

乾旱逆境對三種品種台灣藜生長及生理的影響

劉彥廷¹⁾ 陳昶霖²⁾

關鍵字：台灣藜、乾旱逆境、藜麥、土壤含水量、耐旱指標。

摘要：全球氣候變遷導致乾旱地區面積逐年增加，因此提高糧食水份利用效率為全球重要的課題之一。已知不同地方品種的藜麥對乾旱有不同程度的耐受性，並在生長及生理上表現出差異性，而台灣藜為藜麥的近緣，不同台灣藜品種在乾旱逆境下的生長及生理之研究資料仍缺乏，因此本試驗利用二種不同澆水量(20 ml、5 ml)對三種台灣藜形成乾旱逆境，經乾旱處理 1 天後，'K533'品種株高生長速率、莖部鮮重、葉面積、根部乾重顯著高於'K534'品種，經乾旱處理第 3 天，'K533'品種葉片鮮重、莖部乾重、葉面積顯著高於'K534'品種，而在乾旱處理第 5 天，'K533'品種葉片鮮重、莖部鮮乾重、根長、APX 和 CAT 活性顯著高於'K534'品種，因此推測'K533'品種相較於'K534'品種為較耐旱性之品種。綜合試驗結果，株高生長速率、葉面積、APX 和 CAT 可以共同作為篩選台灣藜品種的耐旱指標。

前 言

植物在乾旱逆境下，首先因缺水使氣孔關閉造成二氧化碳缺乏影響植物的光合作用、營養合成及運輸，導致葉片 (Quan *et al.*, 2016)、株高 (Atif *et al.*, 2013)生長受到限制、地上部鮮乾重 (Alghabari *et al.*, 2018)下降，使植物根部乾重 (Faisal *et al.*, 2017)、根長 (Lim *et al.*, 2013)增加來吸收水分，並提高抗壞血酸過氧化酶 (ascorbate peroxidase, APX)(Wang *et al.*, 2019)、過氧化氫酶(catalase, CAT)(Li *et al.*, 2019)含量分解活性氧化物質 (Reactive oxygen species, ROS)達到抗逆境反應，因此可利用這些型態及生理變化作為耐旱篩選指標，進而推論適合作為短期台灣藜幼苗耐旱的篩選指標。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授。

台灣藜 (*Chenopodium formosanum*)與藜麥 (*Chenopodium quino*)的親源相近，原產於台灣，為台灣特有種，目前顯示數量及分布最多在屏東縣，產地主要在屏東與台東，已知台灣藜與藜麥一樣具有抗逆境能力，但目前相關文獻在乾旱逆境對台灣藜影響的敘述較少(郭耀綸，2008)，因此本試驗利用盆植乾旱處理三種品種台灣藜，希望能建立穩定指標性性狀作為台灣藜耐旱評估指標。

材料與方法

一、實驗材料來源及方法

台灣'K534'(種皮外表為黃色)、'K533'(種皮外表為橘色)品種之種子(可樂穀農場，台灣)，葡中自留種之種子(國立中興大學園藝試驗場葡萄中心，台灣)。

將各品種種子放置於微量離心管內，並加二次蒸餾水，經由振盪混合器清洗兩次後，放置於含有吸水紙培養皿中12個小時催芽，並在催芽後播種於穴盤，介質使用 Potgrond H 培養 (KLASMANN, Company)。播種於穴盤二週後移入3吋紅硬盆(泥炭土)中，每天澆40mL水讓植株馴化一週。將處理組分成每天澆5、20ml，共2種處理，每個處理品種有五個重複，每個重複為一株，並分別處理0、1、3、5天後，測量土壤體積含水量、株高、葉片鮮重、莖部鮮乾重、根部乾重、根長、葉面積、APX、CAT項目。

二、實驗調查項目

1. 體積含水量(Volumetric Water Content, VWC)

每天實驗調查及澆水前將水分測定儀 Water Scout SM100(Spectrum technologies, Inc, Illinois, USA)插入每個三吋盆土壤底部兩次進行測量，測量單位為(%)。

2. 株高生長速率 (mm/Day)

實驗處理第0天至第5天，在早上8:00~10:00使用15公分的直尺量植株株高，株高測量從三吋盆頂部量至植株生長點，測量單位為mm/Day，以下為計算公式為：株高生長速率 (mm/Day) = 第5天葉片長度 - 第0天葉片長度 / 5天。

