

栽培水深及延長光照對茭白生長發育之影響

鄭 晉 傑¹⁾ 謝 慶 昌²⁾ 黃 三 光³⁾

關鍵字：茭白筍、水位深度、延長光照

摘要：全球暖化的現象近年來愈發嚴重，導致氣候異常且極端天氣型態發生頻率增加，例如乾旱、熱浪、寒流、暴雨。水資源是農業生產過程中不可或缺的一環，茭白筍產季為多水的夏秋兩季，倘若缺水會對茭白產業產生莫大衝擊，且栽培茭白時如處於短日環境中則會發生矮化症，目前發現延長光照可以克服此問題。本試驗以不同栽培水位深度(第一次處理：8、16、24 公分；第二次處理：30、40、50 公分)與延長光照處理，探討栽培水深及光照對茭白生長發育之影響。試驗結果顯示，茭白植株株高、筍長以及筍重與栽培水深呈正相關，電照處理也會促進茭白植株生長與孕筍；而分蘗數僅受水深處理影響，但於低水位栽培(8、16、24 公分)時組別之間無顯著差異，於高水位(30、40、50 公分)試驗處理時則水位較低之處理組其分蘗平均數顯著多於栽培水深 50 公分之組別；茭白筍品質則是電照再加上茭白孕筍期時以水深 40 公分栽培擁有最佳之表現。

前 言

茭白(*Zizania latifolia* Turcz.)又稱為菰，俗稱水筍、美人腿，是禾本科(Poaceae)、菰屬(*Zizania*)的宿根性多年生水生草本植物(劉，1977)。茭白黑穗菌(*Ustilago esculenta* Henn.)又稱菰黑穗菌，為擔子菌門(Basidiomycota)、黑穗菌科(Ustilaginaceae)、黑穗菌屬(*Ustilago*)之真菌。菰黑穗菌寄生於茭白植株後，會導致植株內吲哚乙酸(Indo acetic acid, IAA)與細胞分裂素(Cytokinin)含量的改變，被認為是促使茭白莖基部膨大的主因(林，1985; Woodward and Bartel, 2005)。茭白筍受到菰黑穗菌感染寄生後，其莖基部會異常膨大，使得原本中空的莖節充實形成肉質莖，即是一般食用部位(Cook *et al.*, 1974; Zhang *et al.*, 2012)。茭白母

-
- 1) 國立中興大學園藝學系研究生。
 - 2) 國立中興大學園藝學系副教授。
 - 3) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

莖經假植後定植到田裡，會先經過分蘖期、植株生長期最後則是孕筍期(Asaeda and Siong, 2008)，台灣農民慣行在最後的孕筍期將水深提高至 45 至 60 公分(黃等人, 2010)。2001 年時南投埔里爆發茭白矮化症，罹病植株葉片變窄而短、葉片與葉鞘角度常大於 45 度而葉領間距縮短，使得茭白植株外觀呈矮化狀且在幼年期即結筍，但此筍小無經濟價值(黃與安, 2016)。本試驗在夏季以不同水深；冬季以不同水深以及電照與否之處理，觀察在不同栽培水位深度、電照與否之環境下植株生長之差異，並探討冬季電照對於茭白植株生長發育之影響。

材料與方法

一、試驗材料與方法

(一)、栽培水位深度與延長光照對茭白植株及孕筍之影響

本試驗材料取自南投埔里農民前一季栽培留存之優良茭白筍母莖，品種為‘敢當種’。試驗共分兩次進行，第一次試驗期間為 2016 年 2 月至 11 月，共含兩季栽培試驗期：第一季栽培試驗(2 月~ 8 月)主要探討全期栽培固定低水位深度對茭白植株生長發育以及孕筍之影響，水位深度處理分成三組：8 公分、16 公分與 24 公分；第二季栽培試驗(9 月~ 11 月)則於水位深度處理外再增加電照處理，探討水位深度以及電照與否對茭白植株生育之影響，此試驗之處理乃以「對照/電照→水位深度幾公分處理組」表示，總共有以下六組：對照→水深 8 公分處理組、對照→水深 16 公分處理組、對照→水深 24 公分處理組、電照→水深 8 公分處理組、電照→水深 16 公分處理組以及電照→水深 24 公分處理組。

第二次試驗期間為 2017 年 1 月至 6 月，試驗設計與第一次第二季栽培試驗類似，本次試驗為探討電照對慣行第一季(冬春季)茭白植株生長發育之影響，以及孕筍期不同栽培水位深度對茭白孕筍之影響。栽培茭白初期為分蘖期，此時水位深度處理約為 8 公分，茭白分蘖期約維持一個月；而後進入植株生長期中期，此時提高水位深度約至 15 公分，生長期約兩個月；最後進入孕筍期，此期分別處理三種不同的水位深度，30 公分、40 公分以及 50 公分，各不同處理於結果中會以「對照/電照→栽培水深幾公分處理組」呈現，總共有以下六組：對照→栽培水深 30 公分處理組、對照→栽培水深 40 公分處理組、對照→栽培水深 50 公分處理組、電照→栽培水深 30 公分處理組、電照→栽培水深 40 公分處理組以及電照→栽培水深 50 公分處理組。

