

## 沸石在葡萄及其他果樹栽培之應用

劉彥緹<sup>1</sup>、李國譚<sup>1</sup>

Yen Ti Liu<sup>1</sup> and Kuo-Tan Li<sup>1</sup>

### 摘要

經濟果樹為了產量和品質的要求，常大量使用農藥及化肥。造成土壤和水源污染與生產環境劣化而使生產力與品質下降。沸石(Zeolite)是低密度軟性的礦石，具有調節土壤 pH 值、提高陽離子交換能力(CEC)、吸附重金屬和其他有害化合物等能力。應用於肥培管理，能保護植株葉面及果實，阻斷病源和環境有害光線之傷害及避免吸附太多農藥化學物質。葡萄週年生產，農藥、肥料施用不斷，沸石能修復生產階段之地力，特別對開花、著果、著色影響之氮源，能置換肥份(鹽基)的高緩衝能力，使枝條節間縮短、葉片數增加對供給生殖生長有莫大助益，在其他作物和有機栽培之應用值得深入研究。

關鍵字：農藥、化肥、沸石、陽離子交換、鹽基

Key word: Pesticide、Chemical fertilizers、Zeolite、CEC、  
Base Sturation

### 一、前言

葡萄及其他果樹會因碳氮比不平衡而養份吸收不均，氮肥過度吸收造成樹枝徒長和病菌滋生。沸石吸附氮能力很強，可使葡萄營養生

長時期固定氮源、置換保肥而使枝條不徒長，運用此施肥技術可使枝條骨架結實、碳量增強確保開花著果穩定，對於其他氮素吸收強的果樹也有相同效果。沸石自古即應用在土壤改良，主因是植物所需營養素氮、磷、鉀混合沸石施用能防止肥份流失，增加土壤保肥(CEC)，使植物生長更良好(日東，2010)。沸石在葡萄園及其他果樹(氮吸收高者)扮演高緩衝能力，緩慢釋放肥份(尤其氮肥)，可預防因氮素過量引起的生理障礙(Torii, 1976)。天然沸石和沸石肥料的使用減少重金屬和其他有毒化合物殘留在植物中(Reh'akova' et al., 2004)。

## 二、特質

沸石的命名來自瑞典礦物學家(Cronstedt)，在1756年時發現此類礦物來自火山熔發的礦石，因呈現明顯的發泡與膨脹現象，稱之為煮沸的石頭，命名為沸石(Zeolite)。它是一種低密度軟性的礦石，由氧化矽、氧化鋁與在鹼液熱液作用下所形成的結晶性矽鋁酸鹽類礦物，其多孔性特殊結構使其具備吸附能力及離子交換特性被用來作為肥料緩慢釋放的載體(Reh'akova' et al., 2004)，對於重金屬也有很強的吸附能力，有50%以上的去除率，而淨化土壤(表1)。有機肥或化肥中添加沸石能穩定調節N、P、K的釋放，改善土壤化學屬性，能有效緩衝植物吸收營養(Ghazvini et al., 2007)。使用有機肥加沸石能使土中酸性下降，因為 $H_2CO_3$ 與土壤反應形成 $NaHCO_3$ ，而沸石則把 $Ca^{2+}$ 交換至土壤中、間接使酸性下降，提高土中 $CaCO_3$ (Milosevic and Milosevic, 2009)。沸石在葡萄上的施用在穩定後續年份生產，尤其是與有機肥料複合使用時(Andronika shvili et al., 2010)。此外，沸石還具有良好的熱穩定性( $<350\sim 450^\circ C$ )、耐酸鹼性、可脫水性及耐輻射性等特性。天然沸石具呼吸性吸收及釋放濕氣的能力很強，可做為乾燥劑，亦可穩定土壤中濕度。農業上，以沸石為間接肥料和有機肥、無機肥調配適中，在植物最需養份之時機發揮最大功效(郭，1994)。

