等參數最大（圖 1、表 2），因此第 120 days 時品質指數最高（0.39），而對照組則最低（0.12），此與苦檻藍扦插苗（范貴珠、張嘉容，2009）之反應相似。

氮素係植物葉綠素構成的主要養分元素，葉綠體發育及葉綠素合成會因不同氮素型態而有所差異（Winter *et al.*, 1982）。對大部分高等植物而言， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 對植物葉綠體發育及葉綠素合成的影響較 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 顯著（Ahmad and Hellebust, 1990; Mihailović *et al.*, 1997; Norisada and Kojima, 2005）。許原瑞等（1995）及 Winter *et al.*（1982）則指出雖然 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 較 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 對植物葉綠素的合成影響效果明顯，但混合施用二種型態氮源時更能促進葉綠素的合成；惟吳楚等（2003；2005）指出水曲柳幼苗施用之 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例從 0 增加至 75% 時，光合色素濃度會有增加趨勢。欖李苗木之葉綠素 a、b 及總葉綠素濃度在各處理前間，均以 25/75、50/50、75/25 及 100/0 等 4 種處理較高（表 5），顯示施用一定比例之 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 對欖李苗木光合色素合成有促進效果；此與范貴珠、張峻德（1996）、Ahmad and Hellebust（1990）、Blanke *et al.*（1996）、Mihailović *et al.*（1997）及 Norisada and Kojima（2005）的研究結果一致。

施用 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 會增加葉綠素含量的可能機制，Harris and Kirk（1969）認為係因施用 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 後，植物細胞的葉綠素合成速度較施用 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 者快 30 倍。而 Winter *et al.*（1982）以顯微鏡觀測 *Moricandia arvensis* 之葉部解剖

構造時指出，二種型態氮源對維管束鞘細胞（Bundle-sheath cell）及葉肉細胞（Mesophyll cells）之葉綠體大小及結構並無影響；惟以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 為氮源者，葉綠體內會聚集許多植物鐵磷蛋白（Phytoferritin）顆粒，此為無毒性的儲存物質，可供為葉綠素合成之用。Mihailović *et al.*（1997）研究則顯示 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 可使小麥葉綠素含量及葉綠素酶（Chlorophyllase）活性增加。至於完全施用 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ （0/100）處理苗木，可能因運送至葉部之 N 不足，而影響硝酸同化作用進行，因此葉片葉綠素含量較低（Norisada and Kojima, 2005; Ruan *et al.*, 2007）。

TTC 還原性染色生物檢定法之原理，係由 TTC 本身接受來自有氧呼吸之 H^+ 及 e^- ，還原後呈紅色之 TPF。細胞死亡後，呼吸作用停止，便無法將 TTC 還原，因此以分光光度計測反應後之吸光度高低，常作為判斷細胞活力、種子或植物體正常功能之指標（French and Parkin, 1993; Upadhyaya and Caldwell, 1993; Gibon *et al.*, 1997; Bačkor and Fahsel, 2005）。欖李苗木以不同氮肥比例處理 120 days 後，葉部細胞之 TTC 還原性以 50/50 處理最高（15.16 O.D. g^{-1} ）（圖 2A），表示此處理苗木葉片細胞呼吸活力最旺盛。由於至今國內外尚未見探討施肥對葉部細胞 TTC 還原性之研究，故此氮肥比例與苗木重要生理反應及形質生長間之關係，仍需進一步研究探討。至於 0/0、0/100 及 25/75 等 3 種處理葉部細胞之 TTC 還原性較低，是否因未施肥及施用 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 會導致葉部 N 及葉綠素濃度較低（Norisada and Kojima, 2005; Ruan *et al.*, 2007），因而影響細胞呼吸活力？亦有待深入研究釐清。

植物根系對地上部生長發育的影響，不僅取決於根系生長量、吸收面積空間分布，還取決於根系活力；而 TTC 還原能力與根系呼吸作用有關，可做為根系活力大小的重要指標（宋海星、李生秀，2004；Clemensson-Lindell, 1994; Clemensson-Lindell and Persson, 1995）。目前已有學者用以探討養分對膜莢黃芪