第一次第一季栽培試驗乃將茭白母莖於 2016 年 1 月 12 日預先假植於介質中，待植株生長至 30~45 公分高度後，於同年 2 月 19 日定植於栽植箱，栽植箱置於中興大學葡萄試驗中心溫室。本次試驗使用橘色栽植箱(高: 34 公分，上部長*寬: 67*48 公分，下部長*寬: 57*38 公分)，預先裝入田土，土壤深度約 8 公分，定植完後施用全能好康多 S-101 (13-10-11-2TE)肥料約 20 公克，爾後於開始孕筍時再施相同重量之好康多一次。

第一次第二季栽培試驗接續使用第一季栽培之茭白植株，並且加入電照處理，期間為9月至10月，燈具使用旭光牌 23W 白光螺旋省電燈泡，型號為 FSL23D-EX120/T3_TL08，燈具掛於離地面 230 公分處，以 TES 牌型號 1332 之數位光照度儀測量植株所受之光照度，並且將光照度(Lux)以公式換算成光強度(PPFD)(姚，2011)。茭白筍植株所受之光強度約為 4.3 至 10 PPFD，照光時間依據慣行作法為每天晚上 6 點至 10 點，開始孕筍後停止照光。

第二次栽培試驗期為 2017 年 1 月至 6 月，為慣行栽培之第一季栽培期，2016 年 12 月 28 號開始育苗，待苗高生長至約 30 公分後，於 2017 年元月 13 日定植至栽培桶中，第二次栽培使用之栽培桶尺寸為圓徑 48 公分*桶高 62 公分，土壤深度約 8 公分。栽培初期(分蘗期)以及生長期中期時只行電照處理，延長光照時間為每天晚上 6 點至 10 點共 4 個小時，燈具掛於離地面 230 公分處，茭白筍植株所受之光強度約為 4.3 至 10 PPFD，處理期間則從定植後至初現茭白孕筍，開始孕筍後則停止照光。四月底時因天氣逐漸炎熱、氣溫突破 30°C，栽培桶並非活水，是以於五月初起使用冷水機接金屬管，並將金屬管埋入栽培桶中以降低水溫，冷水機溫度設定 26°C，實際水溫約為 28°C。

二、分析項目與方法

(一)、分蘗數

自定植後每週調查茭白每母莖之分蘗數。

(二)、植株高度

2016 年第一次栽培時參考林與莊(1995)之研究，調查定植後第 60 天與第 90 天之茭白筍植株高度；2017 年第二次栽培時則採取每週測量一次株高。測量方法為從土面量至植株最長的葉片，所得即為茭白植株高度。

(三)、茭白筍之筍長、筍寬與筍重

茭白筍採收後剝除所有外葉與葉鞘，並且將莖頂剪除至肉質肥大莖的第一節位，而後測量其長度與重量，筍寬則量取其最寬處。

(四)、碳水化合物分析

2016 年第二季栽培與 2017 年第一季栽培之茭白筍調查完上述三項後，以 100°C 殺菁後再以 70°C 烘至全乾，接著用磨粉機將乾燥樣品完全磨碎。精稱樣品 0.1 公克加入 12 毫升離心管中，加入 10 毫升純水，置於 30°C 水浴中震盪 3 小時，震盪完畢後於室溫下以 4000 rpm 轉速離心 10 分鐘，再以棉紙(Merck)過濾上層液至玻璃試管中。上層澄清液取作全可溶性糖分析，下層澱粉置於 70°C 烘箱烘乾，待其完全烘乾後取出作樣品澱粉分析。

1. 全可溶性糖含量

採用 Dubois (1956)之測定方法，取前述之上清液 0.2 毫升加入 4.8 毫升純水中稀釋 25 倍，均勻混和後置於抽氣櫃中，取 2 毫升混和液加入 0.1 毫升 90% 石碳酸(Liquid phenol)與 6 毫升濃硫酸，靜置 30 分鐘後，以分光光度計(Spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長 490 nm 之吸收值，標準曲線以 0.5 μ mole / ml 之葡萄糖溶液配置不同濃度，單位以

%表示。計算方式：測出濃度*10⁻⁶*180*10/乾重*稀釋倍數*100%。

2. 澱粉含量

取前述完全烘乾之殘渣加入 2 毫升純水，混和均勻後於沸水中煮 15 分鐘，煮完後取出並迅速冷卻，加入 2 毫升 9.2 N HClO₄ 後混和均勻靜置 15 分鐘。而後加入 6 毫升純水，於室溫下以轉速 4000 rpm 離心 10 分鐘，過濾後取其上層液 0.1 毫升加入 1.9 毫升純水稀釋 20 倍，加入 0.1 毫升 90% 石碳酸(Liquid phenol)與 6 毫升濃硫酸，靜置 30 分鐘後，以分光光度計(Spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長 490 nm 之吸收值，標準曲線以 0.5 μmole / ml 之葡萄糖溶液配置不同濃度，單位以%表示。計算方式：測出濃度*10⁻⁶*180*10/乾重*稀釋倍數*100%

結 果

一、栽培水深對茭白植株生長發育之影響

茭白母莖定植後第 60 天，以 24 公分水深栽培之處理組有最高的植株高度，比水深 8 公分與 16 公分處理組植株的高度分別多 14.4 % 與 10.42 %，而水深 8 公分與 16 公分處理組之株高彼此間則無顯著差異；定植後第 90 天，株高依然是 24 公分水深栽培之處理組最高，分別高於其他兩組處理組 19.05 % 與 10.42 %，水深 8 公分與 16 公分處理組兩組之間依然無顯著差異(表 1)。

茭白分蘗數在三個處理組之間於試驗期間之 20 週內皆無顯著差異，三個處理組之分蘗數皆在定植後的前 4 週內迅速增加，第 4 至第 8 週分蘗數增加的速度稍微較慢，至第 9 週後分蘗數增加的速度趨緩，最終每個茭白母莖之分蘗數維持在 20 支上下(圖 1)。

表 1. 2016 年第一季水深處理對第 60 天與第 90 天茭白株高之影響。

Table 1. Effect of water depth treatment on the plant height of water bamboo at 60th and 90th day after transplanting, during 2016's first growing season.