土壤之顯緩衝作用，係因含有緩衝物質(Buffering materials)之故，其中最重要者為土壤膠質體，膠體能吸收或中和 $H^+$ 離子或 $OH^-$

離子，故能消除此類離子之自由活動力，而使土壤反應不致改變(郭, 1997)。緩衝作用對土壤另具有一個重要性，在於能穩定土壤的 pH，使土壤不致受環境的影響而發生劇烈重大的改變。如果發現土壤 pH 起了顯著的變化，即顯示土壤環境必已發生重大的改變，有效性植物養分亦將受到嚴重影響。若環境變動太大，在能作適當改良前，高等植物及微生物無疑的均將受害，不僅受到 H<sup>+</sup> 離子濃度變化的直接影響，亦可能因養分元素效率之減低，受到間接不利影響。緩衝力對土壤 pH 之穩定作用，似乎能防止此種不利現象之發生。

### 三、在葡萄之應用

葡萄會因養份吸收不均而碳氮比不平衡，氮肥過度吸收造成樹枝徒長和病菌滋生；在營養生長時期，沸石吸附氮，提高養份緩衝能力即能穩定土壤 pH 值，可避免枝條徒長促進枝條節間縮短、結實生長，提高碳氮比營造優勢開花條件(吳. 劉, 2003)(圖 1、2)。冬季葡萄催芽常因氣溫低導致萌芽不齊使花期不能一致，而開花期遇春雨時若土壤中冬果期殘留的氮肥過高會使枝條徒長導致流花，是目前生產夏果常面臨的難題，營養生長期在冬季修剪後視葡萄樹相施用沸石，可調整營養生長(陳, 1997)(圖 3)。夏季葡萄常遇高溫多濕且日夜溫差不大，著色和裂果是因氣候存在最大的問題，生殖生長期使用沸石加水混合氯化鉀(KCL)充分融合風化後施用，鉀能促進碳水化合物合成和運轉，增加細胞壁厚度、果實著色度、含糖量、芳香物質及花青素的形成(陳, 1997)。完熟前 30-40 天全面撒施能增加貯存之風味。含氮量高的肥料雖然能帶動強芽伸長，增加葉片數並供給果實養分，但氮素過高將使枝條不夠結實強健，花穗濃青容易流花，並較易感染病蟲害。在施用速效肥時，配合少許矽酸鈣或天然磷礦石和鈣質肥料，避免枝條徒長並可促進枝條節間縮短結實生長(圖 4)。

同一肥料元素因不同施用時期而效果不同，結果表明在開花前 20 天和落葉期施入的氮素至 6 月上旬開花時為止多量地吸收，促使新梢生長旺盛，破壞了樹體內碳氮平衡，並使受精不完全成為單性結實和導致嚴重落花落果；而在落花後施用氮肥，則落花落果大大減輕

(陳, 1997)。氮素過剩則會引起枝葉徒長，激化枝梢與果實之間的養分競爭，使地上部消耗大量碳水化合物，影響枝條充實、根系生長及花芽分化，落花落果嚴重，延遲成熟(圖 5)。

葡萄整個生長期都吸收鉀，但隨漿果肥大、著色至成熟對鉀的吸收率明顯增加，施用鉀肥能提高含糖量 1.4 ~ 1.5%，鉀不足時葡萄漿果糖度低、著色不良或不著色，利用沸石混合氯化鉀可去除氯增加鉀肥吸收，由於沸石與 N、P、K 混合後能夠吸附氮磷肥而持續釋放鉀質肥料，使營養成分較平均(表 2)。

土壤中添加天然沸石可增加葡萄產量，但不同於其他礦肥效用，不一定在第一年顯現，往往可持續幾年(Andronika shvili et al., 2010)。在西喬治亞農場紅土低陽離子交換率，土壤貧瘠中使用方沸石及鈣十字沸石，產量、糖度都是後續年度穩定增加(表 3)，基肥運用天然沸石和有機沸石可顯著增加產量，就不需費用很貴的化肥因此對環境污染的氮肥就能降低售價並減輕自然環境負擔。

#### 四、在其他果樹之應用

草莓以珍珠岩配合沸石當間接肥料 3:1 時產量、糖度、花青素上升(Ghazvini et al., 2007)，研究證明以沸石功能之不同比率能使腐植質的養分轉換率提高。以珍珠岩和沸石作介質 3:1、1:1 時，材質能力、產量較高(表 4、5)，品質表現因珍珠岩含水低乾重上升，沸石含水高乾重下降，果乾重與品質有關，受到植株含水量而影響，同樣影響果實糖量與酸度比例(表 6)。沸石長礦物無添加珍珠岩，吸收  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$  較強，使果實 N、 $\text{K}^+$  降低，沸石會因改變介質 pH 影響化肥吸收； $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$  明顯上升但會抑制果實生長(表 7)。以蘋果生產之比較，沸石和有機肥、無機肥混合能使養分吸收與營養生長平衡，達到產量高與品質優的目的(Milosevic and Milosevic, 2009)。沸石的吸氮能力能減少甜柿落果代替環刻可能對樹體造成之傷害。