3. 葉片鮮重、莖部鮮乾重、根部乾重 (g)

實驗結束後，將植株根部、莖部、葉片分別採下，用剪刀剪取土平面莖部後，分別取成熟葉片及莖部，根部取土平面下部份，並用自來水清洗根上的土壤後用微量天平測量，並在最後計算測量單位為g。

4. 根長 (cm)

實驗結束後，使用剪刀剪取植株地上部，並用自來水清洗根上的土壤後用尺測量最長長度，並在測量後最後用相機拍照觀察根長。

5. 葉面積 (cm²)

剪取植株上成熟葉片部份，以黑布作為背景，放置植株葉片及尺，並用相機拍照，最後使用 Image J 軟體計算每張照片葉面積，測量單位為 cm²。

6. 抗壞血酸酶 (APX)單位活性分析

實驗最後一天取每株成熟葉片 (第 4 片以後的葉片)，利用微量天平秤取 0.3 g 後用液態氮固定樣品，樣品加入 1ml 0.1M 磷酸緩衝溶液 (pH 值 7.8)、液態氮及海砂於冰浴上研鉢研磨，並於 4°C 13000 rpm 離心 20 分鐘後，用棉網過濾取離心試管的上清液。取 10 ul 上清液，並依序加入 100 ul 0.1M 磷酸緩衝液(pH 值 7.0)、100 ul 150 mM Ascorbate、40 ul 0.75 mM EDTA、50 ul 6 mM 過氧化氫。以 Elisa Reader 測定 290 nm 波長之吸光值。(空白組以 10 ul 0.1 M 磷酸緩衝溶液(pH 值 7.8)取代上清液)，測量單位為 unit g⁻¹FW，以下為計算公式: APX 單位活性(unit g⁻¹ FW) = (處理組-空白組) ÷ 2.8(mM⁻¹ cm⁻¹) x 0.3(反應體應, ml) ÷ 0.882(cm) x (1/0.01)(稀釋倍數) ÷ g(鮮重) ÷ 1(min)。

7. 過氧化酶 (CAT)單位活性分析

實驗最後一天後取每株成熟葉片 (第 4 片以後的葉片)，利用微量天平秤取 0.3 g 用液態氮固定樣品，樣品加入 1ml 0.1 M 磷酸緩衝溶液 (pH 值 7.8)、液態氮及海砂於冰浴上研鉢研磨，並於 4 度 13000 rpm 離心 20 分鐘後，用棉網過濾取離心試管的上清液。取 20 ul 上清液，並依序加入 260 ul 0.1M 磷酸緩衝液 (pH 值 7.0)、20 ul 50 mM 過氧化氫。以 Elisa Reader 測定 240 nm 波長之吸光值。(空白組以 20 ul 0.1M 磷酸緩衝溶液 (pH 值 7.8)取代上清液)，測量單位為 unit g⁻¹ FW，以下為計算公式: CAT 單位活性(unit g⁻¹ FW) = (處理組-空白組) ÷ 40(mM⁻¹ cm⁻¹) x 0.3(反應體應, ml) ÷ 0.882(cm) x (1/0.02)(稀釋倍數) ÷ g(鮮重) ÷ 1(min)。

8. 統計分析

本實驗採取完全隨機設計 (Completely Randomized Design, CRD)，並使用 CoStat 統計軟體 (Cohort software, Minneapolis, MN)中的 ANOVA 進行變方分析及最小顯著差異檢定 (Least Significant Difference, LSD)，比較各處理及品種間的差異(n=5)。

結 果

(1)土壤體積含水量

每天皆會取同個處理組所有盆栽於溫室內測量體積土壤含水量後歸位，在第 0 天時，每日澆水量 5、20 ml 處理盆栽體積土壤含水量為 26.16%，而在乾旱處理第 1、3、5 天每日澆水量 5、20 ml 皆有顯著差異，在第 5 天時，每日澆水量 20 ml 處理盆栽體積土壤含水

量為 35.23 %，而每日澆水量 5 ml 處理盆栽為 4.73 % (圖 1)。

(2)株高生長速率

乾旱逆境處理第 1、3、5 天開始測量的台灣藜株高，第 3、5 天，每日澆水量 20 ml 處理 'K534' 品種分別為 6.1、6.4 mm/day 顯著低於其他品種，在第 5 天，每日澆水量 5 ml 處理 'K534' 品種為 0.88 mm/day 顯著低於葡中品種 (表 1)。

