

# 淹水對苜蓿產量、品質及根部組織之影響<sup>(1)</sup>

林正斌<sup>(2)</sup> 楊翎翎<sup>(3) (4)</sup> 劉景平<sup>(3)</sup>

收件日期：95年10月17日；接受日期：96年7月15日

## 摘要

苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 為多年生之重要豆科飼料作物，在雨季常因淹水而生長不良，為探討台灣地區春、夏不同季節栽培時，淹水對不同苜蓿品種生育之影響，本試驗以台灣常用引進品種中東苜蓿 (Middle East alfalfa) 及 Hunter River 苜蓿種子為材料，分別於二月及五月種植，分別於4葉期、8葉期及盛花期時淹水10天，並以不淹水處理為對照 (CK)。結果顯示春季淹水對產量影響不明顯，夏季淹水對產量則有極大之影響，中東苜蓿不同生育期淹水鮮草產量由2537.3 kg ha<sup>-1</sup>~3904.3 kg ha<sup>-1</sup>，低於對照組之5525.0 kg ha<sup>-1</sup>，Hunter River 淹水處理之鮮草產量1254.3~1637.7 kg ha<sup>-1</sup>亦低於對照之4342.7 kg ha<sup>-1</sup>。淹水亦影響鎂、鉀、鈣、酸洗纖維 (acid detergent fibre, ADF) 及中洗纖維 (neutral detergent fibre, NDF) 等組成成分之變化，尤其粗蛋白質於淹水後有下降之趨勢，如於夏季開花期淹水處理 Hunter River 及中東苜蓿之粗蛋白質分別為14.16%及13.7%，遠低於對照處理之17.6%及16.67%。藉由根的石蠟切片技術及正立顯微鏡觀察，發現4葉期及8葉期淹水對根組織傷害最嚴重，經由偏光顯微鏡觀察得知，淹水同時會影響根部澱粉的累積。綜合上述結果，Hunter River 及中東苜蓿於不同生育期淹水，以4葉期及8葉期之淹水較盛花期影響為大，夏季淹水影響較春季為大，夏季栽培於各生育時期之淹水均會影響苜蓿生育，進而影響品質及產量。

關鍵詞：苜蓿、淹水、生育、組織學。

## 緒言

苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 為豆科作物，是一種全球性栽培、適應性廣泛、品質優良的牧草，有「飼料之王」之美譽，除了可作為乾草、青刈外，亦能做成飼料，是最好的豆科飼料來源。苜蓿在台灣都從國外進口，以乾草型態居多。台灣栽植苜蓿生育困難，主要原因可能是因為台灣的高溫、多雨氣候，以及苜蓿本身對於淹水逆境的忍受性差。

---

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1374號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 國立嘉義大學農學研究所前研究生、教授。

(4) 通訊作者，E-mail：pjfl3@mail.pingjen.gov.tw。

一般通氣及土質結構良好的土壤，O<sub>2</sub>充塞於土壤顆粒孔隙之間，當土壤在淹水或浸水情況下，O<sub>2</sub>之擴散會受阻，因此淹水逆境也等於缺氧逆境。淹水逆境下對植物發育的影響除了缺氧外，可能還受根代謝作用產生有毒物質及土壤有害微生物之影響，進而影響根組織之發育（Drew, 1983）。如通氣組織的形成（cortex breakdown; lysigenous）而產生充氣空腔（gas-filled lacunae）所致（Pezeshki, 1994）。Lin *et al.*（2001）指出蘇丹草不同生育期間淹水，植株生育將受影響，此乃根部組織遭破壞所致。楊等（2007）則指出，影響苜蓿種子發芽及萌芽最嚴重的因子莫過於淹水。苜蓿的根含有高量的碳水化合物，若土壤淹水且高溫時會加深傷害，因為此種環境下 *Phytophthora megasperma* 菌及 *Colletotrichum trifolii* 菌容易破壞苜蓿根部，使根部腐爛（Barta, 1980）。Kawase（1974）認為淹水逆境造成地上部乙烯大量生成，進而促進葉綠素的崩解。葉綠素的含量下降，可能會導致黃萎病（chlorosis）的發生（Teustsch and Sulc, 1997；Teustsch *et al.*, 2000）。本研究目的為探討台灣二個主要苜蓿引進品種Hunter River及中東苜蓿，在不同季節及不同生育時期之淹水逆境之下，對產量、品質及根組織結構之影響。

## 材料與方法

### I. 材料

本試驗以較常栽培之苜蓿（*Medicago sativa*）引進品種Hunter River及中東苜蓿（Middle East）為材料。

### II. 方法

#### （i）不同時期淹水對生長及農藝性狀之影響

將上述材料分別於二月（春季）及五月（夏季）播於1.5 × 2 × 2公尺置有砂質壤土之水泥盆中，土壤屬砂質壤土，pH 6-7，有機質含量3 %左右。播種採條播，播種量以每公頃10公斤換算、