(*Astragalus membranaceus*) (譚勇等, 2007)、小麥 (*Triticum aestivum*) (韓勝芳等, 2007)、玉米 (*Zea mays*) (宋海星、李生秀, 2004) 及蕃茄 (*Lycopersicon esculentum*) (劉永華等, 2005) 等植物根系活性之影響。欖李苗木根部細胞 TTC 之還原性亦以 50/50 處理較高 (11.77 O.D. g^{-1}) (圖 3B), 顯示此氮肥比例能促進苗木之根系活力, 因而苗木根系生長較佳 (表 2、圖 2B)。此外, 雖然 NH_4^+-N 的同化作用主要在根部進行 (Ganmore-Neumann and Kafkafi, 1983), 且 Miller *et al.* (1991) 認為施用 NH_4^+-N 會增加根部呼吸作用, 但欖李完全施用 NH_4^+-N 時因介質 pH 明顯降低 (圖 4、5), 苗木根部生長較差 (表 2、圖 2B), 導致根系細胞 TTC 還原性下降 (僅 6.21 O.D. g^{-1}) (圖 3B), 此與蕃茄 (劉永華等, 2005)、蘇格蘭松 (*Pinus sylvestris*) (Clemensson-Lindell, 1994) 及挪威雲杉 (Clemensson-Lindell and Persson, 1995) 等植物, 在施用 NH_4^+-N 後根系細胞 TTC 還原性均較低之結果一致。

通常植物在施用 NH_4^+-N 後, 為平衡細胞內的正負電價會釋出 H^+ 離子, 而使土壤 pH 值降低; 而施用 NO_3^--N 則會使根部釋出 OH^- 及 HCO_3^- , 導致土壤 pH 升高 (Mengel and Kirbky, 1981; Britto and Kronzucker, 2002)。欖李苗木施用完全 NO_3^--N (0/100) 時, 2 weeks 後之水樣及 120 days 後之介質 pH 分別上升至 7.3 及 7.6 (圖 3、4), 推測可能因根系呼吸作用仍高 (圖 3B), 導致介質中累積之 CO_2 較多所致。此外, 介質之 pH 值隨施用 NH_4^+ 比例之增加而下降; 其中第 120 days 時, 75/25 及 100/0 處理之介質 pH 值均已降低為 4.4 左右 (圖 5)。至於 NH_4^+-N/NO_3^--N 比例為 50/50 處理之介質 pH 值雖降至 4.83 (圖 4), 但苗木形質生長表現 (圖 1、圖 2、表 2、表 3、表 4)、葉綠素濃度 (表 5)、葉片及根系細胞活力 (圖 3) 表現均佳, 推測欖李在育苗階段可能較喜好 pH 低之生長介質。

五、結論

綜合上述結果, 欖李苗木施用單一 NH_4^+-N 或 NO_3^--N 肥後之形質生長及生理反應均較差。而混合施用二種氮肥可使苗木生長較佳, 其中以 NH_4^+-N/NO_3^--N 比例為 50/50 處理者, 因生長介質之 pH 值維持較低狀態, 推測植物因而會有最佳的能量貯存效益, 因此苗木之形質生長、苗木品質、光合色素濃度及細胞 TTC 還原性等生理表現最佳, 此結果應可作為未來本稀有紅樹林育苗時之參考。

六、致謝

感謝本校森林系梁慈娟、張嘉容、徐誠宏、黃稚甄、曾彥倫及吳政憲等多位同學, 在苗木培育、採樣及室內化學分析上之大力協助, 並感謝審查委員之寶貴意見, 使本文得以順利完成。

