

# 利用水勢計測定台灣二葉松林枯葉層 分解程度之可行性探討

陳明義\* 林昭遠\*\* 呂金誠\*\*\* 林信輝\*\*\*\*

## 一、前言

台灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*) 林多分佈於較乾旱之向陽坡面，其枝葉含大量的松脂，枯枝落葉層之腐化速率較慢，致殘枝枯葉厚積，因此台灣二葉松林一遇火源，易導致嚴重的森林火災。有關台灣二葉松林之火災頻度及火燒在台灣二葉松林演替過程中所擔當之角色曾有多位學者探討過 (1,2,3,5,6,7)，惟台灣二葉松林枯枝葉層之分解速率及火燒對其分解速率之影響等之研究尚付闕如而值得探究。植物殘體分解程度之測定，傳統上均以有機或無機化學分析，測定其成分或組成之變化，俾推測其分解的程度。惟此類分析之儀器操作及試藥、樣品的準備處理較為繁雜，非專精熟練者難以勝任。植物殘體於分解過程中，其成分及組成係隨著分解程度之不同而有所變化，而枯葉層之保水能力亦隨分解程度之不同而異<sup>(4)</sup>，故其保水特性或可做為分解程度之指標。水勢計 (hygrometer / psychrometer) 可用來測定土壤、植物體之總水分潛勢 (total water potential)，亦可用以測定水溶液之滲透潛勢 (osmotic potential) 及有機溶劑如：乙醇、丙酮及四氯化碳等之相對蒸氣壓 (relative vapor pressure) 的量測，目前已為各有關之研究學者們所普遍採用<sup>(8,9,10)</sup>。本研究試採取台灣二葉松林地不同層次之枯葉材料，將其浸水飽和後，利用水勢計測定其乾燥過程中之水勢變化曲線，據以探究分解程度與水分潛勢變化之關係，期能應用操作較簡易之水勢計來定量測定枯葉層之分解情形，以便爾後進一步探討如何加速台灣二葉松林枯枝葉層分解速率研究時，能夠簡易地定量測定其分解程度。

## 二、試驗材料與方法

### 1. 供試材料：

於民國75年4月18日自台中縣和平鄉武陵農場附近之台灣二葉松林地內採集枯葉層，取樣係由上而下分A、B、C三層，A層為新鮮落葉層，不具粘性可輕易以手取出；B層稍具粘性為半腐化層；C層為菌

\* 國立中興大學植物學系教授

\*\* 國立中興大學水土保持學系助教

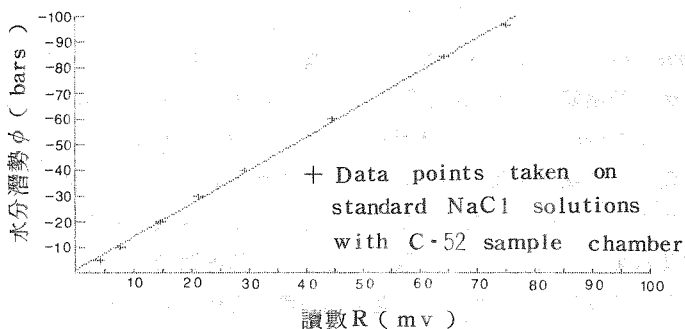
\*\*\* 國立中興大學森林學系助教

\*\*\*\* 國立中興大學水土保持學系講師

絲層以下，腐質層以上具有粘性之腐化層。另亦自鄰近曾於民國74年1月發生火燒之台灣二葉松林地內於民國74年3月1日所採集之灰分（代號D），做為供試材料。

## 2. 測定方法：

所用之水勢計係屬露點微電壓計型（Dew point microvoltmeter, Wescor HR-33T）。先以不同滲透潛勢之NaCl標準液，測出各標準液之露點微電壓（圖一），供估算樣品之水分潛勢值。由於受到持樣器（Sample holder）容量之限制，供試樣品均選用針葉之中間段，將其切割成0.5 cm長後，以去離子水浸泡兩天，使其水分達到膨滿狀態，夾取樣品五根放入持樣器，使其整齊排列並避免發生重疊，密閉靜置於樣品室（Wescor C-52 sample chamber）內。俟樣品室內水氣平衡後，測定其露點微電壓。由圖一即可估算樣品於該條件下之水分潛勢。爾後將樣品連同持樣器從樣品室取出，置於相對濕度固定之乾燥器中，每曝露一段時間（ $\Delta t$ ）後，即測定其水分潛勢值，如此可求得樣品自飽和起於乾燥過程中，其水分潛勢之變化。各層次所採之枯葉樣品均同時進行測定，俾以消除因周圍環境之變化所引起之誤差。

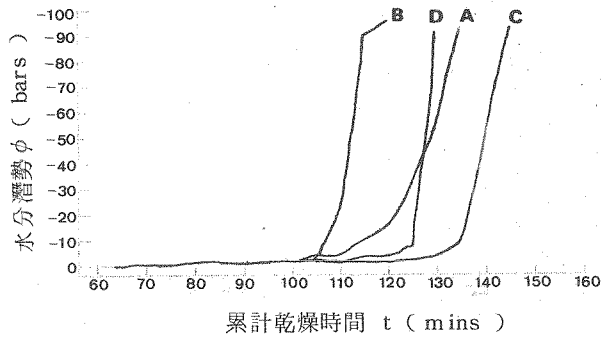


圖一 水勢計讀數與水分潛勢值之關係圖

Fig. 1. Relationship between the values of water potential and readings of the microvoltmeter.