表 1. 春季苜蓿不同生育期淹水對農藝性狀之影響

Table 1. Effects of waterlogging on the agronomic traits of alfalfa at different growth stages in spring crop

Cultivar	Waterlogging stage	Yield	Fresh leaf weight	Dry leaf weight	Chlorophyll content
		kg ha <sup>-1</sup>	g plant <sup>-1</sup>	g plant <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>
Hunter River	CK	5485.0b*	12.0 <sup>b</sup>	2.9 <sup>b</sup>	20.6 <sup>a</sup>
	4 <sup>th</sup> leaf	4643.3 <sup>b</sup>	24.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>
	8 <sup>th</sup> leaf	4594.3 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	13.8 <sup>b</sup>
	Bloom	7461.7 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	1.7 <sup>b</sup>	17.6 <sup>ab</sup>
Middle East	CK	6688.3 <sup>b*</sup>	7.4 <sup>b</sup>	1.8 <sup>b</sup>	19.8 <sup>a</sup>
	4 <sup>th</sup> leaf	5904.3 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	17.9 <sup>a</sup>
	8 <sup>th</sup> leaf	6304.3 <sup>b</sup>	7.3 <sup>b</sup>	1.6 <sup>b</sup>	20.1 <sup>a</sup>
	Bloom	8740.0 <sup>a</sup>	7.9 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	15.4 <sup>b</sup>

\* Means with the different letters within the same column are significantly different at 5 % level.

行株距1 m x 15 cm，施肥量均採慣行栽培方法約每年氮素150-180公斤、磷鉀300公斤及氧化鉀140 ~ 180公斤左右。在植株4葉期、8葉期及盛花期，分別進行人工淹水10天處理，試驗採完全逢機區集設計（CRD），每處理四重複，淹水處理之淹水深度為超過土面5公分。開花期收穫，調查苜蓿農藝性狀、鮮草產量及葉綠素含量，葉綠素含量之測定方法依Osborne and McCalla（1961）及Winternans and deMots（1965），測定時於植株葉片打孔取樣0.1 g，然後置於裝有適量80 %乙醇之試管中，於55 °C 恒溫水槽內振盪20小時後，取上層液定量10 ml，以光電比色計（MILTON ROY Spectronic 601）649及665μm波長測定其吸光值，再依Winternans and deMots（1965）提出之公式（ $6.10 \times A_{665nm} + 20.04 \times A_{649nm}$ ）換算其葉綠素含量，葉綠素含量是以每克鮮重含有葉綠素之毫克數（mg·g<sup>-1</sup>）。

（ii）不同時期淹水對植體成分之影響

於收穫時，取全株進行植體成分分析，每一參試品系重複取樣3次進行下列分析：

粗蛋白質：利用Kjeldahl method，定量全氮，再乘以6.25。酸洗纖維：將樣品加入酸洗液（acid detergent solution，1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 L加20 g cetyl trimethylammonium bromide）以蘇氏迴流器（AKNOM 200）迴流1小時，再以熱水及丙酮沖洗濾渣各4次，100 °C 烘乾、秤重、減少之重量即酸洗纖維（acid detergent fibre, ADF）。中洗纖維：將樣品加入中洗液（neutral detergent solution, NDF）以蘇氏迴流器（AKNOM 200）迴流1小時，以熱水及丙酮沖洗濾渣各4次，100 °C 烘乾、秤重、減少之重量即中洗纖維（neutral detergent fibre, NDF）。有效性磷、鉀、鈣、鎂：以硫酸及過氧化氫分至澄清後，磷以鉬藍法（Olsen and Dean, 1965）比色測定，鉀、鈣、鎂則以原子吸光儀（HITACHI, Z-6100）測定（Thomas, 1985）。

（iii）不同時期淹水對根部構造之影響

將不同淹水處理之夏季苜蓿於淹水10天後排水，再取其根部組織固定，利用石蠟切片觀察。切片方法依林和葉（1996）進行，先完成蠟塊製作，再使用切片機（SHANDON）進行切片，之後利

表 2. 夏季苜蓿不同生育期淹水對農藝性狀之影響

Table 2. Effects of waterlogging on the agronomic traits of alfalfa at different growth stages in summer crop

Cultivar	Waterlogging stage	Yield	Fresh leaf weight	Dry leaf weight	Chlorophyll content
		kg ha <sup>-1</sup>	g plant <sup>-1</sup>	g plant <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>
	CK	4342.7 <sup>a*</sup>	5.2 <sup>b</sup>	1.5 <sup>b</sup>	15.13 <sup>a</sup>
Hunter	4 <sup>th</sup> leaf	1637.7 <sup>b</sup>	8.7 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	13.35 <sup>a</sup>
River	8 <sup>th</sup> leaf	1421.0 <sup>b</sup>	8.4 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	11.42 <sup>a</sup>
	Bloom	1254.3 <sup>b</sup>	6.6 <sup>b</sup>	1.7 <sup>b</sup>	13.78 <sup>a</sup>
	CK	5525.0 <sup>a*</sup>	7.6 <sup>b</sup>	2.1 <sup>ab</sup>	15.40 <sup>a</sup>
Middle	4 <sup>th</sup> leaf	3904.3 <sup>b</sup>	16.5 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	17.38 <sup>a</sup>
East	8 <sup>th</sup> leaf	2537.7 <sup>b</sup>	12.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	15.96 <sup>a</sup>
	Bloom	3179.3 <sup>b</sup>	10.7 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	10.27 <sup>b</sup>

\* Means with the different letters within the same column are significantly different at 5 % level.

