

蒲草 (*Lepironia articulata*) 種子繁殖與肥培管理之研究

鄔家琪^{1*} 呂昆諺²

¹ 國立宜蘭大學園藝學系

² 國立宜蘭大學無人機暨智慧農業應用碩士學分學程

摘要

蒲草 (*Lepironia articulata*)，為莎草科 (Cyperaceae) 石龍芻屬 (*Lepironia*) 植物，是東南國家常見的水生植物，近期更開發為具環保性的植物吸管。本研究擬評估人工栽培繁殖之可行性。以二種日/夜溫度 (25/20°C, 30/25°C) 與光照 16 h 或不照光評估對蒲草種子發芽之影響，結果只有在 30/25°C 下光照 16 h 有 30% 種子發芽，平均發芽天數為 67.8 天；其他處理均無種子發芽。另以 NPK 肥、N 肥、P 肥、K 肥等 4 種肥料，不施肥為對照組 (CK) 來評估對蒲草植株生長之影響，結果以 N 肥組株高最高且直徑最粗，NPK、K 組分蘖數最多，而施用 P、N 肥組株高與莖直徑成長率最高。顯示 N、P 肥可促進蒲草生長，K 肥增加植株分蘖，有利於植物吸管的開發利用。

關鍵詞：蒲草、繁殖、光照、溫度、肥料

*通訊作者。E-mail: angwu@niu.edu.tw

Study on Seed Propagation and Fertilizer Management of *Lepironia articulata*

Chia Chyi Wu¹, Kun-Yen Lu²

¹. Department of Horticulture, National Ilan University

². Master Program of UAV Application and Smart Agriculture, National Ilan University

Abstract

Lepironia articulata, a genus of *Lepironia* in the family Cyperaceae, is a common aquatic plant in Southeast Asia and has recently been developed as an environmentally friendly plant straw. The effect of two day/night temperatures (25/20°C, 30/25°C) and 16 h of light or dark on the germination of *Lepironia articulata* seeds were evaluated. Only 30% of seeds germinated under 16 h light and 30/25°C treatment, with an average germination time of 67.8 days. No seed germinated in the other treatments. The NPK, N, P and K fertilizers were used to evaluate the growth of *Lepironia articulata* for 57 days. The N fertilizer group had the tallest plant height and thickest stem diameter. The NPK and K groups had the highest number of tillers. The P and N fertilizer groups had the highest growth rate in plant height and stem diameter. The results showed those fertilizers of N and P were beneficial treatments for plant growth, and the K fertilizer could increase the tillers number of *Lepironia articulata* sand. Fertilizer application could promote the straw of *Lepironia articulata* sand production and development.

Keywords: *Lepironia articulata*, propagation, light, temperature, fertilizer

*Corresponding author. E-mail: angwu@niu.edu.tw

壹、前言

蒲草 (*Lepironia articulata*)，為莎草科 (Cyperaceae) 石龍芻屬 (*Lepironia*) 植物，原生長於越南泥炭沼澤區，當地居民常收穫編織成籃子、墊子、袋子等纖維織物 (Brink and Escobin, 2003)。由於其莖中空之特性，也被當地住民做為吸管使用，因此蒲草又稱為吸管草。蒲草吸管除可重複使用，並可自然分解，極為環保，具有取代塑膠吸管的潛力。臺灣塑膠使用量極大，所產生之塑膠廢棄物也形成公害問題，近年政府透過鼓勵自帶環保餐具及落實資源回收作業，藉以減少塑膠使用量。行政院環保署更於民國 108 年 7 月起公告四大場合禁止提供內用吸管，以解決手搖飲料消費市場龐大所產生之塑膠廢棄物。市場上紙吸管、不銹鋼吸管等產品應運而出，至今許多廠商仍致力研發尋找相關材料與物品替代塑膠製品。臺灣為亞熱帶氣候區，氣候環境可能適於蒲草生長，近年國內有部分廠商少量引入種植，然而面臨植株生長緩慢及不易繁殖等問題，因此本研究擬評估蒲草種子繁殖與肥培管理條件，評估在地生產減少自國外進口蒲草之可行性。