七、引用文獻

- 王繼棟、董美玲、張文、沈旭、郭躍偉 (2006) 紅樹林植物欖李的化學成分。中國天然藥物 4(3): 185-187。
- 宋海星、李生秀 (2004) 水、氮供應和土壤空間所引起的根系生理特性變化。植物營養與肥料學報 10(1): 6-11。
- 吳楚、王政權、范志強、孫海龍 (2003) 不同氮濃度和形態比例對水曲柳幼苗葉綠素合成、光合作用以及生物量分配的影響。植物生態學報 27(6): 771-779。
- 吳楚、王政權、范志強 (2005) 氮素形態處理下水曲柳幼苗養分吸收利用與生長及養分分配與生物量分配的關係。生態學報 25(6): 1282-1290。
- 洪富文、孔繁熙、張淑玲 (1986) 薩爾瓦多型銀合歡苗木在銨態及硝酸態氮源介質的生長。林試所研究報告季刊 1(1): 1-8。
- 范貴珠、張峻德 (1996) 不同型態氮肥對瓊崖海棠苗木生理反應之影響。中華林學季刊 29 (1): 69-86。

- 范貴珠、許博行、張峻德 (1999a) 鹽分對欖李苗木生長之影響。中華林學季刊 32(3): 299-312。
- 范貴珠、許博行、張峻德 (1999b) 鹽分對欖李苗木水分狀態、葉綠素螢光反應及細胞活性之影響。中華林學季刊 32(3): 471-482。
- 范貴珠、許博行、張峻德 (2001) 土壤鹽度對欖李苗木光合作用之影響。林業研究季刊 23(3): 47-62。
- 范貴珠、許博行、張峻德 (2002) 土壤鹽度對欖李苗木葉綠素反應及呼吸作用之影響。台灣林業科學 17(3): 323-335。
- 范貴珠 (2006) 適用於台灣之紅樹林造林技術。台灣林業 32(1): 4-11。
- 范貴珠、張嘉容 (2009) 氮肥型態對苦檻藍扦插苗生長、葉綠素濃度及細胞活性之影響。中華林學季刊 42(2): (印刷中)
- 游仁正、許博行 (1999) 欖李耐鹽性的探討。國立中興大學實驗林研究報告 21(4): 9-16。
- 郭幸榮、林如森、許世宏、梁亞忠 (2000) 供水方式和土壤鹽分對欖李生長及形態之影響。中華林學季刊 33(2): 217-230。
- 陳慶芳 (1994) 採穗部位及 IBA 濃度對欖李插穗發根之影響(一)。嘉義農專學報 36: 65-70。
- 陳慶芳 (1995) 不同鹽分濃度對欖李種子發芽及幼苗生長之影響。嘉義農專學報 42: 29-38。
- 陳慶芳、鄧英才 (1995) 不同介質對欖李苗木生長之影響。嘉義農專學報 45: 19-28。
- 陳慶芳 (1996) 不同光照對欖李苗木生長之影響。嘉義農專學報 45: 21-29。
- 陳慶芳、鄧英才、廖秋成 (2003) 欖李不同族群之物候學及花果形態之變異。中華農學會報 4(5): 407-417。
- 陳明義 (2006) 海岸及鹽濕地綠化。台灣林業 32(1): 27-29。
- 許原瑞、郭幸榮、洪富文 (1995) 氮型態對木荷苗木生長及形質之影響。林業試驗所研究報告季刊 10(3): 353-367。
- 張彥東、范志強、王慶成、王政權 (2000) 不同形態 N 素對水曲柳幼苗生長的影響。應用生態學報 11(5): 665-667。
- 鄧書麟、呂福原、沈勇強、潘昱光 (2006) 台灣濱海鹽濕地造林技術與適應樹種調查。台灣林業 32(1): 30-35。
- 劉永華、朱祝軍、陳新娟 (2005) 不同光強度下氮素形態對蕃茄根系質膜 H^+ -ATPase 和氧化還原系統活性的影響。浙江大學學報 31(6): 694-696。
- 韓勝芳、李淑文、吳立強、文宏達、肖凱 (2007) 不同小麥品種氮效率與氮吸收對氮素供應的響應及生理機制。應用生態學報 18(4): 807-812。
- 譚勇、梁宗鎖、王渭玲、段綺梅 (2007) 氮、磷、鉀營養壓迫對黃芪幼苗根系活力及根系導水率的影響。中國生態農業學報 15(6): 69-72。
- Ahmad, I. and J. A. Hellebust (1990) Regulation of chloroplast development by nitrogen source and growth condition in a *Chlorella protothecoides* strain. Plant Physiol. 94: 944-949.
- Ahmed, A. G., N. M. Zaki and M. S. Hassanein (2007) Response of grain sorghum to different nitrogen sources. Res. J. Agri. Biol. Sci. 3(6): 1002-1008.
- Ashihara, H., S. Wakahara, M. Suzuki, A. Kata, H. Sasamoto, and S. Baba (2003) Comparison of adenosine metabolism in leaves of several mangrove plants and poplar species. Plant Physiol. Bioch. 41: 133-139.
- Azuma, H., M. Toyota, Y. Asakawa, T. Takaso and H. Tobe (2002) Floral scent chemistry of mangrove plants. J. Plant Res. 115: 47-53.
- Báčkor, M. and D. Fahselt (2005) Tetrazolium reduction as an indicator of environmental stress in lichens and isolated bionts. Environ.