用番紅-速綠雙重染色法 (Safranin / Fast Green Stain on Paraffin Sections) 進行染色, 封片後即可利用正立光學顯微鏡 (JENAVAL, 東德 ZISS) 進行觀察根部組織遭受破壞之情形, 再以偏光顯微鏡 (JENAPOL, ALTSJENA) 觀察淹水處理後根部組織之碳水化合物之累積。

## 結果

### I. 不同時期淹水對生長及農藝性狀之影響

春季時, Hunter River 及中東苜蓿不同淹水對產量, 均以淹水10天後收穫之盛花期淹水的鮮草產量為最高 (表1), 為7461.7及8740.0 kg ha<sup>-1</sup>, 較對照組 (5485.0及6688.3 kg ha<sup>-1</sup>) 為高。葉鮮重及葉乾重方面, 均以4葉期淹水處理為最高, 最低為8葉期。在葉綠素含量方面, Hunter River 以對照處理的葉綠素含量最高, 為20.6 mg g<sup>-1</sup>, 其次為4葉期, 為17.8 mg g<sup>-1</sup>, 盛花期的葉綠素含量17.6 mg g<sup>-1</sup>。中東苜蓿僅盛花期淹水處理的葉綠素含量與其他處理相較有顯著性的下降, 為15.4 mg g<sup>-1</sup>。

夏季 (表2), Hunter River 苜蓿於夏季各淹水處理之小區產量明顯較春季為低, 尤其是4葉期、8葉期及盛花期等處理, 其小區鮮草產量分別為1637.7 kg ha<sup>-1</sup>、1421.0 kg ha<sup>-1</sup>、1254.3 kg ha<sup>-1</sup>, 遠低於對照之4342.7 kg ha<sup>-1</sup>, 顯示夏季淹水對於 Hunter River 苜蓿的傷害, 與對照比較淹水處理達顯著差異。中東苜蓿於夏季之小區產量較春季來得低, 如夏季不同生育期淹水處理之小區產量為2537.7-3904.3 kg ha<sup>-1</sup>, 低於對照之5525.0 kg ha<sup>-1</sup>。在其他農藝性狀, 如葉鮮重及葉乾重等, 淹水處理均較對照組為高, 但彼此之間並顯著性的差異不一致。在葉綠素含量方面, 對照組處理的葉綠素含量較三個淹水處理來得高, 除中東苜蓿開花期之葉綠素含量為最低為10.27 mg g<sup>-1</sup>達顯著差異外, 其他淹水處理間均未達顯著差異。其他農藝性狀如株高分株 (資料未列) 差異均不明顯。

表 3. 春季苜蓿不同生育期淹水對化學成分之影響

Table 3. Effects of waterlogging at different growth stages on the chemical components of alfalfa in spring crop

Cultivar	Waterlogging stage	CP <sup>#</sup>	Ca	K	P	Mg	ADF <sup>#</sup>	NDF <sup>#</sup>
%								
Hunter River	CK	17.19 <sup>*</sup>	1.32 <sup>a</sup>	3.60 <sup>a</sup>	0.17 <sup>b</sup>	0.39 <sup>a</sup>	33.31 <sup>ab</sup>	47.03 <sup>ab</sup>
	4 <sup>th</sup> leaf	18.63 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	3.45 <sup>a</sup>	0.33 <sup>b</sup>	0.42 <sup>a</sup>	28.74 <sup>b</sup>	41.43 <sup>c</sup>
	8 <sup>th</sup> leaf	17.48 <sup>a</sup>	1.41 <sup>a</sup>	3.48 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.40 <sup>a</sup>	29.78 <sup>b</sup>	42.72 <sup>bc</sup>
	Bloom	15.96 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>	2.69 <sup>b</sup>	0.87 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	35.19 <sup>a</sup>	48.70 <sup>a</sup>
Middle East	CK	17.59 <sup>ab</sup>	1.35 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.43 <sup>a</sup>	31.44 <sup>ab</sup>	43.76 <sup>bc</sup>
	4 <sup>th</sup> leaf	18.49 <sup>a</sup>	1.28 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	28.41 <sup>b</sup>	41.19 <sup>c</sup>
	8 <sup>th</sup> leaf	15.74 <sup>b</sup>	1.41 <sup>a</sup>	2.86 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	35.47 <sup>a</sup>	49.24 <sup>a</sup>
	Bloom	15.95 <sup>ab</sup>	1.55 <sup>a</sup>	3.09 <sup>a</sup>	0.80 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	32.93 <sup>ab</sup>	46.84 <sup>ab</sup>

<sup>#</sup> CP: crude protein, ADF: acid detergent fibre, NDF: neutral detergent fibre.