Water depth (cm)	Plant height (cm)	
	60 th Day	90 th Day
8	119.83 b ^x	127.60 b
16	124.14 b	137.58 b
24	137.08 a	151.91 a

^x Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at P < 0.05 by LSD test.

茭白筍筍長方面，以 24 公分水深栽培之茭白筍擁有最長的筍長，相較於水深 8 公分與 16 公分處理組茭白筍的長度分別多了 29.89 % 與 26.34 %；而筍寬的統計分析結果顯示三組處理組之間並無顯著差異，惟 24 公分水深栽培之茭白筍筍寬在平均數上稍多於其他兩組處理組；筍重以 24 公分水深栽培之處理組擁有最重的茭白筍，相較於水深 8 公分與 16 公分處理組之茭白筍重量分別重了 75.47 % 與 62.55 % (表 2)。

綜合上述結果，栽培水深對茭白母莖分蘗數與茭白筍筍徑之影響較小，三個處理組之間皆無顯著差異；而茭白筍的長度和重量則與栽培水深呈正向關，以 24 公分水深栽培茭白筍表現最佳。

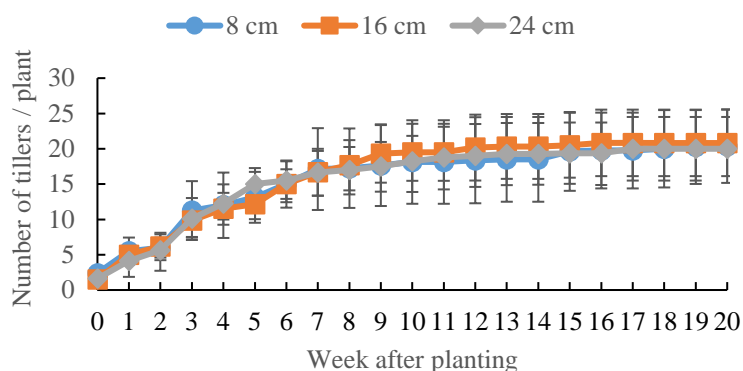


圖 1. 2016 年第一季水深處理對茭白分蘗數生長之影響。

Fig. 1. Effect of water depth treatment on the number of tillers in water bamboo, during the 2016's first growing season.

表 2. 2016 年第一季水深處理對茭白筍筍長、筍寬及筍重之影響。

Table 2. Effect of water depth treatment on the length, width and fresh weight of water bamboo, during 2016's first growing season.

Water depth (cm)	Water bamboo		
	Length (cm)	Width (mm)	Weigh (g)
8	7.8 b ^x	16.9 a	8.6 b
16	8.1 b	16.8 a	9.2 b
24	10.2 a	20.0 a	15.0 a

^x Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at P < 0.05 by LSD test.

二、延長光照時間與栽培水深處理對茭白植株生長發育之影響

(一)、2016 年第二季茭白栽培

本季(9月~11月)茭白栽培係承接第一季栽培之茭白母莖，水位深度處理與第一季相同，惟本季栽培至孕筍期時日照長度漸短，因此於九月上旬增加電照處理，每天晚上6點至10點以白光燈泡做夜間照光，對照組則不另行電照處理。本次試驗並未依慣行農法於第一季採收後將地上部植株全數刈除，尚且保留幼小分蘗，因而並未如第一季栽培般調查處理後第60天與第90天株高以及分蘗數，只有調查茭白筍之長、寬、重以及其所含之全可溶性醣與澱粉。

第二季茭白筍六組處理中的對照→栽培水深8公分、對照→栽培水深16公分、電照→栽培水深16公分以及電照→栽培水深24公分此四組擁有較長的筍長。電照處理組三組的筍長和水位深度呈正相關，水深增加茭白筍的長度也伸長，栽培水深24公分處理組的筍長顯著長於栽培水深8公分處理組長度約24.61%，而栽培水深16公分處理組則與栽培水深8公分處理組無顯著差異；對照組中則是栽培水深8公分處理組與栽培水深16公分處理組比起栽培水深24公分處理組分別長10.19%與19.32%(表3)。

茭白筍寬方面對照→栽培水深8公分處理組、對照→栽培水深16公分處理組、對照→栽培水深24公分處理組、電照→栽培水深16公分處理組以及電照→栽培水深24公分處理組此五組有較寬的筍寬，分別比電照→栽培水深8公分處理組寬31.27%、17.66%、18.69%、13.88%以及22.20%。電照處理組的筍寬具有隨著栽培水深增加而加寬的趨勢，但對照組並未有此趨勢(表3)。