- Exp. Bot. 53: 125-133.
- Barnes, J. D., L. Balauer, E. Manrique, S. Elvirra and A. W. Davison (1992) A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination chlorophyll a and b in lichens and higher plants. Environ. Exp. Bot. 32:85-100.
- Blanke, M., W. Bacher, R. J. Pring and E. A. Baker (1996) Ammonium nutrition enhances chlorophyll and glaucousness in kohlrabi. Ann. Bot. 78: 599-604.
- Britto, D. T. and H. J. Kronzucker (2002) NH_4^+ -toxicity in higher plants: a critical review. J. Plant Physiol. 159: 567-584.
- Clemensson-Lindell, A. (1994) Triphenyltetrazolium chloride as an indicator of fine-root vitality and environmental stress in coniferous forest stands: Applications and limitations. Plant Soil 159: 297-300.
- Clemensson-Lindell, A. and H. Persson (1995) Fine-root vitality in a Norway spruce stand subjected to various nutrient supplies. Plant Soil 168-169: 167-172.
- French, D. A. and K. L. Parkin (1993) Application of TTC reduction methods for cell viability measurement to pigmented plant tissue. Plant Physiol. 102:136-136.
- Ganmore-Neumann, R., and U. Kafkafi (1983) The effect of roor temperature and $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ rate on strawberry plants. I. Growth, flowering, and root development. Agron. J. 75:941-947.
- Gazal, R. M., C. A. Blanche and W. M. Carandang (2004) Root growth potential and seedling morphological attributes of narra (*Pterocarpus indicus* Willd.) transplants. Forest Ecol. Manag. 195: 259-266.
- Gibon, Y., M. A. Bessieres and F. Larher (1997) Is glycine betaine a non-compatible solute in higher plants that do not accumulate it? Plant Cell Environ. 20: 329-340.
- Harris, R. C. and J. T. O. Kirk (1969) Control of chloroplast formation in *Euglena gracilis*. Antagonism between carbon and nitrogen sources. Biochem. J. 113:195-205.
- Hsueh M.L. and H. H. Lee (2000) Diversity and distribution of the mangrove forests in Taiwan. Wetlands Ecol. Manag. 8: 233-42.
- Hunt, R. (1990) Basic growth analysis. Unwin Haman Inc. London, UK. 112 pp.
- Kant, S., P. Kant, H. Lips and S. Barak (2007) Partial substitution of NO_3^- by NH_4^+ fertilization increases ammonium assimilating enzyme activities and reduces the deleterious effects of salinity on the growth of barley. J. Plant Physiol. 164: 303-311.
- Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. 889 pp.
- McFee, W. W and E. L. Stone (1968) Ammonium and nitrate as nitrogen source for *Pinus radiata* and *Pinus glauca*. Soil Sci. Amer. Proc. 32: 879-884.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby (1981) Principles of plant nutrition (3rd Edition). Maw Chang Book Co. 655 pp.
- Mihailović, N., M. Lazarević, Ž. Dželetović, M. Vučković and M. Đurđević (1997) Chlorophyllase activity in wheat, *Triticum aestivum* L. leaves during drought and its dependence on the nitrogen ion form applied. Plant Sci. 129: 141-146.
- Miller P. M., L. E. Eddleman and J. M. Miller (1991) The response of juvenile and small adult western juniper (*Juniperus occidentalis*) to nitrate and ammonium fertilization. Can. J. Bot. 69: 2344-2355.
- Norisada, M. and K. Kojima (2005) Nitrogen form preference of six dipterocarp species.