<sup>\*</sup> Means with the different letters within the same column are significantly different at 5 % level.

## II. 不同時期淹水對植體成分之影響

植體成分分析（表3），Hunter River苜蓿於春季時，各淹水處理間粗蛋白、磷及鎂的含量沒有顯著性的改變。酸洗纖維及中洗纖維含量，均以盛花期淹水處理的含量最高，分別為35.19% 及 48.70 %，以4葉期及8葉期淹水處理的ADF及 NDF最低。中東苜蓿春季淹水處理中（表3），4葉期淹水處理之粗蛋白含量最高，為18.49%，8葉期淹水處理之粗蛋白含量最低為15.74%。磷、鉀及鈣含量，各淹水處理間均未達顯著性的差異。中東苜蓿淹水後鎂顯著的減少。在盛花期淹水後增加ADF及NDF含量。

Hunter River在夏季8葉期及盛花期遭到淹水時，粗蛋白質含量分別為15.77%及14.16%，較對照及4葉期含量達顯著性的差異（表4）。淹水會造成4葉及8葉期磷含量的下降，但盛花期則沒有顯著性的差異。8葉及盛花兩個處理期鈣含量均較對照組為低。盛花期之ADF與NDF含量最高，均達顯著性的差異。中東苜蓿粗蛋白含量在盛花期時淹水影響最大，為13.70%和對照組、4葉期及8葉期相比達顯著性的差異。磷、鉀、鎂等成分，發現3個淹水處理與對照組間均無顯著性的差異。盛花期進行淹水處理後，ADF及NDF含量與對照組間相較，均顯著地增加。

## III. 不同時期淹水對根部構造之影響

將Hunter River苜蓿及中東苜蓿分別於4葉期、8葉期、盛花期及對照組進行淹水處理後於收穫期取樣根尖部位，利用石蠟切片技術來觀察淹水對苜蓿根部的傷害。Hunter River苜蓿的組織切片顯示，在對照組（圖1-A）根縱切面的組織照片，顯示細胞及輸導組織非常完整未有崩解的現象，在淹水方面（圖1-B, C, D），可以看到4葉、8葉及盛花期組織細胞有離散的情形，圖1-B 8葉期淹水處理的根部縱切面損傷甚大，根表皮組織破裂，8葉期細胞已崩離（圖1-C），盛花期之根部皮層亦有崩解發生（圖1-D）。

表 4. 夏季苜蓿不同生育期淹水對化學成分之影響

Table 4. Effects of waterlogging at different growth stages on the chemical components of alfalfa in summer crop

Cultivar	Waterlogging stage	CP <sup>#</sup>	Ca	K	P	Mg	ADF <sup>#</sup>	NDF <sup>#</sup>
Hunter River	CK	17.60 <sup>a*</sup>	1.03 <sup>a</sup>	2.41 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.38 <sup>a</sup>	30.32 <sup>b</sup>	46.68 <sup>b</sup>
	4 <sup>th</sup> leaf	18.07 <sup>a</sup>	0.98 <sup>b</sup>	2.42 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	30.16 <sup>b</sup>	45.22 <sup>b</sup>
	8 <sup>th</sup> leaf	15.77 <sup>b</sup>	0.98 <sup>b</sup>	2.50 <sup>a</sup>	0.20 <sup>c</sup>	0.30 <sup>a</sup>	33.87 <sup>ab</sup>	50.52 <sup>a</sup>
	Bloom	14.16 <sup>b</sup>	1.02 <sup>ab</sup>	2.17 <sup>a</sup>	0.20 <sup>c</sup>	0.21 <sup>a</sup>	35.64 <sup>a</sup>	51.85 <sup>a</sup>
Middle East	CK	16.67 <sup>a*</sup>	1.00 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>	0.27 <sup>ab</sup>	0.36 <sup>a</sup>	32.20 <sup>b</sup>	49.41 <sup>b</sup>
	4 <sup>th</sup> leaf	16.19 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>	32.55 <sup>ab</sup>	50.37 <sup>ab</sup>
	8 <sup>th</sup> leaf	16.09 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	2.35 <sup>a</sup>	0.24 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>a</sup>	33.63 <sup>ab</sup>	50.65 <sup>ab</sup>
	Bloom	13.70 <sup>b</sup>	0.99 <sup>a</sup>	2.09 <sup>a</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>	36.18 <sup>a</sup>	53.19 <sup>a</sup>

As shown in Table 3

\* Means with the different letters within the same column are significantly different at 5 % level.