茭白筍鮮重與乾重以對照→栽培水深8公分處理組、對照→栽培水深16公分處理組、對照→栽培水深24公分處理組、電照→栽培水深16公分處理組以及電照→栽培水深24公分處理組此五組有較重的筍鮮、乾重。此五組茭白筍鮮重比起電照→栽培水深8公分處理組分別重了100.41%、80.25%、49.45%、60.91%以及56.49%；此五組茭白筍乾重，比起電照→栽培水深8公分分別重了143.75%、129.69%、92.19%、43.75%以及50.00%(表3)。

茭白筍含水量則與前面幾項結果有不同的趨勢，電照處理中三組水深處理之茭白筍含水量皆多於對照組約2%。對照組中三組栽培水深處理彼此之間皆無顯著差異，電照組中三組水深處理彼此之間也皆無顯著差異(表3)。

茭白筍全可溶性醣(TSS)則以對照→栽培水深8公分處理組有最高的含量且顯著地高於對照→栽培水深16公分處理組以及電照之三組栽培水深處理，分別多出35.62%、115.33%、115.09%以及65.78%，與對照→栽培水深24公分處理組則無顯著差異；而電照處理組內的三組水深處理之間無顯著差異；總體來說以對照→栽培水深8公分處理組之茭白筍有最高的全可溶性醣含量，且對照組中三組水深處理組之茭白筍全可溶性醣含量皆優於電照處理組(表3)。

茭白筍澱粉以對照→栽培水深16公分處理組與對照→栽培水深24公分處理組有較

高的澱粉含量，且顯著地高於電照組之三組水深處理，分別多出 136.36 %、54.39 % 以及 56.25 %；對照組與電照處理組內的三組水深處理組之間則無顯著差異；總體來說對照組茭白筍之澱粉含量優於電照處理組(表 3)。

綜合上述 2016 年第二季茭白栽培結果，除了茭白筍含水量以外，電照處理並沒有顯著促進茭白筍之商品價值，電照之有無對茭白筍長、寬、鮮重以及乾重多無顯著地影響。茭白筍全可溶性糖與澱粉含量則是電照處理組略少於對照組，且組內不同水深處理之間多無顯著差異，換言之，栽培水位深度對全可溶性糖與澱粉含量無顯著地影響。

表 3. 2016 年第二季電照處理及水深處理對茭白筍品質之影響。

Table 3. Effect of lighting treatment and water depth treatment on the quality of water bamboo, during 2016's second growing season.

Treatment	Water bamboo quality							
	Length (cm)	Width (mm)	FW ^x (g/stem)	DW (g/stem)	WC (%)	TSS (%)	Starch (%)	
Control	8 cm	10.4 ab ^y	19.1 a	14.5 a	1.56 a	89.87 b	19.38 a	11.78 ab
	16 cm	11.2 a	17.1 ab	13.1 ab	1.47 a	89.26 b	14.29 bc	13.01 a
	24 cm	9.4 bc	17.3 ab	10.8 abc	1.23 ab	89.14 b	17.40 ab	12.95 a
Light	8 cm	8.3 c	14.6 c	7.2 c	0.64 b	91.95 a	9.00 d	5.50 c
	16 cm	10.3 abc	16.6 abc	11.7 abc	0.92 ab	92.23 a	9.01 cd	8.42 bc
	24 cm	10.3 ab	17.8 ab	11.3 abc	0.96 ab	90.96 ab	11.69 cd	8.32 c

^x FW = Fresh weight, DW = Dry weight, WC = Water content, TSS = Total soluble sugar.

^y Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

(二)、2017 年第一季茭白栽培

本次試驗期間前 12 週之植株高度隨著栽培時間的增加，處理組茭白植株成長的幅度逐漸大於對照組，至第七週時株高始出現差異，電照處理組高於對照組約 15.58 %，至第 12 週時處理組(99.49 公分)高於對照組(65.30 公分)約 52.36 %，此期間之生長量處理組為 74.17 公分，對照組則為 32.32 公分(圖 2)。第 12 週時發現茭白開始孕筍，因此調查完第 12 週生長數據後停止電照處理，並且將之前的電照組與對照組兩組再各分成三組栽培水位深度處理(水深：30、40 以及 50 公分)。此後七週曾經過電照處理的茭白植株幾乎都高

於非電照之對照組，但水深增加可以有效地促進茭白株高伸長，對照→栽培水深 50 公分處理組於第 14 週後即高於電照→栽培水深 30 公分處理組，六組中又以電照→50 公分的組別有最高的株高平均數(圖 4)。

試驗期間前 12 週之分蘗數分析結果顯示，電照處理組與對照組之間皆無顯著差異，但至第 10 週起對照組的分蘗數稍稍多於處理組，這段期間茭白分蘗的增加量以對照組(10/每母莖)稍微多於處理組(8.16/每母莖)約多出 22.55 % (圖 3)。試驗最後八週六個組別具有相似的生長趨勢，但對照→栽培水深 30 公分處理組則在分蘗平均數上稍稍高於其他五組(圖 5)。

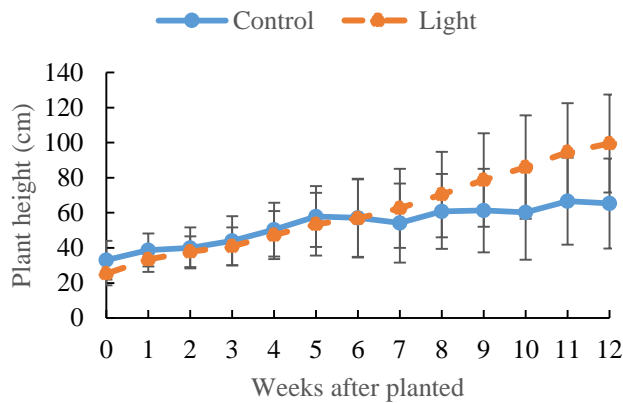


圖 2. 2017 年第一季前 12 週電照處理對茭白株高之影響。

Fig. 2. Effect of lighting treatment during the first 12 weeks of 2017's first growing season on the plant height of water bamboo.