貳、材料與方法

一、不同溫度與光照環境對蒲草種子發芽之影響

蒲草種子(玩艸公司提供)先以砂紙刻傷種皮，放入玻璃培養皿(Ø 94 mm, Anumbra)，每一培養皿 20 粒種子，皿內平鋪濾紙 (Advantec, NO.2) 並以蒸餾水濕潤，置於國立宜蘭大學園藝系生長箱 (560L, 名器) 進行發芽試驗。試驗時間為 2020 年 10 月至 2021 年 7 月。以 2 種溫度 (30/25°C、25/20°C) 與 2 種光照環境 (光/暗期為 16/8 h、0/24 h，光通量介於 24 - 35 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) 共組合成四種處理，分別為 HL (30/25°C、16/8 h)、HD (30/25°C、0/24 h)、NL (25/20°C、16/8 h)、ND (25/20°C、0/24 h)。試驗採複因子設計，每處理 3 重複，共進行二次試驗，每次試驗期為 4 個月(120 天)。參考 Orchard (1977) 方法，記錄試驗期內每個培養皿內種子發芽情形，計算平均發芽日數 (Mean germination time, MGT) 與發芽率 (Germination percentage, GP)。

(一) 平均發芽日數 (MGT)

$$\text{MGT (day)} = \Sigma(f \times v) / A$$

f：每日發芽種子數

v：種子在培養皿內之天數

A：發芽總粒數

(二) 發芽率 (GP): 以發芽總數對全供試種子粒數之比, 以百分率表示。

$$GP (\%) = A/N \times 100$$

A: 總發芽種子數

N: 參試種子總數

二、不同肥料處理對蒲草生長之影響

分株後 1 年生蒲草植株(玩艸公司提供)植於 70 cm 花槽(L × W × H = 70 cm × 30 cm × 32 cm, 路得實業, 臺灣), 介質為取自國立宜蘭大學金六結農場田土, 每一花槽填入等量田土, 等距種入 3 株蒲草植株, 每盆均勻施入 10 g 好康多基肥(180 天型, 好康多, 臺灣), 並加入 20 L 自來水, 置放於國立宜蘭大學生物資源學院頂樓西溫室, 試驗時間為 2021 年 2 月 20 日至 2021 年 4 月 17 日, 共 57 日。試驗處理分為 CK (不另施肥)、N 組 (每盆添加 2 g 氮肥)、P (每盆添加 2 g 磷肥)、K (每盆添加 2 g 鉀肥)、混合上述三種肥料 NPK 組(每盆添加 2 g 氮肥 + 2 g 磷肥 + 2 g 磷肥)。氮肥使用尿素 (Urea 46%, 台肥農友牌)、磷肥使用過磷酸鈣 ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{H}_2\text{O}$, 26%, 日本試藥)、鉀肥使用氯化鉀 (KCl, 52%, 日本試藥)。每週施用 1 次, 每個處理 8 樣本。隔週調查記錄植株株高 (Plant height)、莖直徑 (Stem diameter)、總分蘗數 (Total number of tillers), 並以成長率 (Growth rate) 比較上述數據, 評估植株成長幅度。

(一) 株高: 係指測量土面至莖頂拉直後所測得長度。

(二) 莖直徑: 以電子游標卡尺測量距離土面 20 cm 處莖直徑。

(三) 每株分蘗數: 係指統計各處理之總分蘗數並除以每處理植株數量。

(四) 成長率: 係指一定時間內數值增幅值與初始值之比率。

$$\text{Growth rate (\%)} = (N1 - N2) / N2 \times 100$$

N1 = 試驗測定數值; N2 = 初始生長值。

三、統計分析

種子發芽試驗以複因子設計, 肥料試驗以完全隨機設計, 結果以 SAS 9.4 (Statistical Analysis System 9.4) 軟體進行複因子分析與最小顯著差異分析 (Least Significance Difference Test) 比較其 5% 之差異顯著性。試驗結果以平均值 ± 標準差 (mean ± S.D.) 表示, 並以軟體 SigmaPlot 12.5 進行繪圖。