中東苜蓿的根組織切片（圖2），在對照組處理完全不淹水的情況下，在縱切面組織細胞完好（圖2-A），4葉期淹水的根部組織，可以看到表皮組織細胞有輕微崩解的情形（圖2-B）；8葉期淹水的根部組織發現根部縱切面損傷甚大（圖2-C），根尖組織及周圍表皮細胞有破裂的情形，皮層部位亦有崩解的情形，盛花期淹水處理，根部皮層部位有輕微的崩解發生（圖2-D）。

再以Hunter River及中東苜蓿盛花期淹水根部經由偏光顯微鏡觀察，發現對照處理之澱粉含量遠高於二品種盛花期淹水後根部之水溶性碳水化合物含量（圖3）。

## 討論

在春季不同生育時期淹水，結果顯示二個品種於盛花期淹水10天後即馬上收穫的產量均最高（表1），但夏季時則所有淹水處理的產量均較對照為低（表2），此結果可能是春季時土壤溫度

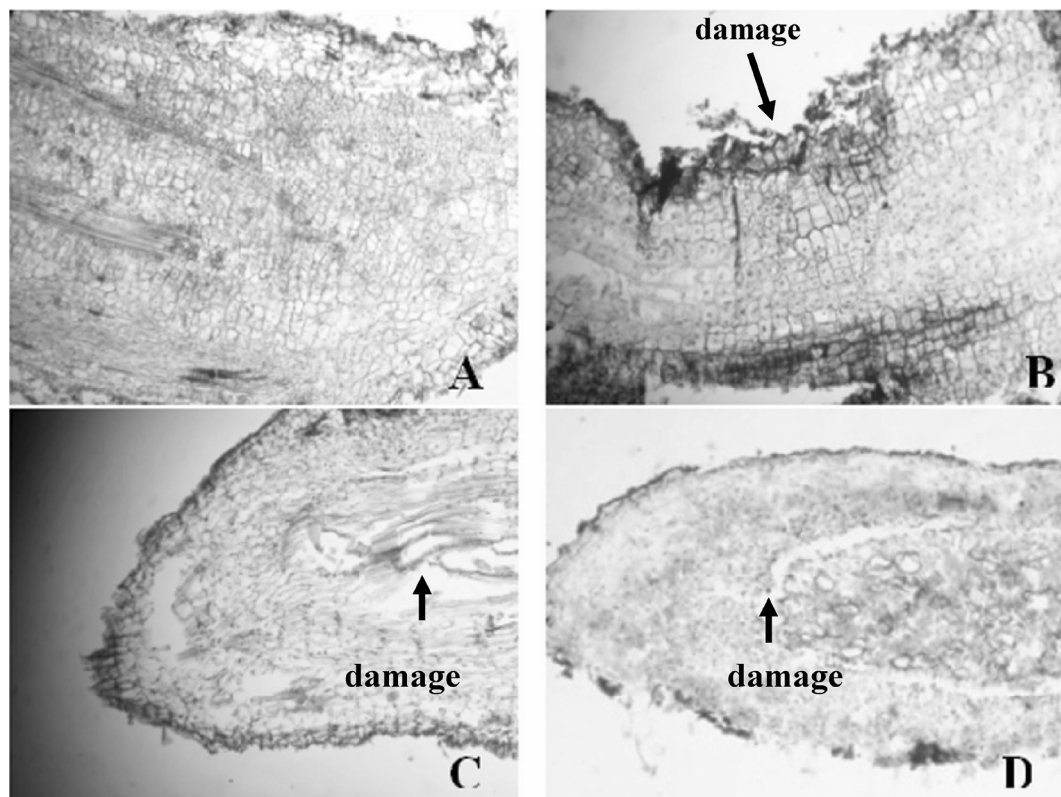


圖 1. Hunter River 苜蓿夏季淹水10天後根部之縱切片圖（ $\times 60$ ）。

Fig. 1. Longitudinal section of Hunter River alfalfa root observed at harvest stage after waterlogging at different growth stages for 10 days in summer crop ( $\times 60$ ).

A : Normal root, control.

B : Abnormal root, waterlogged at 4<sup>th</sup> leaf stage for 10 days.

C : Abnormal root, waterlogged at 8<sup>th</sup> leaf stage for 10 days.

D : Abnormal root, waterlogged at bloom stage for 10 days.