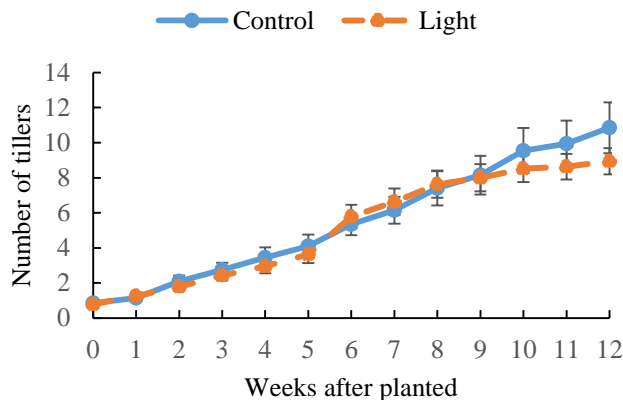


圖 3. 2017 年第一季前 12 週電照處理對茭白分蘗數之影響。

Fig. 3. Effect of lighting treatment during the first 12 weeks of 2017's first growing season on the number of tillers in water bamboo.

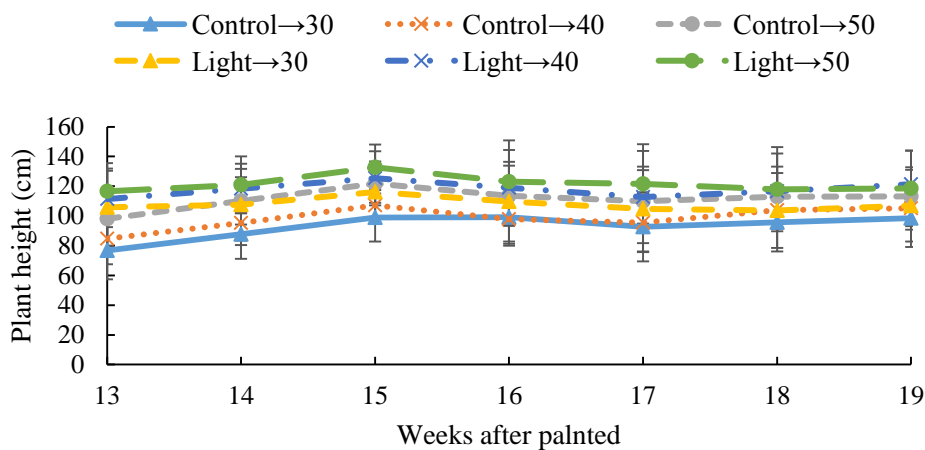


圖 4. 2017 年第一季第 13 週至第 19 週電照處理與水深處理對茭白株高之影響。
Fig. 4. Effects of lighting treatment and water depth treatment on the plant height of water bamboo between 13th and 19th week after treatment, during 2017's first growing season.

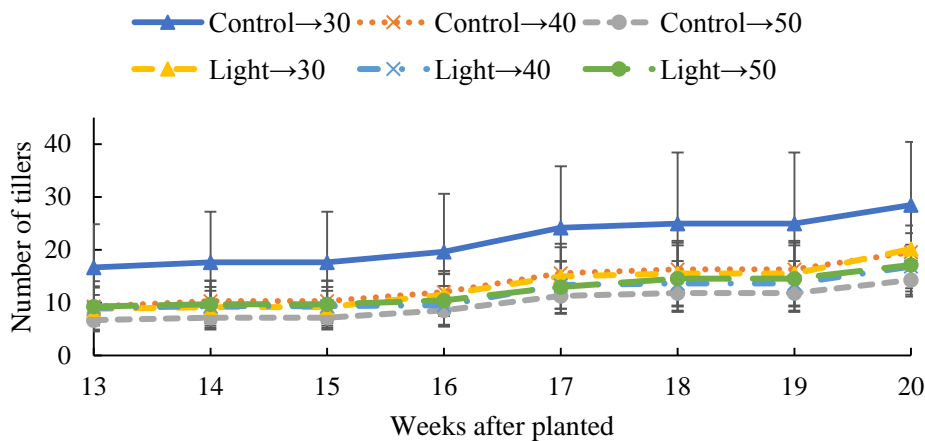


圖 5. 2017 年第一季第 13 週至第 20 週電照處理與水深處理對茭白分蘖數之影響。
Fig. 5. Effects of lighting treatment and water depth treatment on the number of tillers in water bamboo between 13th and 20th week after treatment, during 2017's first growing season.