(3)葉片鮮重

乾旱逆境處理第 0、1、3、5 天取台灣藜葉片於微量天平秤重，並於 70°C 烘箱烘 3 天後測量乾重，在葉片鮮重，第 0、1 天處理不同品種台灣藜在每日澆水量 5、20 ml 處理組皆無顯著差異，在第 3、5 天，每日澆水量 5 ml 處理 'K533' 品種分別為 0.73 g、0.30 g 顯著高於 'K534' 品種，而 'K534' 品種分別為 0.48 g、0.19 g 顯著低於 'K533' 品種 (表 2)。

(4)莖部鮮乾重

乾旱逆境處理第 0、1、3、5 天取台灣藜莖部於微量天平秤重，並於 70°C 烘箱烘 3 天後測量乾重，在莖部鮮重，第 0、1 天，'K533' 品種在每日澆水量 5、20 ml 處理皆顯著高於葡中品種，在第 3、5 天，每日澆水量 5 ml 處理 'K533' 品種分別為 0.55 g、0.34 g 為最高 (表 3)，而在莖部乾重，第 0、1、3、5 天，每日澆水量 5、20 ml 處理 'K533' 品種皆高於其他品種 (表 4)。

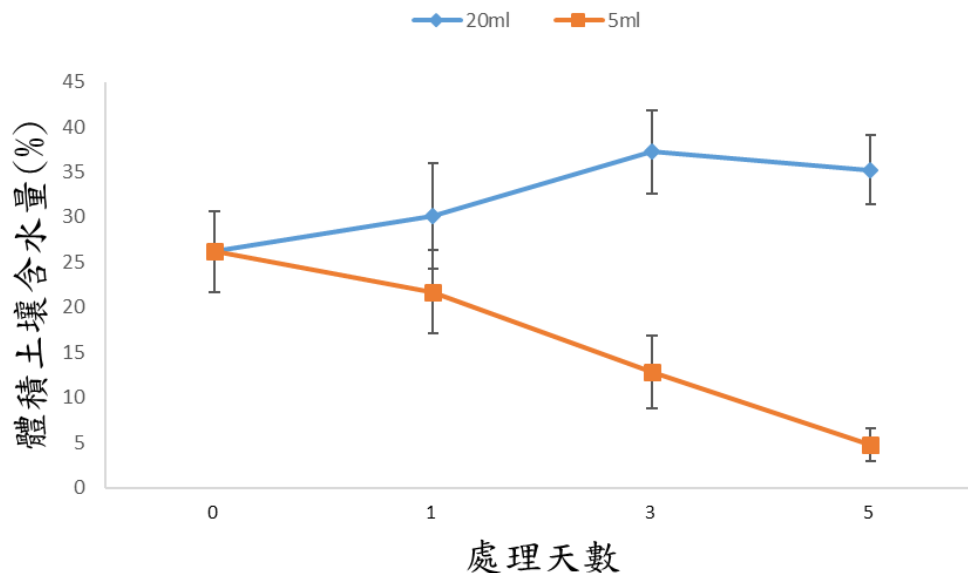


圖 1. 不同澆水量對體積土壤含水量之影響 (%)。

Fig. 1. The effect of irrigation volum soil water content (%).

表 1. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜株高生長速率影響

Table 1. The effect of height growth rate in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Height Growth Rate(mm/Day)		
		Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	6.0a ^x	6.1b	6.4b
	'K533'	7.2a	10.0a	11.2a
	grape	8.6a	9.2a	9.6a
5mL	'K534'	3.2b	2.6a	0.88b
	'K533'	7.2a	4.7a	1.84ab
	grape	6.4ab	4.4a	2.36a

^x Means within each treatment column followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by LSD test ($n = 5$).

表 2. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜葉片鮮重影響

Table 2. The effect of leaf fresh weight in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、Day 1、Day 3、Day 5 drought stresses.

Treatment	line	Leaf Fresh Weight(g)			
		Day 0 ^y	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	0.49a ^x	0.55a	0.88b	0.54a
	'K533'	0.48a	0.66a	1.11a	0.49a
	grape	0.46a	0.62a	0.86b	0.61a
5mL	'K534'	-	0.46a	0.48b	0.19b
	'K533'	-	0.54a	0.73a	0.3a
	grape	-	0.46a	0.50b	0.27ab

^x Means within each treatment column followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by LSD test($n=5$).