較低，Barta (1980) 指出土壤高溫易使 *Phytophthora megasperma* 菌及 *Colletotrichum trifolii* 菌破壞苜蓿根部。但因春季土壤低溫，根部腐敗的結果較慢顯現，但因10天淹水處理，反而造成吸水後馬上收穫而變成產量增加的假象；夏季因溫度升高而病菌很快的危害根部，因此淹水產量較對照為低。Hunter River苜蓿及中東苜蓿在春季4葉期及8葉期淹水造成產量減少，這是因為苜蓿於4葉期及8葉期遭遇淹水時會造成幼苗嚴重的損傷、甚至死亡（資料未列），楊等（2007）指出淹水會造成苜蓿種子發芽及萌芽率降低。苜蓿於幼苗時期遭到淹水逆境時和成株相比，有較嚴重的淹水傷害（Teutsch and Sulc, 1997）。Hunter River苜蓿8葉期的農藝性狀和4葉期及盛花期相比，有較差的情形，如葉綠素含量顯著較低等。這很可能是因為淹水使得根部的氣體交換受到阻礙，促使乙烯含量的增加，破壞葉綠素所致（Johnson and Drew, 1984）。另外，Barta and Sulc (2002) 指出淹水會減少根部總非結構性碳水化合物（Total nonstructural carbohydrate, TNC）的含量，尤其是在種植後8天及21天苜蓿根中。本試驗利用偏光顯微鏡觀察苜蓿根部澱粉粒累積之情況，結果發現對照組之澱粉粒含量較盛花期相比較顯著地來的高。Hunter River苜蓿及中東苜蓿在夏季不同生育期淹水對

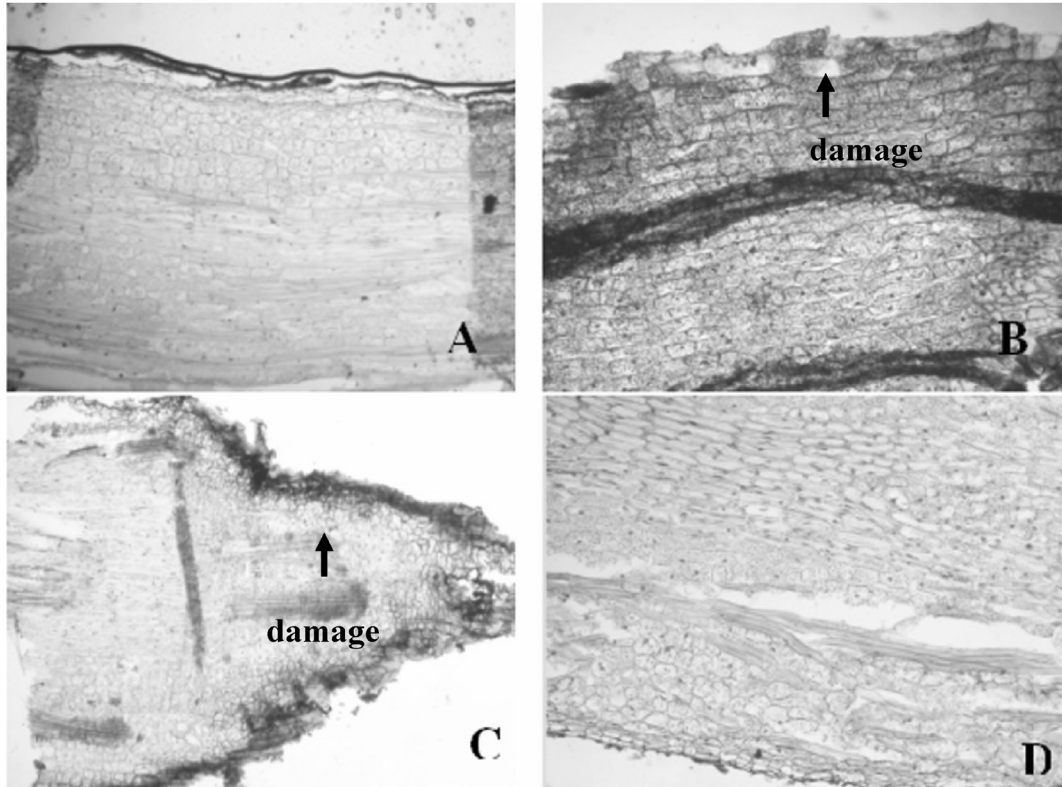


圖 2. 中東苜蓿夏季淹水10天後根部之縱切片圖（ $\times 60$ ）。

Fig. 2. Longitudinal section of Middle East alfalfa root observed at harvest stage after waterlogging at different growth stages for 10 days in summer crop ( $\times 60$ ).

A : Normal root, control.

B : Abnormal root, waterlogged at 4th leaf stage for 10 days.

C : Abnormal root, waterlogged at 8th leaf stage for 10 days.

D : Abnormal root, waterlogged at bloom stage for 10 days.