參、結果與討論

一、不同溫度與光照處理對蒲草種子發芽之影響

將預先刻傷處理過的蒲草種子放置於濕潤培養皿，放置於 HL (30/25°C, 16/8 h)、HD (30/25°C, 0/24 h)、NL (25/20°C, 16/8 h)、ND (25/20°C, 0/24 h) 等四種發芽環境生長箱 120 天，結果如表 1 所示，蒲草種子於四種發芽條件下只有 HL 處理組發芽，發芽率從 10-80%，平均發芽率為 $30.0 \pm 29.15\%$ ，平均發芽日數最長為 80.5 日，最短為 35 日，平均 67.8 ± 19.41 日；其他各組均無種子發芽。

表 1. 不同溫度與光照處理對蒲草種子平均發芽日數及發芽率之影響

Table 1. Effects of different temperature and light on the mean germination time (MGT) and germination percentage of *Lepironia articulata*

Treatment ^x	MGT (Day)	Germination Percentage (%)
HL	67.8 ± 19.41	30.0 ± 29.15
HD	-- ^y	0.0
NL	--	0.0
ND	--	0.0
Light (L)	***	*
Temp.(T)	***	*
L × T	***	*

^x: HL : 30/25°C, 16 h light; HD: 30/25°C, dark; NL: 25/20°C, 16 h light; ND: 25/20°C, dark.

^y: No seed germinated.

Significance of interaction between L and T is given : *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

水生植物為維持族群規模，其繁殖模式以無性繁殖為主。而有性繁殖似乎與對抗逆境有關，因此許多種子存在特殊萌發機制 (Li, 2014)。許多研究報告指出，至今蒲草的人工繁殖法仍以根莖營養繁殖為主，種子繁殖少有成功案例 (Panaia *et al.*, 2009; Domyos and Te-chato, 2013)。Ruiz-Téllez 等 (2016) 指出層積處理 4 個月的蒲草 (*Lepironia articulata*) 種子，挖出後培養在陰暗缺氧環境下仍有 50%發芽率；但同為莎草科的水蜈蚣 (*Kyllinga erecta*) 種子在黑暗下並不發芽，不過透過種子預措處理 12 週後並放在 35/20°C 光週期 8/16 h 可得到 85%發芽率。一般溫帶雜草種子的萌發，光和溫度是重要影響因子 (Bostock, 1978; Lowe *et al.*, 1999)。蒲草原生地越南年均溫約為 23.7-32.3°C，顯示較高的溫度仍是影響蒲草種子發芽的主要原因之一。本試驗蒲草種子發芽對溫度及光有一定需求性，較高發芽溫度 30/25°C 與光照處理有助於蒲草種子發芽。蒲草種子發芽偏好溫暖條件，此與同莎草科的植物油莎草 (*Cyperus esculentus* L.) 種子類似，在 35°C 發芽率最高 (55%)，而在 45°C 及 27°C 條件下發芽率則相對較低 (45%)，對於種子萌發溫度有特定要求 (Shen *et al.*, 2011)。另一莎草科植物克拉莎 (*Cladium jamaicense* Crantz.) 種子在日/夜 14/10 h、光量 $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 環境下可以順利萌發，而試驗溫度 (15°C、20°C、25°C、30°C) 及日夜變溫 (25/10°C、30/20°C) 似乎不直接影響種子萌發，但須考量水中含氧率及泥炭基質 (Lorenzen *et al.*, 2000)。光也是莎草科水燭 (*Typha domingensis*) 種子發芽所必須 (Lorenzen *et al.*, 2000)。而本試驗中僅有高溫處理而沒有光照組 (HD) 也無法讓蒲草種子發芽。Gopal and Sharma (1983) 提到光可調節莎草科水燭 (*Typha angustata* Bory et Chaub.) 種子發芽，其種子只在有光的環境下發芽，且發芽率會隨著光照強度與時間增加。種子發芽似乎也受到光質影響，水燭 (*Typha angustata* Bory et Chaub.) 在藍光下發芽被抑制，但可被黃光與紅光逆轉。不同紅光與遠紅光比例 (R:FR) 可調控種子發芽，Dechaine 等 (2009) 探討光質與溫度對阿拉伯芥種子發芽的調控，發現與種子成熟時光敏素受光體 PHY 等基因調控有關，或許不同光質也是影響蒲草種子發芽的因素之一，可再探討以提高其發芽。許多莎草科種子對於光線刺激萌發都有顯著幫助，即使在 $20-60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 低光量 (Schütz, 2000)。顯然不同莎草科植物種子萌發有著不同的條件，但確定的是受到環境與母株成熟影響，特別是溫度與光。可能因此說明本試驗蒲草種子只在較高溫度 (30/25°C) 有光 ($24-35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 16h) 環境下發芽。