^y Day 0 : Before treatment

表 3. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜莖部鮮重影響

Table 3. The effect of shoot fresh weight in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Shoot Fresh Weight(g)			
		Day 0 ^y	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	0.35ab ^x	0.39b	0.53b	0.77a
	'K533'	0.41a	0.56a	0.76a	0.93a
	grape	0.31b	0.40b	0.60b	0.84a
5mL	'K534'	-	0.37b	0.47a	0.20b
	'K533'	-	0.60a	0.55a	0.34a
	grape	-	0.27c	0.33b	0.23b

^x Means within each treatment column followed by the different letter are significantly different at P<0.05 by LSD test(n=5).

^y Day 0 : Before treatment

表 4. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜莖部乾重影響

Table 4. The effect of shoot dry weight in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Shoot Dry Weight(g)			
		Day 0 ^y	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	0.02b ^x	0.03b	0.04a	0.09ab
	'K533'	0.03a	0.04a	0.06a	0.11a
	grape	0.02b	0.03b	0.05a	0.05b
5mL	'K534'	-	0.03ab	0.03b	0.04b
	'K533'	-	0.03a	0.06a	0.08a
	grape	-	0.02b	0.03b	0.03b

^x Means within each treatment column followed by the different letter are significantly different at P<0.05 by LSD test(n=5).

^y Day 0 : Before treatment

(5)根部乾重

乾旱逆境處理第 0、1、3、5 天取台灣藜根部於微量天平秤重，並於 70°C 烘箱烘 3 天後測量乾重，在根部乾重，第 0、1、3、5 天，每日澆水量 5、20 ml 處理組 'K533' 品種皆高於其他品種 (表 5)。

(6)根長

乾旱逆境處理第 0、1、3、5 天取台灣藜根部，並於水槽清洗根上的土塊，第 1 天，不同品種台灣藜在每日澆水量 5、20 ml 處理皆顯無顯著差異，在第 3、5 天，每日澆水量 5 ml 處理 'K533' 品種分別為 11、12 cm 高於其他品種 (表 6)。

(7)葉面積

乾旱逆境處理第 0、1、3、5 天取每株台灣藜成熟葉片回到實驗室計算，在第 1 天，每日澆水量 5、20 ml 處理 'K533' 品種分別為 26.65、26.15 cm² 顯著高於其他品種，在第 3 天，每日澆水量 5 ml 處理 'K534' 品種為 17.66 顯著低於 'K533' 品種 (表 7)。

(8) APX 活性測定

乾旱逆境處理第 0、1、3、5 天開始分析 APX 在台灣藜成熟葉片的活性表現，每日澆水量 5 ml 處理第 1 天，'K534'、'K533'、葡中品種分別為 25.45、19.15、14.01 unit g⁻¹ FW，隨著處理天數增加皆有上升的趨勢，且相較於對照組第 5 天活性表現，'K534'、'K533'、葡中品種分別上升 319、744、164%，而在每日澆水量 5 ml 處理第 5 天與第 1 天相比，'K534'、'K533'、葡中品種分別上升 89、548、144% (表 8)

(9) CAT 活性測定

乾旱逆境處理第 0、1、3、5 天開始分析 CAT 在台灣藜成熟葉片的活性表現，每日澆水量 5 ml 處理第一天 'K534' 品種為 2.74 unit g⁻¹ FW 顯著高於葡中品種，在第 3、5 天，每日澆水量 5 ml 處理葡中品種分別為 3.41、4.56 unit g⁻¹ FW 顯著低於其他品種。每日澆水量 5 ml 處理第 1 天，'K534'、'K533'、葡中品種分別為 2.74、2.49、2.22 unit g⁻¹ FW，隨著處理天數增加皆有上升的趨勢，且相較於對照組第 5 天活性表現，'K534'、'K533'、葡中品種分別上升 166、442、76%。每日澆水量 5 ml 處理第 5 天與第 1 天相比，'K534'、'K533'、葡中品種分別上升 170、388、105% (表 9)。

表 5. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜根部乾重影響

Table 5. The effect of root dry weight in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Root Dry Weight(g)			
		Day 0 ^y	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	0.015 b ^x	0.013 ab	0.021 a	0.052 b
	'K533'	0.020 a	0.017 a	0.022 a	0.064 b
	grape	0.011 c	0.010 b	0.017 a	0.104 a
5mL	'K534'	-	0.014 b	0.016 a	0.025 a
	'K533'	-	0.018 a	0.017 a	0.027 a
	grape	-	0.008 c	0.009 b	0.026 a

^x Means within each treatment column followed by the different letter are significantly different at P<0.05 by LSD test(n=5).