茭白筍品質方面，六組中以對照→栽培水深 40 公分、電照→栽培水深 30 公分以及電照→栽培水深 40 公分此三組擁有較長的筍長，電照處理組與對照組之栽培水深 40 公分組別在兩組中皆分別擁有最長之筍長，最短筍長則出現於栽培水深 50 公分之組別。電照處理組中栽培水深 40 公分處理組與水深 30 公分處理組筍長並無顯著差異，但分別長於栽培水深 50 公分處理組約 15.11 % 與 7.19 %；對照組則是以栽培水深 40 公分處理之筍長顯著長於栽培水深 30 公分處理與栽培水深 50 公分處理組之筍長，各多出約 27.05 % 與 49.04 % (表 4)。本次栽培茭白筍時，發現植株莖基部之節位會產生類似未被茭白黑穗菌感染的雄茭植株之空心現象，少則一至二節、多則四節，且此現象好發於栽培水深 50 公分之處理組，導致雖然以較深之水深栽培茭白筍，但筍長卻較短。茭白筍寬以對照→栽培水深 40 公分處理組、電照→栽培水深 30 公分處理組、電照→栽培水深 40 公分處理組以及電照→栽培水深 50 公分對照組此四組有較寬的筍寬，且電照處理組與對照組最寬之筍寬皆出現於栽培水深 40 公分之處理組(表 4)。

茭白筍鮮重與乾重以對照→栽培水深 40 公分處理組、電照→栽培水深 30 公分處理組、電照→栽培水深 40 公分處理組以及電照→栽培水深 50 公分對照組此四組有較重的茭白筍鮮重、乾重。平均鮮重最重的電照→栽培水深 40 公分處理組其筍的鮮重比起平均筍重最輕的對照→栽培水深 50 公分處理組多出 64.23 %；電照→栽培水深 40 公分處理組的茭白筍乾重比起對照→栽培水深 50 公分處理組之筍乾重多出 60.62 % (表 4)。茭白筍含水量則以對照→栽培水深 30 公分處理組與電照→栽培水深 30 公分處理組此兩組具有較低之茭白筍含水量，茭白筍含水量最高之平均數則出現於電照→栽培水深 40 公分處理組，但六組間彼此差異不大(表 4)。

茭白筍全可溶性糖(TSS)則以電照→栽培水深 40 公分處理組與電照→栽培水深 50 公分處理組有較高的含量，且顯著地高於電照→栽培水深 30 公分處理組，分別多 30.37 % 與 18.58 %；對照組的三組水深處理的全可溶性糖則與電照→栽培水深 40 公分處理、電照→栽培水深 50 公分處理無顯著差異(表 4)。茭白筍澱粉以電照→栽培水深 50 公分處理與電照→栽培水深 40 公分處理有較高的含量，電照→栽培水深 30 公分處理之茭白筍則擁有最低的澱粉含量，前二者比起後者分別多增加 31.19% 與 19.25 %。對照組三組水深處理之間則無顯著差異，且與電照→栽培水深 30 公分處理或電照→栽培水深 40 公分處理之間也無顯著差異(表 4)。

綜合上述結果，電照處理與栽培水深處理各別皆有助於提高茭白植株高度，其中又以電照→栽培水深 50 公分處理能得到最高之平均株高；而電照處理則對分蘗數無影響力，分蘗數受栽培水深處理影響較大且呈負相關，但茭白筍品質則以電照再加上水深 40 公分栽培有最佳之品質。

表 4. 2017 年第一季電照處理及水深處理對茭白筍品質之影響。

Table 4. Effects of lighting treatment and water depth treatment on the quality of water bamboo, during 2017's first growing season.

Treatment	Water bamboo quality							
	Length (cm)	Width (mm)	FW ^x (g/stem)	DW (g/stem)	WC (%)	TSS (%)	Starch (%)	
Control	30 cm	12.2 cd ^y	23.5 b	24.47 b	2.18 b	91.15 b	28.05 ab	14.72 bc
	40 cm	15.5 ab	24.7 ab	33.63 a	2.92 a	91.45 ab	27.01 ab	14.88 bc
	50 cm	10.4 d	23.5 b	22.87 b	1.93 b	91.68 ab	27.86 ab	15.33 bc
Light	30 cm	14.9 ab	25.2 ab	34.03 a	2.98 a	91.21 b	25.19 b	13.82 c
	40 cm	16.0 a	26.7 a	37.56 a	3.10 a	91.76 a	29.87 a	16.48 ab
	50 cm	13.9 bc	26.1 a	32.39 a	2.79 a	91.37 ab	32.84 a	18.13 a

^x FW = Fresh weight, DW = Dry weight, WC = Water content, TSS = Total soluble sugar.

^y Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

討 論

一、低水位栽培水深對茭白植株生長發育之影響

當植物生長環境的水位深度逐漸升高時，為了因應相對減少的空氣，植物勢必需要採取一些策略減緩或是消除淹水對生存的威脅，例如延長枝條或是提早開花以克服逆境或是延續種族存活(Busch *et al.*, 2004)。本研究低水位栽培試驗結果發現茭白植株高度、茭白筍長度以及茭白筍重量皆與栽培水位深度呈正相關，但只有栽培水深 24 公分的處理組與其他處理組比較後有顯著差異，水深 8 公分與水深 16 公分之間並無顯著差異，可能是因為栽培水位深度均不足所導致。過去曾有研究顯示湛水狀態(Water-logging)並不會使植物顯著地延長株高，而是水深淹到一定程度才會促使植株延長枝條(Manzur *et al.*, 2009)，所以未來如果加深栽培水位的深度，對植株高度的影響或許可以更加顯著。