## 三、結果與討論

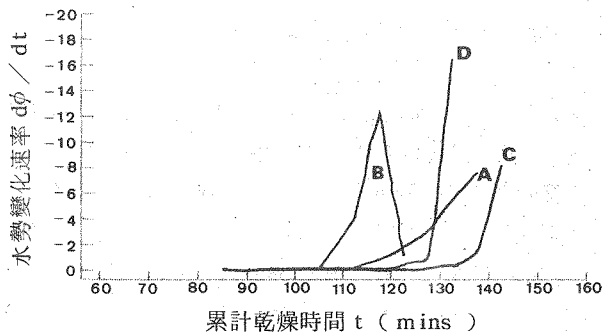
將水分膨滿狀態之台灣二葉松枯葉樣品曝露於相對濕度固定為56%之乾燥器中，其乾燥過程之水分潛勢變化如圖二所示，可知樣品水分潛勢明顯下降點之時間因樣品腐化程度之不同而有所差異，此係植物有機殘體於分解過程中，因成份及組成有所變化致其最大保水能力（max. water-holding capacity）亦有所差異，腐化程度愈大者其最大保水能力亦愈大<sup>(4)</sup>。據此，圖二所示樣品水分潛勢明顯下降點出現時間（lag time）之快慢當可做為樣品最大保水量大小之指標。換言之，其亦可當做樣品分解程度之指標，圖中所示樣品最大保水能力之大小順序為C>D>B>A，然而因樣品進行試驗時其重量很難予以定量，故所取用樣品間之重量差異甚大，自當影響其最大之保水量。此結果顯示若由樣品水分潛勢明顯下降點出現時間之快慢來判斷樣品之分解程度，恐會有所誤差。



圖二 蒸餾水飽和樣品乾燥過程中之水勢變化

Fig. 2. Changes of water potential of litter samples saturated with distilled water throughout the process of drying.

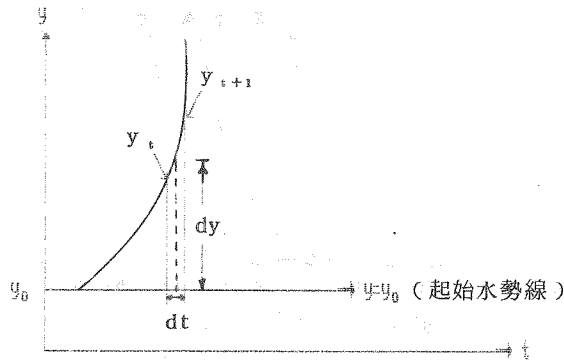
各樣品之水分潛勢變化速率如圖三所示。由圖三可知於斜率劇變之處，因其單位時間內之水分潛勢變化甚速，在此快速變化之範圍，若乾燥時間掌握不好，可能造成斜率值極大的誤差。且樣品之水分潛勢變化亦可能在極短之時間內，超出儀器可測之範圍。如圖中各曲線之最後斜率值係以  $\phi = -96$  bars 與其前一測值計算而得，此時各樣品之水分潛勢值皆已超出儀器所能測定之範圍（ $0 \sim -96$  bars），故圖三各樣品之最後斜率值均偏高，尤以曲線B之最後斜率值上升幅度較大，其所造成之誤差亦較大。因樣品水分潛勢變化斜率之最小值無法求得，且以水分潛勢變化曲線之斜率值來推測樣品之腐化程度容易發生誤差，故亦不宜以樣品水分潛勢變化之斜率值來推算樣品之分解程度。



圖三 蒸餾水飽和樣品乾燥過程中之水勢變化速率（圖二之斜率變化）

Fig. 3. Rates of water potential change for saturated litter samples during the process of drying.

若以樣品之乾燥水勢變化曲線與其起始水勢線（平行於  $t$  軸，垂直於  $y$  軸）所形成之面積來計算，其值定義為面積指數（AI, area-index）（圖四）。



圖四 面積指數求算示意圖

Fig. 4. An illustration for calculating area-index value.