#### 五、結論

高溫多雨及長久使用化肥，土壤肥力和 pH 值均降低，間接引起

樹體抵抗力下降，沸石天然結構可改良土壤理化性質，回歸自然環境循環，葡萄和其他果樹適量使用能保持地力及樹體平衡穩定生產，年年使用土地會變成為含有礦物性的優良耕地。

#### 參考文獻

1. 日東粉化工業株式會社. 2010. 市場行銷技術研發部. 福島. 日本.
2. 吳燿谷、劉政星. 2003. 日景農場冬季優果葡萄管理要點. 苗栗區農業專訊 24:10-13.
3. 陳履榮. 1997. 現代葡萄栽培. 上海科學技術出版社.
4. 郭魁士. 1994. 土壤學. 遠東圖書公司印行. 台北. 台灣.
5. **Andronikashvili, T., M. Gamisonia, and L. Eprikashvili. 2010. On the study of positive prolonged effect of natural zeolite on grape yields. *Bul. Georgian Natl. Acad. Sci.* 4:111-113.**
6. Ghazvini, R.F., G. Payvast, and H. Azarian. 2007. Effect of clinoptilolitic-zeolite and perlite mixtures on the yield and quality of strawberry in soil-less culture. *Intl. J. Agr. Biol.* 9:885-888.
7. Milosevic, T. and N. Milosevic. 2009. The effect of zeolite, organic and inorganic fertilizer on soil chemical properties, growth and biomass yield of apple trees. *Plant Soil Environ.* 55:528-535.
8. **Reháková, M., S. Čuvanová, M. Dzivák, J. Rimár, and Z. Gaval'ová. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Curr. Opin. Soil State Mater. Sci.* 8:397-404.**
9. Torii, K. 1978. Utilization of natural zeolites in Japan, p. 441-450. In: L.B. Sand and F.A. Mumpton (eds.). *Natural zeolites occurrence, properties, use.* Pergamon, Oxford, England.

## Abstract

In order to increase yield and quality, large amounts of pesticides and fertilizers are often applied to commercial orchards, resulting in soil and water pollution, environmental degradation and overall decline in orchard productivity. Zeolite is a low-density soft mineral, capable of regulating soil pH, improving cation exchange capacity (CEC), and adsorbing heavy metals and other harmful compounds. Application of zeolite on plants can protect foliage and fruit from adhesion of pathogens and agrochemicals as well as block harmful environment radiation. Heavy pesticide, and fertilizer applications are common in vineyards. Zeolite has been used in vineyards to restore soil fertility, to balance shoot and fruit growth, and to improve blooming, berry set, and berry coloration by regulating nitrogen in the vineyard. Application of zeolite in other fruit crops warrants further examinations.