二、不同肥料處理對蒲草生長之影響

以 N、P、K、NPK 等不同肥培管理一年生蒲草植株，如表 2 所示，以 N 肥組平均株高 122.13 ± 4.09 cm 最高，但處理間無顯著差異。莖直徑以 N 肥組最粗，平均 3.52 ± 0.23 mm，不施肥 CK 組莖直徑最細只有 2.97 ± 0.63 mm，顯示肥培處理有助於蒲草植株增高加粗。蒲草每株分蘗數以 NPK 肥組與 K 肥組每株分蘗數 6.67 枝最多，其次為 P 與 N 處理組，每株分蘗數為 6.17 ± 0.71 枝與 5.50 ± 0.71 枝，CK 組每株分蘗數 5.33 ± 0.47 枝最少，添加 NPK、P、K 肥有較多的蒲草分蘗。比較試驗處理期間植株生長前後期成長率，如圖 1 所示，P 肥組株高成長率 661.77 ± 129.14 % 最高，K、N、NPK 肥組株高成長率依序為 550.49 ± 63.10 %、 535.74 ± 55.40 %、 451.18 ± 51.74 %，CK 組株高成長率僅 214.73 ± 37.95 % 為所有處理組中最低。肥培處理後 N 肥組莖直徑成長率為 108.59 ± 77.83 %，其次依序為 K、P、NPK 肥組，莖直徑成長率分別為 84.92 ± 32.32 %、 76.07 ± 47.47 %、 64.81 ± 43.89 %，CK 組最低，僅 35.90 ± 14.66 % (圖 2)。NPK、K 肥組每株分蘗數成長率分別為 187.50 ± 17.68 %、 189.58 ± 38.30 %，而 N 肥組每株分蘗數成長率最低 (圖 3)。顯示 N、P 肥對蒲草株高與莖直徑成長有極顯著的助益，而莖直徑加粗有利於蒲草吸管開發利用。

表 2. 不同肥料處理對蒲草株高、莖直徑及每株分蘗數之影響

Table 2. Effect of different fertilizers on the plant height, stem diameter, and tillers no. per plant of *Lepironia articulata*

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Tillers no.per plant
CK	118.00 ± 17.74 a	2.97 ± 0.63 b	5.33 ± 0.47 b
NPK	109.75 ± 19.52 a	3.28 ± 0.64 ab	6.67 ± 0.94 a
N	122.13 ± 4.09 a	3.52 ± 0.23 a	5.50 ± 0.71 b
P	112.50 ± 5.98 a	3.23 ± 0.18 ab	6.17 ± 0.71 ab
K	111.63 ± 11.71 a	3.47 ± 0.17 a	6.67 ± 0.47 a

Means followed by the different letters in each row are significantly different at 5% level by the least significance difference (LSD) (n=8).