農藝性狀之影響（表2），發現夏季的小區產量明顯的較春季低許多，除所有處理之株高及分株數於春季及夏季均未達顯著性差異外（資料未列），各農藝性狀夏季亦較春季來的差。這可能是因為苜蓿原為溫帶作物，夏季高溫下會導致其生育緩慢。另外，夏季之淹水處理小區產量顯著的降低，Teutsch and Sulc（1997）認為可能是因高溫下淹水致使苜蓿產生嚴重的機械損傷，或遭受真菌感染（Barta and Schmittener, 1986）所致，造成植株大量的死亡。經圖1及2亦發現淹水會造成所有處理根部細胞崩解情形。Barta（1980）發現苜蓿在30℃高溫淹水3天，即有相當大的損傷。在22℃淹水9天才會有輕微的損傷出現，顯示在高溫下淹水對苜蓿的影響最嚴重，並且造成大量的死亡。因此，可以證實在夏季淹水對苜蓿的傷害比春季來的高。

苜蓿在淹水逆境下，其根部的組織會遭受到破壞，在本試驗中，經由石蠟切片的觀察，看到苜蓿根的損傷，尤其是在4葉期及8葉期遭遇到淹水逆境時，對其根部損傷遠較盛花期來得大，而這個結果與Teutsch and Sulc（1997）指出苜蓿於幼苗期遭遇到淹水傷害損傷較成熟植株要來得大的結果相類似。

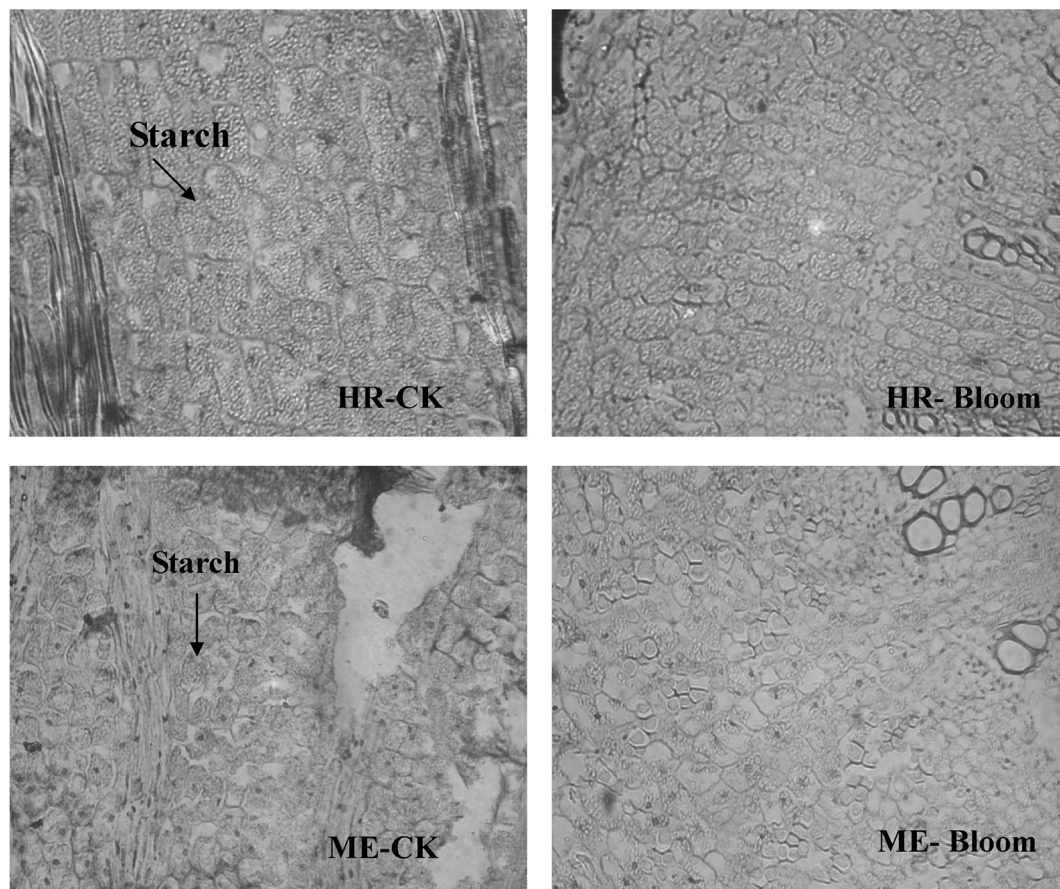


圖 3. 中東及 Hunter River 苜蓿夏季盛花期淹水10天後根部之橫切片圖（×60）。

Fig. 3. Transverse section of roots of Middle East and Hunter River alfalfa observed by polarizing microscope at bloom stage after waterlogging 10 days in summer crop. (×60).

HR : Hunter River ME : Middle East.