^y Day 0 : Before treatment

表 6. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜根長影響

Table 6. The effect of root length in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Root Length(cm)			
		Day 0 ^y	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	13.75 a ^x	9.3 a	10.37 a	14.00 a
	'K533'	13.53 a	9.8 a	9.62 a	13.62 a
	grape	8.50 b	8.8 a	10.00 a	11.00 a
5mL	'K534'	-	7.5 a	10.00 a	9.37 c
	'K533'	-	9.5 a	11.00 a	12.00 a
	grape	-	9.5 a	9.75 b	10.37 b

^x Means within each treatment column followed by the different letter are significantly different at P<0.05 by LSD test(n=5).

^y Day 0 : Before treatment

表 7. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜葉面積影響

Table 7. The effect of leaf area in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Leaf Area(cm ²)			
		Day 0 ^z	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	27.88 AB ^x a ^y	20.86 Bb	28.48 ABa	42.06 Aa
	'K533'	26.20 Bab	26.65 Ba	31.42 ABa	45.14 Aa
	grape	20.08 Bb	20.89 Bb	26.63 ABa	41.20 Aa
5mL	'K534'	-	20.34 Ab	17.66 Bb	11.04 Ca
	'K533'	-	26.15 Aa	23.57 Aa	10.73 Ba
	grape	-	17.69 Ab	18.05 Ab	12.69 Ba

^x Means within each treatment row followed by the different letter are significantly different at P<0.05 by LSD test(n=5).

^z Day 0 : Before treatment

表 8. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜 APX 活性影響

Table 8. The effect of APX activity in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Ascorbate Peroxidase(unit g ⁻¹ FW)			
		Day 0 ^z	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	11.53 B ^x b ^y	12.97 Ba	18.65 Aa	19.89 Aa
	'K533'	14.71 Ba	11.64 Cab	17.41 ABa	19.74 Aa
	grape	12.93 BCab	10.36 Cb	14.92 Aa	17.42 Ba
5mL	'K534'	-	25.45 Ca	34.92 Ba	48.32 Ab
	'K533'	-	19.15 Cb	33.08 Ba	124.17 Aa
	grape	-	14.01 Cc	19.35 Bb	34.19 Ab

^x Means within each treatment row followed by the different letter are significantly different at P<0.05 by LSD test (n = 5).

^z Day 0 : Before treatment

表 9. 不同乾旱處理第 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜 CAT 活性影響 (unit g⁻¹ FW)
 Table 9. The effect of CAT activity in different *Chenopodium formosanum* lines after Day 0、
 Day 1、Day 3、Day 5 drought stress.

Treatment	line	Catalase (unit g ⁻¹ FW)			
		Day 0 ^z	Day 1	Day 3	Day 5
20mL	'K534'	2.08 B ^x a ^y	2.01 Ba	2.85 Aa	2.78 Aa
	'K533'	2.15 ABa	1.78 Ba	2.21 Aa	2.24 Ab
	grape	2.06 ABa	1.72 Ba	2.28 Aa	2.59 Aab
5mL	'K534'	-	2.74 Ca	5.12 Ba	7.40 Ab
	'K533'	-	2.49 Cab	4.73 Ba	12.16 Aa
	grape	-	2.22 Bb	3.41 ABb	4.56 Ac

^x Means within each treatment row followed by the different letter are significantly different at P<0.05 by LSD test (n = 5).