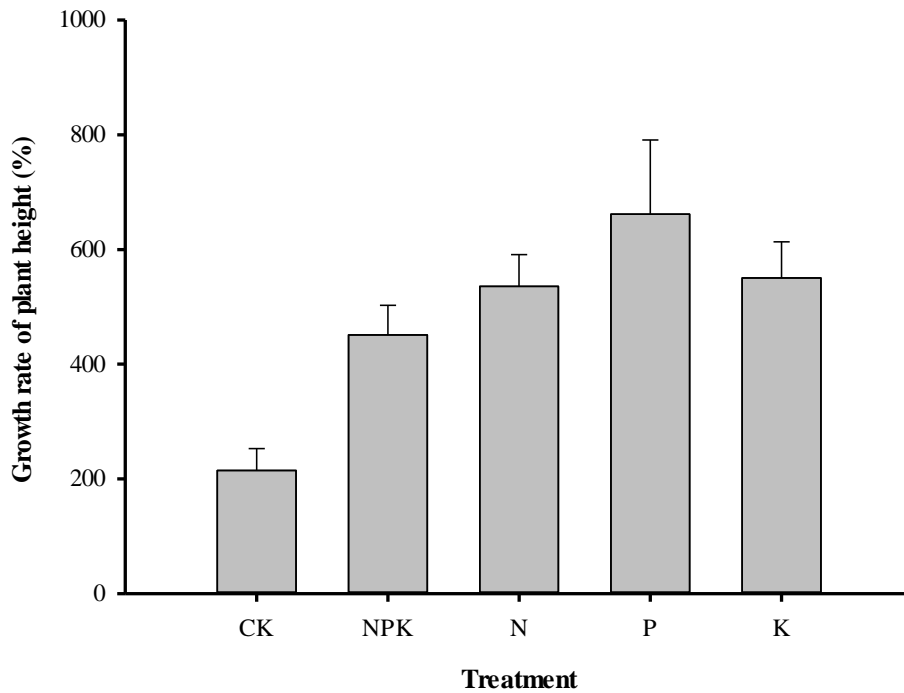


圖 1. 不同肥料處理處理對蒲草株高成長率之影響。

Fig. 1. Effect of different fertilization treatments on the growth rate of plant height in *Lepironia articulata*. Bars represent the mean growth rate of plant height (n=8), vertical bars indicate standard deviation of means.

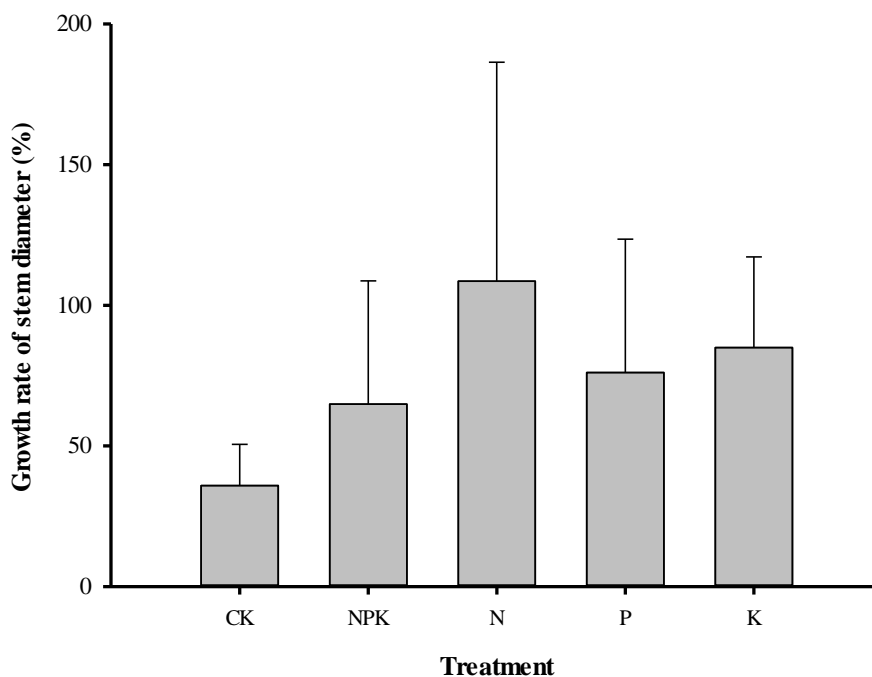


圖 2. 不同肥料處理對蒲草莖直徑成長率之影響。

Fig. 2. Effect of different fertilization treatments on the growth rate of stem diameter in *Lepironia articulata*. Bars represent the mean growth rate of stem diameter (n=8), vertical bars indicate standard deviation of means.