附表：

表 1：天然沸石(clinoptilolite type)的特性，主要包含礦物的含量、化學成分、物理以及化學特性、離子交換能力、陽離子選擇能力。

<i>Mineral composition</i>			
Clinoptilolit	84%	Plagioclase	3-4%
Cristobalite	8%	Rutile	0.1-0.3%
Clay talc	4%	Quartz	traces
<i>Chemical composition</i>			
SiO <sub>2</sub>	65.0-71.3%	MgO	0.6-1.2%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.5-13.1%	Na <sub>2</sub> O	0.2-1.3%
CaO	2.7-5.2%	TiO <sub>2</sub>	0.1-0.3%
K <sub>2</sub> O	2.2-3.4%		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.7-1.9%	Si/Al	4.8-5.4
<i>Physical and mechanical properties</i>			
Softening temperature	1260 °C	Poriness	24-32%
Melting temperature	1340 °C	Effective pore diameter	0.4 nm (4 Å)
Compression strength	33 Mpa	Relative density	70%
Specific weight	2200-2440 kg/m <sup>3</sup>	Brightness	70%
Volume weight	1600-1800 kg/m <sup>3</sup>	Mohs hardness	1.5-2.5
Appearance and smell	grey-green, without smell	pH	6.8-7.2
<i>Ionic exchange properties</i>			
Total exchange	Ca <sup>+2</sup> 0.64-0.98 mol/kg Mg <sup>+2</sup> 0.06-0.19 mol/kg	K <sup>+</sup> 0.22-0.45 mol/kg Na <sup>+</sup> 0.01-0.19 mol/kg	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> partial exchange capacity min 0.70 mol/kg			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> total exchange capacity 1.2-1.5 mol/kg			
<i>Selectivity</i>			
Cs <sup>+</sup> > NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> > Pb <sup>2+</sup> > K <sup>+</sup> > Na <sup>+</sup> > Ca <sup>2+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > Ba <sup>2+</sup> > Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup>			

(Reh'akova' et al., 2004)

表 2：沸石處理後氮、磷降低，鉀含量提高植物的營養成分較平均

Table 2  
Nutrient content (N, P, K) in plant biomass by phenophase

Fertilizer dose (kg/ha)	Content [wt.%]			
	Growth phase	N	P	K
NPK 150	4 leaves	7.253	0.550	3.59
	offshoot formation	7.193	0.419	2.88
	haulm formation	8.022	0.449	2.58
	ear formation	8.931	0.279	1.78
Zeolitic fertilizer 150	4 leaves	6.049	0.485	4.26
	offshoot formation	5.401	0.376	3.54
	haulm formation	5.388	0.305	3.75
	ear formation	5.605	0.263	3.42

Crop grown: spring barley (*H. vulgare*). Vegetation substrate: soil from the mountainous regions of East Slovakia.

(Reh' akova' et al., 2004)



表 3：葡萄園施用有機肥添加沸石在不同年度之效用比較

Effect and aftereffect of natural zeolites on grape yield and some quality indices of grape juice

N	Variants	Mean yield per plant in g			Sugar content, g/100g			Acidity, pH		
		2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
1	Control, soil without mineral fertilizers	520	630	725	18.4	18.4	18.1	4.0	4.0	3.75
2	Soil enriched with analcime-containing rock, 500 g/plant	920	1200	1560	21.5	22.5	22.5	4.4	4.5	4.3
3	Soil enriched with organo-zeolite fertilizer (250 g analcime+250 g manure per plant)	700	1140	1890	21.5	23.3	22.9	4.4	4.52	4.4
4	Soil enriched with phillipsite-containing rock, 500 g/plant		900	1330		20.6	20.5		4.2	4.05
5	Soil enriched with organo-zeolite fertilizer (250 g phillipsite+250 g manure per plant)		858	1785		21.6	21.5		4.3	4.2

(Andronika shvili et al., 2010)

表 4：沸石與珍珠岩之物理化學特性

Table I. Physical and chemical properties in substrates

Substrates	specific gravity (gr/cm <sup>3</sup> )	Bulk density (gr/cm <sup>3</sup> )	Total procity (%)	Water procity (%)	Air procity (%)	CEC (meq/100g)	pH
Perlite	0.93	0.07	91.76	27.89	63.87	4	6.4
Perlite/zeolite(75+25)	1.29	0.23	82.03	31.56	50.47	75	6.77
Perlite/zeolite(50+50)	1.65	0.47	71.36	39.32	32.04	120	7.38
Perlite/zeolite(25+75)	1.95	0.79	64.5	40.4	24.1	148	7.7
Zeolite	2.17	1.14	57.23	42.4	14.83	170	8.13

(Ghazvini et al., 2007)

表 5：施用沸石與珍珠岩對草莓產量之影響

Table II. Effect of substrate on quantitative properties

Substrates	Crown number	Crown diameter (cm)	Number of flowers	of Number of fruits	of Weight of fruits (g)	Yield (g/plant)	Marketable fruit (g/plant)
Perlite	2.55b**	1.98 <sup>ns</sup>	35.18b**	20.66b**	10.18bc**	210b**	101.21b**
Perlite/zeolite(75+25)	3.5a	2.51	41a	22.66ab	11.44ab	256.84a	119.29a
Perlite/zeolite(50+50)	4.62a	2.04	40.22a	24.04a	11.55a	260.81a	94.78b
Perlite/zeolite(25+75)	1.19c	1.77	29.06c	17.77c	8.87cd	158.87c	65.49c
Zeolite	1.61c	1.74	25.78c	12.19d	8.09d	98.83d	37.54d

Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 1% and 5% level using DMRT

\*\* : significant at 1% level, \* : significant at 5% and ns : not significant

(Ghazvini et al., 2007)

表 6、7：施用沸石與珍珠岩對草莓品質及營養元素之效用

Table III. Effect of substrate on quality properties

Substrates	Dry weight (%)	T.S.S (°Brix)	Titration acid (mg/100gFW)	T.S.S/T.TA	Anthocyanin (mg/100 g)	pH	EC
Perlite	10.23a**	7.87a**	0.74b*	10.57a**	384 <sup>ns</sup>	3.74 <sup>ns</sup>	5.07 <sup>ns</sup>
Perlite/zeolite (75+25)	7.89c	7.38b	0.75b	9.8ab	306	3.71	4.79
Perlite/zeolite (50+50)	7.76c	6.63c	0.84ab	7.89b	276	3.68	4.16
Perlite/zeolite (25+75)	8.26bc	6.43d	0.98a	6.56b	271	3.67	4.63
Zeolite	8.79b	6.42d	1.04a	6.17b	268	3.66	4.58

Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 1% and 5% level using DMRT

\*\* : significant at 1% level, \* : significant at 5% and ns : not significant

Table 4. Effect of substrate on fruit nutrient elements

Substrates	Nitrogen (%)	Potassium (%)	Phosphorus (%)	Calcium (%)	Magnesium (%)	Sodium (%)
Perlite	1.74a**	0.47a**	1.43 <sup>ns</sup>	0.08c**	0.132c**	0.06d**
Perlite/zeolite (75+25)	1.64a	0.36ab	1.37	0.12b	0.142c	0.12cd
Perlite/zeolite (50+50)	1.44b	0.28bc	1.3	0.14b	0.164bc	0.18bc
Perlite/zeolite (25+75)	1.24c	0.20c	1.23	0.2a	0.189ab	0.2b
Zeolite	1.19c	0.15d	1.15	0.2a	0.206a	0.27a

Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 1% and 5% level using DMRT

\*\* : significant at 1% level, \* : significant at 5% and ns : not significant

(Ghazvini et al., 2007)