^z Day 0 : Before treatment

討 論

一、乾旱逆境對台灣藜外表型態的影響

本試驗主要目的是了解乾旱逆境 (土壤體積含水量)處理 0、1、3、5 天對不同品種台灣藜所造成的生長影響，實驗結果指出'K533'品種在溫室生長莖部鮮乾重、葉片鮮重、根長較其他品系高，而抗氧化酶 (APX、CAT)在不同品種台灣藜皆有上升趨勢，其中'K533'上升較其他品種高，因此可以推論適合作為短期台灣藜幼苗耐旱的篩選指標。

本試驗在每日給水 5 ml 處理第 1 及 5 天，'K534'品種株高生長速率分別為 3.2、0.88 mm/day 皆顯著低於'K533'品種，且隨著乾旱處理時間增加株高生長速率會下降，由此可知'K534'品種對乾旱逆境較為敏感從而使生長速率下降，因此株高生長速率可能可以做為篩選耐旱的指標，前人研究 (秦天元, 2018)顯示指出，比較馬鈴薯耐旱品種'C119'與不耐旱品種'C16'，利用播種 45 日幼苗處理田間含水量 70~85、55~70、40~55 % 處理 15 天，'C119'品種株高分別為 120 cm、90 cm、80cm 較'C16'品種高 25 %、66 %、33 %，結果顯示耐旱馬鈴薯在乾旱處理下有較高的株高。在每日給水 5 ml 乾旱逆境處理第 3 和 5 天，'K533'品種葉片鮮重分別為 0.73 g 和 0.30 g 顯著高於其他品種，'K534'品種葉片鮮重分別為 0.48g 和 0.19g 顯著低於'K533'品種，而'K533'品種在莖部鮮乾重皆顯著高於其他品種，推測在乾

旱逆境'K533'品種會增加植體內滲透物質使滲透壓對其影響較小 (Elewa *et al.*, 2017), 讓根部吸收水分及水份運輸較其他品種佳, 株高生長速率比其他品種高促使地上部鮮乾重增加, 因此代表'K533'品種較耐旱, 而'K533'品種在每日給水 5 ml 乾旱處理第 5 天, 根部鮮重增加 35%, 而根部長度在每日澆水 5 ml 處理第 3、5 天顯著高於葡中品種, 這表示'K533'品種在乾旱逆境下會增加根長及根部表面積, 使根部能吸收更多水分來維持植物生理機能, 讓株高及地上部鮮乾重增加, 達到抗乾旱逆境效果。'K533'品種每日給水 5ml 乾旱處理第 1、3 天葉面積分別為 26.15、23.57 cm² 顯著高於其他品種, 而'K534'品種在每日給水 5 ml 乾旱處理分別為 20.34 和 17.66 cm² 顯著低於'K533'品種, 結果推測當葉片生長速率下降會減少葉面積進而減少蒸散速率以維持植物生理平衡, 而這與前人研究有相似 (Quan *et al.*, 2016; Júnior *et al.*, 2019)的結果, 植物在乾旱逆境下, 減少葉片長度可減少葉面積使植物蒸散量下降, 進而達到抗逆境功效。

二、乾旱逆境對台灣藜抗氧化酶的影響

植物受到逆境時會在體內產生過氧化氫 (Hydrogen peroxide, H₂O₂)、超氧離子 (Superoxide ion, O²⁻)等活性氧化物質, 並累積在細胞中。若逆境強度增加或處理時間延長會累積更多活性氧物質(Reactive oxygen species, ROS)造成細胞膜被氧化導致植物死亡。在逆境下植物體內抗氧化酶系統會被啟動, 例如: APX、CAT、POD 等, 這些抗氧化酶可清除過氧化氫及超氧陰離子等活性氧物質 (蔣德安, 2018)。在試驗結果隨著乾旱逆境處理時間增加, 每個品種 APX 及 CAT 皆會上升, 其中'K533'品種上升較多。在每日給水 5 ml 處理第 3 天, 'K534'及'K533'品種 APX 及 CAT 皆顯著高於葡中品種。而在第 5 天, 'K533'品種 APX 及 CAT 顯著高於'K534'及葡中品種, 這結果表示 APX 及 CAT 隨著乾旱處理時間增加趨勢一樣, 因此推斷出 CAT 及 APX 適合作為耐旱指標。

結 論

台灣的梅雨季通常發生在每年 5 月至 6 月之後 7 至 9 月為颱風季, 主要降雨量較少的季節為 10-3 月, 在雨量充足季節適合種植水稻, 而在乾季台灣藜適合作為經濟作物, 若發展經濟作物需要於平地以集約方式種植, 因此推薦'K533'品種於 10 月份至隔年 3 月份播種增加台灣農地在乾旱時期的經濟價值以增加台灣農作物耕地及產值, 而若要篩選耐旱台灣藜品種可測量株高生長速率、葉面積、APX、CAT 作為篩選指標。