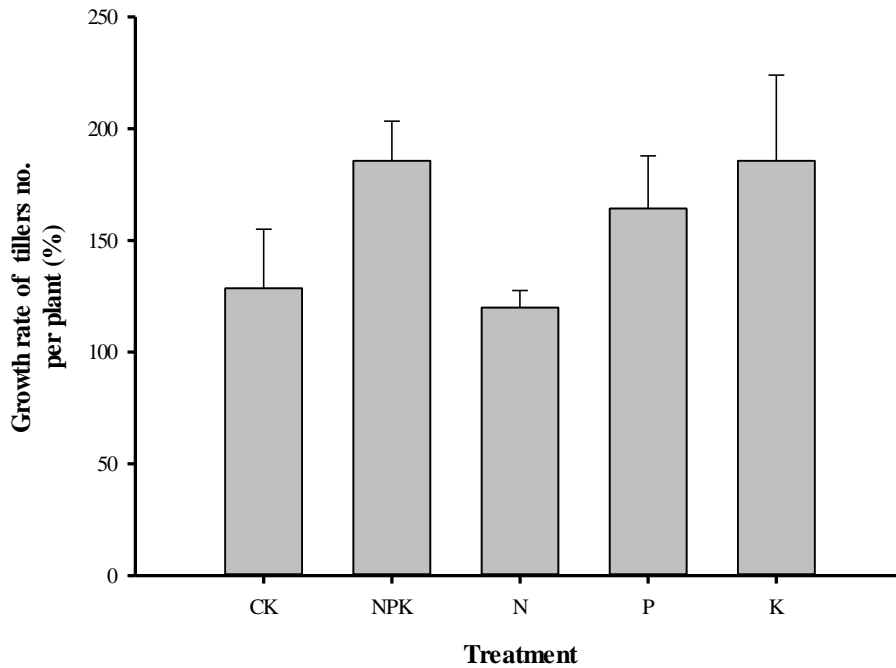


圖 3. 不同肥料處理對蒲草成長率每株分蘗數之影響。

Fig. 3. Effect of different fertilization treatments on the growth rate of tillers no. per plant in *Lepironia articulata*. Bars represent the mean growth rate of tillers no. per plant (n=8), vertical bars indicate standard deviation of means.

植物生長需要多種營養元素，一般植物生長需要大量氮素，氮素常是限制植物生長與產量首要因子。植物體內氮素主要存在蛋白質與葉綠素中，不同部位含氮量不同，葉片含量較高而莖桿含量較少，不同生育期含氮量也不同，如水稻分蘗期含量高於苗期，分蘗盛期含量最多。水生植物水燭 (*T. angustifolia*) 及蘆葦 (*P. australis*) 生長過程可累積較多氮與磷含量 ($922.561 \text{ Kg N ha}^{-1}$ 及 $114.72.1 \text{ Kg P ha}^{-1}$)，鉀含量相對較少 (Ennabilia *et al.*, 1998)。如同陸生植物一樣，水生植物在生長過程吸收大量營養元素，同時也會吸附部分重金屬元素 (Sahu *et al.*, 2020)，一般吸收的 N、P 元素，常以 $[\text{NO}_2 + \text{NO}_3]\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與 $\text{PO}_4\text{-P}$ 離子化於水中 (曾等, 2012)，藉此可間接調節水體營養元素濃度 (Kim *et al.*, 2021)。因此 Jampeetonga *et al.* (2012) 對水生植物酒杯槐葉蘋 (*Salvinia cucullata*)、薤菜 (*Ipomoea aquatica*)、風車草 (*Cyperus involucratus*) 與培地茅 (*Vetiveria zizanioides*) 施予銨態氮及硝酸鹽類，皆有較佳的相對成長率且累積大量生物量。不過，本試驗中單施氮肥有助於蒲草植株高度與莖直徑生長，但對於分蘗數並沒有顯著效益。磷是植物體內許多重要有機化合物如核酸、生物膜、ATP 等組成分，且參與各種生理代謝作用，提