- Forest Ecol. Manag. 216: 175-186.
- Olsthoorn, A. F. M., W. G. Keltjens, B. van Baren and M. C. G. Hopman (1991) Influence of ammonium on fine root development and rhizosphere of Douglas-fir seedlings in sand. *Plant Soil* 133: 75-81.
- Ota, K. and Y. Yamamoto (1989) Promotion of assimilation of ammonium ions by simultaneous application of nitrate and ammonium ions in radish plants. *Plant Cell Physiol.* 30: 365-371.
- Rothstein, D. E. and B. M. Cregg (2005) Effects of nitrogen form on nutrient uptake and physiology of Fraser fir (*Abies fraseri*). *Forest Ecol. Manag.* 219: 69-80.
- Ruan, J., J. Gerendas, R. Hardter and B. Sattelmacher (2007) Effect of nitrogen form and root-zone pH on growth and nitrogen uptake of tea (*Camellia sinensis*) plants. *Ann. Bot.* 99: 301-310.
- Rufty, T. W., C. D. Raper and W. A. Jackson (1983) Growth and nitrogen assimilation of soybeans in response to ammonium and nitrate nutrition. *Bot. Gaz.* 144(4): 466-470.
- Sato, Y. and H. Ashihara (2008) Pyrimidine salvage and catabolism in leaves of mangrove species. *Plant Sci.* 174: 140-148.
- Su, G. H., Huang, Y. L. Tan, F. X. Ni, X. W. Tang, T. and Shi, S. H. (2006) Genetic variation in *Lumnitzera racemosa*, a mangrove species from the Indo-West Pacific. *Aquat. Bot.* 84: 341-346.
- Thomas, F. M. and C. Hilker (2000) Nitrate reduction in leaves and roots of young pedunculate oaks (*Quercus robur*) growing on different nitrate concentrations. *Environ. Exp. Bot.* 43: 19-32.
- Thompson, B. E. (1985) Seedling morphological evaluation — what you can tell by looking. P. 59-71. In Duryea, M. L. ed. *Evaluating seedling quality: Principles, procedures, and predictive abilities of major tests.* Oregon State University, Corvallis, U. S. A. 143 pp.
- Upadhyaya, A. and C. R. Caldwell (1993) Applicability of the triphenyl tetrazolium chloride reduction viability assay to the measurement of oxidative damage to cucumber cotyledons by bisulfite. *Environ. Exp. Bot.* 33(3): 357-365.
- van den Driessche, R. (1971) Response of conifer seedlings to nitrate and ammonium sources of nitrogen. *Plant Soil* 34: 421-439.
- van den Driessche, R. and J. Dangerfield (1975) Response of douglas-fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. *Plant Soil* 42: 685-702.
- Winter, K., H. Usuda, M. Tsuzuki, M. Schmitt, G. E. Edwards, R. J. Thomas and R. F. Evert (1982) Influence of nitrate and ammonium on photosynthetic characteristics and leaf anatomy of *Moricandia arvensis*. *Plant Physiol.* 70: 616-625.
- Woodward, A. J., I. J. Bennett and S. Pusswonge (2006) The effect of nitrogen source and concentration, medium pH and buffering on in vitro shoot growth and rooting in *Eucalyptus marginata*. *Sci. Horti.* 110: 208-213.