綜合上述，春季4葉期及8葉期不同時期淹水的損傷較盛花期嚴重，夏季遭遇到淹水逆境對於苜蓿的損傷較春季時來得嚴重，中東苜蓿對於淹水的耐受性則較Hunter River苜蓿來的高。

## 致謝

本試驗報告承行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組許福星組長潤飾及國科會（NSC91-2313-B-061-002）經費補助，謹致謝忱。

## 參考文獻

- 林正斌、葉茂生。1996。大豆 (*Glycine max*) 和闊葉大豆 (*G. tomentella*) 自變與種間雜交胚及胚乳發育之研究。中華農學會報 新173:17-27。
- 楊翎翎、林正斌、劉景平。2007。淹水對苜蓿種子發芽及萌芽之影響。中華農學會報 8(3):265-274。
- Barta, A. L. 1980. Regrowth and alcohol dehydrogenase activity in waterlogged alfalfa and birdsfoot trefoil. *Agron. J.* 72 : 1017-1020.
- Barta, A. L. and A. F. Schmittener. 1986. Interaction between flooding stress and phytophthora root rot among alfalfa cultivars. *Plant Disease*. 70 : 310-313.
- Barta, A. L. and R. M. Sulc. 2002. Interaction between waterlogging injury and irradiance level in alfalfa. *Crop Sci.* 42 : 1529-1534.
- Drew, M. C. 1983. Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment: a review. *Plant and Soil* 75:179-199.
- Johnson, M. B. and M. C. Drew. 1984 Effect of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. *In* Flooding and plant growth (Eds. T.T. Kozlowski) pp.47-128 Academic Press : Orlando , FL.
- Kawase, M. 1974. Role of ethylene in induction of flooding damage in sunflower. *Physiol. Plant.* 31:29-38.
- Lin, J. B., S. R. Chang and F. H. Hsu. 2001. Effect of waterlogging stages on growth and forage quality of Sudangrass (*Sorghum sudanense* Stapf). *J. Agric. Assoc. China* 2(3) : 277-285.
- Olsen, S. R. and L. A. Dean. 1965. Phosphorus, pp. 1035-1048. *In* Black, "C. A. (ed) Method of soil analysis" part 2. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Osborne, D. J. and D. R. McCalla. 1961. Rapid bioassay for kinetin and kinins using senescing leaf tissue. *Plant Physiol.* 36:219-221.
- Pezeshki, S. R. 1994. Plant response to flooding. *In*: Plant-environment Interactions (Ed. Wilkinson, R. E.), Chap. 10. Marcel Dekker, Inc, New York, USA.
- Teutsch, C. D. and R. M. Sulc. 1997. Influence of seedling growth stage on flooding injury in alfalfa. *Agron. J.* 89 : 970-975.
- Teutsch, C. D. , R. M. Sulc and A. L. Barta. 2000. Banded phosphorus effects on alfalfa growth and productivity after temporary waterlogging. *Agron. J.* 92 : 48-54.
- Thomas, G. W. 1985. Exchangeable cation. pp. 159-165. *In* Page, A. L. (ed) "Method of soil analysis" part 2. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Wintermans, J. F. M. and A. deMots. 1965. Spectrophotometer characteristics of chlorophyll and their pheophytins in ethanol. *Biochem. Biophys. Acta.* 109:448-453.

# Effects of waterlogging on forage yield, quality and root histology of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) <sup>(1)</sup>

Jeng-Bin Lin <sup>(2)</sup>, Lin-Lin Yang <sup>(3)(4)</sup>, Ching-Ping Liu <sup>(3)</sup>

Received : Oct. 17, 2006 ; Accepted : Jul. 15, 2007

## Abstract

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is an important perennial forage legume for dairy cows in Taiwan. Growth of alfalfa is inhibited when it is waterlogged. The objective of this study was to determine the effect of waterlogging on forage yield, quality and root histology of alfalfa. In this study, cv. Hunter River and Middle East were used. The plants were waterlogging at 4<sup>th</sup> leaf, 8<sup>th</sup> leaf and blooming stages, each for 10 days both in spring and summer crops. The non-waterlogging treatment was used as control (CK). The results showed that no significant effects were observed on forage yield or agronomic traits by waterlogging in spring crop. However, in summer crop there were obvious effects on forage yield after 10 days of waterlogging in each growth stages. Forage yields of waterlogged Middle East ranged from 2537.3 to 3904.3 kg ha<sup>-1</sup>, comparing to the control, 5525.0 kg ha<sup>-1</sup>, while those of the Hunter River ranged from 1254.3 to 1637.7 kg ha<sup>-1</sup> by waterlogging at different growth stages when compared to the control of 4342.7 kg ha<sup>-1</sup>. The contents of P, Mg, K, Ca, ADF and NDF of alfalfa were also affected by waterlogging. Serious damage was observed in root tissue waterlogged at 4<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> stages. The carbohydrate sink in the roots was also affected by waterlogging. More significant effects were observed when waterlogged at 4<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> leaf stage than at blooming stage for both in spring crop. In summer crop, the growth of alfalfa was affected more seriously by waterlogging at different growth stages. Further, forage yield, quality and roots histology of alfalfa were badly affected.

Key words: Alfalfa (*Medicago sativa* L.), Waterlogging, Growth, Histology.

---

(1) Contribution No.1374 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Forage Crops Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(3) Former graduate student, Professor, Graduate Institute of Agriculture, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

(4) Corresponding author, E-mail: pjf13@mail.pingjen.gov.tw