水位深度會顯著地影響茭白植株的分蘗數量，分蘗係植物營養繁殖的主要途徑，在適當的環境中植物可以藉由分蘗的方式快速地增加族群密度(Olson and Richards, 1988)。當水位深度逐漸提高時，植物便會傾向於以生殖生長之方式延續後代或是減少分蘗數量，例如於深水環境栽培水稻時，隨著水深增加水稻的分蘗數量便會隨之下降(Datta and Banerji, 1978; Lieffers and Shay, 1981; Wang *et al.*, 2014)。本試驗分蘗數並未因水深增加而減少，推

測因為處理的水位深度並不足以對茭白植株生存造成威脅。過去的研究報導湛水環境植株分蘗數並不會顯著地減少，而是水深淹到一定深度分蘗數量才顯著下降(Manzur *et al.*, 2009)。

二、延長光照時間與栽培水深處理對茭白植株生長發育之影響

正常生長之植株受到光線照射後開始行光合作用，製造碳水化合物供自身生長發育，而在正常的光照時間之外補充光照能夠促使植物累積較多醣類(劉等人，2002)，本試驗電照處理組茭白植株的株高顯著受到光照刺激而增加。雖然試驗光度僅約 4 ~ 10 PPFD，已能有效使茭白避免發生矮化症狀，然而茭白光補償點為 40 PPFD(趙等人，2004)，本試驗所使用之光度低於補償點應不至於導致光合作用產物之累積，延長光照克服矮化症狀之原因仍有待進一步之探討。另一方面，高水位栽培研究結果顯示茭白植株株高顯著地受到栽培水深影響，例如 2017 第一季茭白栽培水深高於 2016 年第一季栽培試驗而增加了不同水深處理之間的差異。栽培水位的增加勢必促使植株延長自身高度以獲得更多空氣交換的空間(Wang *et al.*, 2014)，隨著栽培水位深度提升，株高也顯著地增加。

本研究結果顯示茭白分蘗數並不受電照處理影響，根據 Sparkes 等人(2006)之研究，小麥分蘗增加與否和電照並沒有緊密的關聯性。2017 年第一季試驗後半段加入水深處理後，分蘗數即顯著地受到影響，此次水深處理(30、40、50 公分)皆遠高於 2016 年第一季(8、16、24 公分)，導致本次試驗結果於不同水深處理組之間具有較大的差異，隨著栽培水深增加導致分蘗數逐漸減少。水深的增加對植物生存是種威脅，水深逐漸提高的過程中植物會改變自身的生存策略(Busch *et al.*, 2004)，減少產生新分蘗(Datta and Banerji, 1978)，將能量移轉至成熟植株以延長株高，使得植株可以繼續進行氣體交換以利生存(Cooling *et al.*, 2001)。

綜合 2016 年第二季栽培與 2017 年第一季栽培之結果，電照處理並無對茭白筍品質有顯著地促進效果，推測原因可能為試驗光度低於茭白光補償點無法於補光期間增加光合作用產物之累積(趙等人，2004)。雖然兩季栽培使用相同燈具及光強度，但兩次的茭白筍全可溶性醣含量與澱粉含量趨勢則不同，可能為不同栽培季節導致植株自身養分含量差異、生長勢不同所導致。此外，茭白於孕筍期時會將同化養分向其他部位輸送(江等人，2003)，在不同栽培環境下可能造成輸送效率之差異，推測此也可能為造成兩次栽培之茭白筍醣、澱粉含量並無相同趨勢之原因。

茭白筍品質中長度及重量與水位深度呈正相關，Wang 等人(2014)報導提高水位深度可以促使植株延長株高，進而增加茭白筍的長度。但本試驗結果顯示儘管茭白筍長度隨著孕筍期栽培水深提高而增加，但水深之影響仍有其上限，例如茭白孕筍期以水深 40 公分栽培擁有最長茭白筍長與鮮重，以水深 50 公分栽培則會發生植株莖基部空心現象，孕筍部位由原來的莖基部三至四節(蔡，2013)提高至莖中間之節位，變相地導致茭白筍長度變短。

總而言之，本研究主在探討栽培水深及延長照光對茭白生長發育之影響，為減低其他

複合環境因子之干擾，本試驗乃使用栽培箱或栽培桶於溫室內進行栽培水深試驗，電照處理則使用旭光牌 23W 白光螺旋省電燈泡進行，這些條件與實際田間栽培有所不同，未來仍有需要進一步進行田間之試驗。

結 論

根據本研究試驗之結果，延長光照可有效促進茭白植株生長發育，且茭白植株栽培的過程中其株高顯著地受到栽培水深與電照處理影響，並與栽培水深呈現正相關；至於茭白分蘗數則只受栽培水深影響且呈負相關，然而有趣的是栽培水位深度要達至一定程度才能對茭白分蘗數造成作用；茭白筍品質則是以電照再加上茭白孕筍期時以水深 40 公分栽培之處理最佳。