參 考 文 獻

- 秦天元、孫超、畢真真、王翰, 李鑫、曾文婕、白江平。2018。馬鈴薯不同耐旱品系管栽苗及其根尖顯微結構對乾旱脅迫的響應。生物技術通報 34(12): 102。
- 郭耀綸、楊遠波、蔡碧仁、葛孟杰。2008。紅藜推廣手冊。屏東科技大學。蔣德安。2018。植物生理學。五南出版社。
- Atif, R., Adnan, Y., Taj, A., Asmat, K., Usman, T., Shoab, M., & Sitwat, R. (2013). Effect of drought stress on growth and flowering of marigold (*Tagetes erecta* L.). *Pakistan J. of Botany*. 45: 123-131.
- Alghabari, F., & Ihsan, M. Z. (2018). Effects of drought stress on growth, grain filling duration, yield and quality attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bangladesh J. of Botany*. 47(3): 421-428.
- Elewa, T. A., Sadak, M. S., & Saad, A. M. (2017). Proline treatment improves physiological responses in quinoa plants under drought stress. *Bioscience Res*. 14(1): 21-33.
- Faisal, S., Mujtaba, S., Khan, M., & Mahboob, W. (2017). Morpho-physiological assessment of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought stress tolerance at seedling stage. *Pak. J. Bot*. 49(2): 445-452.
- Júnior, S. d. O. M., de Andrade, J. R., dos Santos, C. M., Silva, J. A. C., d Santos, K. P., Silva, J. V., & Endres, L. (2019). Leaf thickness and gas exchange are indicators of drought stress tolerance of sugarcane. *Emirates J. of Food and Agr*. 29-38.
- Li, R., Liu, C., Zhao, R., Wang, L., Chen, L., Yu, W., Shen, L. (2019). CRISPR/Cas9-Mediated SINPR1 mutagenesis reduces tomato plant drought tolerance. *BMC plant biol*. 19(1): 1-13.
- Lim, J.-H., & Kim, S.-D. (2013). Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper. *The plant pathol. J*. 29(2): 201-208.
- Quan, W., Liu, X., Wang, H., & Chan, Z. (2016). Comparative physiological and transcriptional analyses of two contrasting drought tolerant alfalfa varieties. *Frontiers in plant sci*. 6: 1256.
- Wang, X., Liu, H., Yu, F., Hu, B., Jia, Y., Sha, H., & Zhao, H. (2019). Differential activity of the antioxidant defence system and alterations in the accumulation of osmolyte and reactive oxygen species under drought stress and recovery in rice (*Oryza sativa* L.) tillering. *Scientific rpt*. 9(1): 1-11.

Effects of Drought Stress on Growth and Physiology in Three Lines *Chenopodium formosanum*

Yen-Ting, Liu¹⁾ Chang- Lin, Chen²⁾

Key words: *Chenopodium formosanum*, Drought stress, Quinoa, Soil water content, Drought tolerance index.

Summary

Global climate change has led to an increase in arid areas year by year. Therefore, improving the water use efficiency of crops has become one of the important issues in the world. It is known that the local lines of quinoa in different regions have different degrees of drought tolerance and show different growth and physiological responses. *Chenopodium formosanum* is a close relative of quinoa but there is still a lack of research data on the *C. formosanum* growth and physiology under drought stress. Therefore, in order to explore the genotypic variation under drought stress, three potential lines of *C. formosanum* were conducted under different drought severity (20 ml · 10 ml · 5 ml H₂O /Day) in the greenhouse. After one-day drought treatment, the plant height growth rate, shoot fresh weight, leaf area and root dry weight of 'K533' line were significantly higher than those of 'K534' line. After three-day drought treatment, the leaf fresh weight, shoot dry weight and leaf area of 'K533' line were significantly higher than 'K534' line. The leaf fresh weight, shoot fresh dry weight, root length, APX and CAT activities of 'K533' showed significantly higher than 'K534' line under drought stress for 5 days. Therefore, the 'K533' line is more drought tolerant than 'K534' line. Overall, the height growth rate, leaf area, SPAD value, APX and CAT can be used as drought tolerance indexes for screening *C. formosanum*.

1) Student in M.S. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

Corresponding author.