圖 1：無施用沸石的葡萄枝條節間長



圖 2：施用沸石使葡萄枝條節間短、葉片數增加養份充足



圖 3：氮素太高引起授粉著果不良

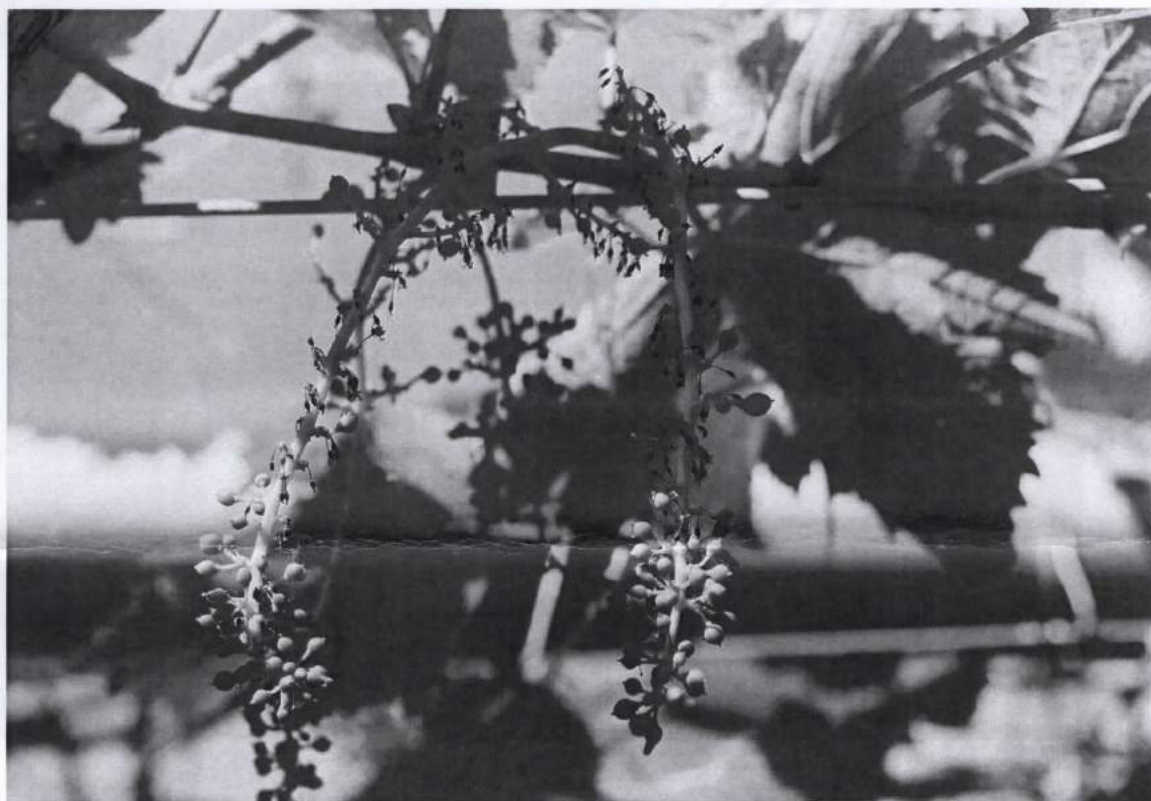


圖 4：沸石能使葡萄結實生長,提高樹體抗病性

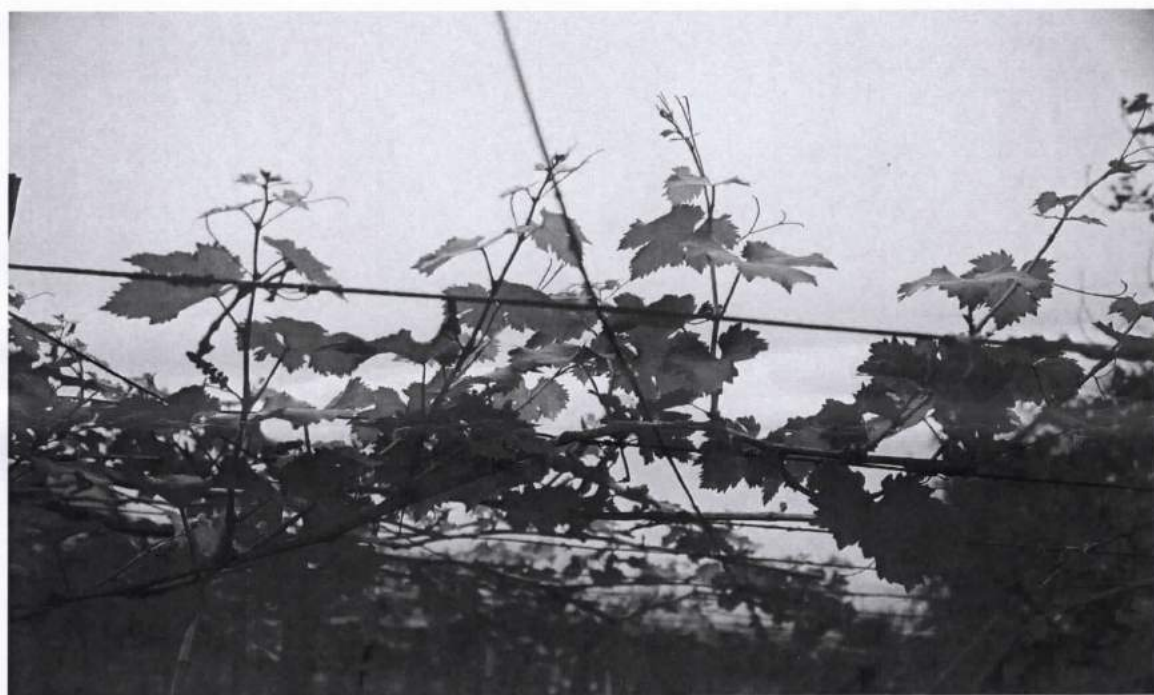


圖 5：氮素偏高導致枝條前端徒長