高植物生長與適應能力。一些濕地大型植物具有不同程度磷吸收能力 (Wang, 1996)，磷肥在前人研究中指出其影響水生植物生長發育，傳統大型水生植物以米門二氏公式 (Michaelis-Menten formulation) 推導磷肥對生產率之影響，可達最大生產率 50% (Carr et al., 1997)，但鉀在水生植物營養探討較為缺乏。水燭 (*Typha angustifolia*)、蘆葦 (*Phragmites australis*) 及實慄 (*Sparganium erectum*) 等水生植物生長過程累積氮及磷化合物，鉀化合物則較少 (Ennabilia et al., 1998)。本試驗中施用 P、N 肥的蒲草株高成長率與莖直徑成長率為處理中最高，可比對照組增加約 3 倍，顯示 P、N 肥對蒲草細胞分裂、增生都有顯著效益。鉀是肥料三要素之一，鉀離子是細胞含量最豐富的陽離子，大多數植物對鉀的需求量都很高，可活化光合與呼吸作用、參與澱粉與蛋白質合成、調節細胞滲透潛勢，並在植物運動中扮演重要角色 (Hopkins, 2009)。鉀在植物體內含量僅次於氮，可促進植物維管束發育，使莖壁增厚，機械組織內細胞排列整齊。同時隨著植物生長，鉀會轉移到代謝作用最旺盛，如幼葉、幼芽與根尖 (陸, 2003)。本試驗中也顯示鉀肥 (K) 可促進蒲草植株分蘖，或有助於蒲草分株繁殖，減少以種子進行繁殖所需的時間。

氮、磷、鉀肥均為蒲草重要營養生長因子，可促進蒲草株高發展、莖直徑增粗與植株分蘖數增加。蒲草的肥培營養管理與大部分植物雷同，氮、磷肥促進營養生長，磷、鉀肥可促進莖部膨大及分蘖。本試驗結果顯示 N、P 肥可促進蒲草株高及莖直徑，而 K 肥可促進蒲草植株分蘖，與蘆葦 (*Phragmites australis*)、水燭 (*Typha angustifolia*)、開卡蘆 (*Phragmites karka*)、石龍芻 (*Lepironia articulata*) 等水生禾本目植物相似 (Ennabilia et al., 1998; Sim et al., 2008)。一般陸生植物需要大量 N 肥，但本試驗中只施 N 肥組雖有較高的生長量但不利於植株分蘖，或許還有其他限制性養分，例如：硫化物 (Muthuri and Jones, 1997) 等，或是吸收 N 肥型態不同，仍需進一步研究探討。

肆、結論

以種子進行蒲草繁殖試驗，在參試條件中只有在 30/25°C 下光照 16 h 有 30% 種子發芽，平均發芽天數為 67.8 天；其他處理均無種子發芽。蒲草種子發芽對溫度及光有一定需求性，較高發芽溫度與光照處理有助於蒲草種子發芽。氮、磷、鉀肥均為蒲草重要營養生長因子，可促進蒲草株高發展、莖直徑增粗與植株分蘖數增加。其中以 N 肥與 P 肥可促進蒲草生長，K 肥增加植株分蘖，有利於植物吸管的開發利用。