參 考 文 獻

- 江解增、曹碁生、邱屆娟、韓秀芹、張強、朱慶森。2003。茭白碳水化合物積累與分配特性研究。園藝學報 30(5): 535-539。
- 林天枝、莊杉行。1995。茭白筍栽培技術改進研究。臺中區農業改良場研究彙報 47: 1-9。
- 林鈺玲。1985。茭白筍莖膨大之生理探討-天然細胞分裂素的分析及生物活性。國立中興大學植物研究所碩士論文。台中。
- 姚銘輝。2011。光度單位轉換問題之探討。農業試驗所技術服務 22(1): 26-29。
- 黃晉興、林益昇、安寶貞。2010。利用產期調控與田間排水以管理茭白基腐病。近年來我國重大作物病害之發生及其診斷、監測與防治研討會專刊: 109-126。
- 黃晉興、安寶貞。2016。茭白矮化症之發生與防治。台灣農業研究 65(3): 278-285。
- 趙雪梅、張治安、楊福、王曉慧。2004。菰葉片光合作用溫度特性的研究。吉林農業大學學報 26(5): 488-490。
- 蔡正宏。2013。茭白與黑穗菌的相互關係。臺中區農業改良場特刊 :209 - 215。
- 劉政道。1977。茭白外部形態及其花器構造之研究。中國園藝 23(6): 281-286。
- 劉玉穎、廖祥儒、徐景智、王俊峰、李同凱。2002。補充光照對番茄幼苗生長的影響。河北大學學報 22(1): 51-54。
- Asaeda, T. and K. Siong. 2008. Dynamics of growth, carbon and nutrient translocation in *Zizania latifolia*. Ecol. Eng. 32(2): 156-165.
- Busch, J., I. A. Mendelssohn, B. Lorenzen, H. Brix, and S. Miao. 2004. Growth responses of the everglades wet prairie species *Eleocharis cellulosa* and *Rhynchospora tracyi* to water level and phosphate availability. Aquat. Bot. 78(1): 37-54.
- Cook, C. D., B. J. Gut, E. M. Rix, and J. Schneller. 1974. Water plants of the world: a manual for

- the identification of the genera of freshwater macrophytes. Springer Science and Business Media, England. pp.441–444.
- Cooling, M. P., G. G. Ganf, and K. F. Walker. 2001. Leaf recruitment and elongation: an adaptive response to flooding in *Villarsia reniformis*. *Aquat. Bot.* 70(4): 281–294.
- Datta, S. K., and B. Banerji. 1978. The influence of varying water regimes on tillering of deepwater rice and its relation to yield. 1978 International Deepwater Rice Workshop. International rice institute, Philippines. pp.233-246.
- Lieffers, V. J., and J. M. Shay. 1981. The effects of water level on the growth and reproduction of *Scirpus maritimus* var. *paludosus*. *Can. J. Bot.* 59(2): 118–121.
- Manzur, M. E., A. A. Grimoldi, P. Insausti, and G. G. Striker. 2009. Escape from water or remain quiescent? *Lotus tenuis* changes its strategy depending on depth of submergence. *Ann. Bot.* 104(6): 1163–1169.
- Olson, B. E., and J. H. Richards. 1988. Tussock regrowth after grazing: Intercalary meristem and axillary bud activity of tillers of *Agropyron desertorum*. *Oikos.* 51(3): 374–382.
- Sparkes, D. L., S. J. Holme, and O. Gaju. 2006. Does light quality initiate tiller death in wheat? *Eur. J. Agron.* 24(3): 212–217.
- Wang, Q., J. Chen, F. Liu, and W. Li. 2014. Morphological changes and resource allocation of *Zizania latifolia* (Griseb.) stapf in response to different submergence depth and duration. *Flora – Morphol. Distrib. Func Ecol. Plants* 209(5–6): 279–284.
- Woodward, A. W., and B. Bartel. 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. *Ann. Bot.* 95(5): 707–735.
- Zhang, J. Z., F. Q. Chu, D. P. Guo, K. D. Hyde, and G. L. Xie. 2012. Cytology and ultrastructure of interactions between *Ustilago esculenta* and *Zizania latifolia*. *Mycol. Prog.* 11(2): 499–508.

Effects of Water Depth and Photoperiod Extension on the Water Bamboo (*Zizania latifolia* Turcz.) Growth and Development

Chin-Chieh Cheng¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾ San-Gwang Hwang³⁾

Key words: Water bamboo, Water depth, Photoperiod extension.

Summary

The Global warming is getting more and more severe in recent years, and it leads to abnormal climate and extreme weather conditions such as drought, heat wave, cold current and heavy rainfalls. The water resource is quite important in agronomic production process. The cultivation seasons of water bamboo in Taiwan are summer and autumn, if water shortage happens during these seasons, it will crash the industry. On the other hand, cultivating the water bamboo in short day length will cause stunting disease, but previous research indicated that it can be overcome by extending the photoperiod. In this study, different cultivating water depths with or without pretreatment of photoperiod extension were applied to investigate the effects of water conservation and photoperiod extension on water bamboo (*Zizania latifolia* Turcz.) growth and development.

Results from this research indicated that plant height, shoot length and shoot weight are positively correlated with cultivating water depth and photoperiod extension may increase water bamboo plant growth. Number of tillers per rhizome was affected by the cultivating water depth, however, no significant difference was observed among the lower water depth treatments (8, 16, 24 cm), while significant differences did exist among the higher water depth treatments (30, 40, 50 cm). The number of tillers per rhizome with a cultivating water depth of 30 cm is greater than that of 50 cm. Furthermore, application of photoperiod extension to prevent stunting disease in early growth followed by growing with a cultivating water depth of 40 cm resulted in the best water bamboo quality.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Assistant professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University,
Corresponding author.