誌謝

本研究材料由玩艸植造股份有限公司提供，謹申謝忱。

參考文獻

- 曾祥霖、蕭淑娟、張睿昇、楊磊、林幸助。2012。水生植物與藻類對人工溼地中氮磷去除率之影響。濕地學刊 1：11-33。
- 陸景陵。2003。植物營養學。二版，pp. 48-57。中國農業大學出版社。北京。
- Bostock, S. J. 1978. Seed germination strategies of five perennial weeds. *Oecologia* 36: 113-126.
- Brink, M., and R.P. Escobin. 2003. Plant Resources of South East Asia No. 17. Fibre Plants, pp. 456. Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands.
- Carr, G. M., H. C. Duthie, and W. D. Taylor. 1997. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. *Aqua. Bot.* 59: 195-215.
- Dechaine, J. M., G. Gardner, and C. Weinig. 2009. Phytochromes differentially regulate seed germination responses to light quality and temperature cues during seed maturation. *Plant Cell Environ.* 32: 1297-1309.
- Domyos, P., and S. Te-chato. 2013. In vitro propagation of *Lepironia articulata* in Kuan Kreng Peatlands, Nakhon Si Thammarat. *J. Agri. Tech.* 9: 1993-2004.
- Ennabilia, A., M. Atera, and M. Radoux. 1998. Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the *Tingitan Peninsula*. *Aqua. Bot.* 62: 45-56.
- Gopal, B., and K. P. Sharma. 1983. Light regulated seed germination in *Typha angustata* Bory et Chaub. *Aquat. Bot.* 16: 377-384.
- Hopkins, W. G. 2009. *Plant Physiology* 4th Edition. pp. 68-70. John Wiley & Sons, Inc., NJ.
- Jampeetonga, A., H. Brix, and S. Kantawanichkul. 2012. Effects of inorganic nitrogen forms on growth, morphology, nitrogen uptake capacity and nutrient allocation of four tropical aquatic macrophytes (*Salvinia cucullata*, *Ipomoea aquatica*, *Cyperus involucratus* and *Vetiveria zizanioides*). *Aquat. Bot.* 97: 10-16.
- Kim, Y., Y. S. Lee, J. Wee, J. Hong, M. Lee, J. G. Kim, Y. J. Bae, and K. Cho. 2021. Process-based modeling to assess the nutrient removal efficiency of two endangered hydrophytes: Linking nutrient-cycle with a multiple-quotas approach. *Sci. Total Environ.* 763: 144223.
- Li, W. 2014. Environmental opportunities and constraints in the reproduction and dispersal of

- aquatic plants. *Aqua. Bot.* 118: 62-70.
- Lorenzen, B., H. Brix, K. L. McKee, I. A. Mendelssohn, and S. Mia. 2000. Seed germination of two everglades species, *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis*. *Aquat. Bot.* 66: 169-180.
- Lowe, D. B., T. Whitwell, and W. C. Bridges. 1999. *Kyllinga brevifolia*, *K. squamulata*, and *K. pumila* seed germination as influenced by temperature, light, and nitrate. *Weed Sci.* 47: 657-661.
- Muthuri, F. M. and M. B. Jones. 1997. Nutrient distribution in a papyrus swamp: Lake Naivasha, Kenya Francis. *Aqua. Bot.* 56: 35-50.
- Orchard, T. J. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Sci. Technol.* 5: 61-69.
- Panaia, M., E. Bunn, S. R. Turner, and J. McComb. 2009. Incubation temperature critical to successful stimulation of in vitro zygotic embryo growth in four Australian native *Cyperaceae* species. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 97: 197-202.
- Ruiz-Téllez, T., F. M. Vázquez-Pardo, J. Blanco-Salas, and F. J. Carbonell-Espín. 2016. Seed germination technologies for helophyte production used in wastewater treatment. Ch. 8 in “New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology”, S. Araujo and A. Balestrazzi ed., pp. 180-195. IntechOpen, London, United Kingdom.
- Sahu, Y. K., M. K. Deb, K. S. Patel, P. Martín-Ramos, E. K. Towett, and M. Tarkowska-Kukuryk. 2020. Bioaccumulation of nutrients and toxic elements with macrophytes. *J. Hazard. Toxic Radioact. Waste* 24: 05019007.
- Shen, Y., W. J. Chen, X. T. Lei, H. B. Shao, M. M. Tang, and Y. Li. 2011. Effects of plant growth regulators and temperature on seed germination of yellow nut-sedge (*Cyperus esculentus* L.). *J. Med. Plants Res.* 5: 6759-6765.
- Sim, C. H., M. K. Yusoff, B. Shutes, S. C. Ho, and M. Mansor. 2008. Nutrient removal in a pilot and full scale constructed wetland, Putrajaya city, Malaysia. *J. Environ. Manage.* 88: 307-317.
- Schütz, W. 2000. Ecology of seed dormancy and germination in sedges (*Carex*). *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 3: 67-89.
- Wang, N. 1996. Modelling phosphorus retention in freshwater wetlands. Ph.D. dissertation, pp.125-126. The Ohio State University, USA.

111年 11月 11日 投稿

111年 12月 25日 接受