由圖四可知：

$$y_{t+1} = y_t + \Delta S_T \cdot \Delta t \quad (t \geq 0)$$

$$dy = y_t + \frac{y_{t+1} - y_t}{2} = \frac{y_t + y_{t+1}}{2}$$

$$\text{則面積指數 (AI)} = \left| \int_0^t dy dt \right| = \int_0^t \left| \frac{y_t + y_{t+1}}{2} \right| dt$$

$$= \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_t + y_{t+1}}{2} \right| \Delta t = \sum_{i=1}^n a_i$$

(式中  $\Delta S_T$  為時間  $t$  至  $t+1$  間之平均斜率)

理論上以純水飽和時，樣品水分潛勢之測值應為零，惟因所測之樣品係一有機殘體，內含少量之塩類礦物，故其水分潛勢並非為零。各樣品經純水飽和後於乾燥過程中之水分潛勢變化值及其對應之面積指數列於表一。因儀器所能測定之範圍為  $0 \sim -96$  bars，故各樣品最後測定點之值 ( $< -96$  bars) 已超出儀器最大測定範圍，所幸此時樣品水分潛勢之變化已呈直線上升，變化甚大，其對應於起始水勢線之面積可忽略不計，至此各樣品之 AI 值：A 為 486.35，B 為 386.23，C 為 220.69，D 為 82.35，其大小順序為  $A > B > C > D$ ，已符合野外現場之分解實況，且其間之差異亦很明顯，故可做為測定枯葉分解程度之指標，亦即樣品 AI 值愈小其分解程度愈大。

若樣品以滲透壓為 5.0 bars 之稀食塩水飽和，其乾燥過程中之水分潛勢變化及其對應之 AI 值列於表二，表中可知各樣品之起始水勢 (initial water potential) 均較以純水飽和者顯著地減低；而此時各樣品所計算而得之 AI 值卻顯著地增加，此係因飽和樣品溶液中因塩分濃度之增加而提高了樣品溶液的滲透壓 (osmotic pressure)，加上因溶液之滲透壓提高導致水分蒸發能力減弱，而增加了樣品平衡所需之時間。因樣品每次於乾燥器中之曝露時間  $\Delta t$  遠少於其於樣品室中平衡之時間，故樣品於乾燥器中所逸失水氣之量較其於樣品室中經長時間平衡後所釋出之量為少。因此飽和樣品溶液中之塩類濃度愈大， $\Delta t$  愈小就愈顯得無意義，其所算得之 AI 值亦較易為  $\Delta t$  所左右而變得無意義。且其飽和乾燥過程中水分潛勢之變化主要係溶液中之滲透壓所致，其因樣品結構改變所產生之水分潛勢變化差值就顯得非常微小，故 AI 值之測定不宜以含離子之溶液來飽和樣品。

表一 蒸餾水飽和樣品之水勢變化及其對應之面積指數；乾燥器之RH = 56 %

Table 1. Changes of water potential and area-index values of litter samples saturated with distilled water. ( desicator RH = 56 % )

t (mins)	60	65	70	75	85	95	105	110	115	120	125	130	135	140	145
$\Delta t$	0	5	5	5	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5
y ( bars )															
A	-0.70	-0.28	-0.98	-0.56	-1.12	-2.25	-3.24	-4.64	——	-16.37	-31.85	-57.63	< -96		
B	-0.28	-0.28	-0.70	-0.42	-1.26	-1.26	-2.95	-24.11	-90	< -96					
C	-0.42	-0.14	-0.56	-0.28	-0.42	-0.42	-1.12	-1.12	——	-1.41	-2.25	-3.52	-9.93	-53.76	< -96
D	-0.28	-0.28	-0.56	-0.14	-0.84	-0.84	-1.83	-2.25	——	-3.52	-7.48	< -96			
y - y <sub>0</sub> ( bars )															
A	0.00	0.42	-0.28	-0.14	-0.42	-1.55	-2.54	-3.94	——	-15.67	-31.15	-56.93	< -96		
B	0.00	0.00	-0.42	-0.14	-0.98	-0.98	-2.67	-23.83	-89.72	< -96					
C	0.00	0.28	-0.14	-0.14	0.00	0.00	-0.70	-0.70	——	-0.99	-1.83	3.10	-9.51	-53.34	< -96
D	0.00	0.00	-0.28	-0.14	-0.56	-0.56	-1.55	-1.97	——	-3.24	-7.20	< -96			
ai															
A		——	0.70	1.05	2.80	9.85	20.45	16.20	——	98.05	117.05	220.20	——		$\Sigma ai = 486.35$
B		——	1.05	1.40	5.60	9.80	18.25	66.25	283.88	——					$\Sigma ai = 386.23$
C		——					3.50	3.50	——	5.65	7.05	12.33	31.53	157.13	$\Sigma ai = 220.69$
D		——	0.70	1.05	3.50	5.60	10.55	8.80	——	26.05	26.10	——			$\Sigma ai = 82.35$

A : Fresh litter.    B : Semi-decomposed litter.    C : Decomposed litter.    D : Ash.

表二 NaCl 水溶液 ( $\phi = -5.0$  bars) 飽和樣品之水勢變化及其對應之面積指數; 乾燥器之 RH = 56%

Table 2. Changes of water potential and area-index values of litter samples saturated with NaCl solution. (desiccator RH = 56%)

t (mins)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90	95	100	105	110	115
$\Delta t$	0	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5
<u>y ( bars )</u>																
A	-6.46	-7.85	-7.60	-8.60	-9.98	-10.86	-12.49	-14.75	-17.27	-19.78	-23.55	-28.57	-36.73	-54.32	-78.26	< -96
B	-5.84	-7.09	-7.47	-8.47	-10.48	-10.74	-13.50	-18.52	-27.31	-39.88	-80.70	< -96				
C	-6.21	-7.09	-7.09	-8.35	-10.36	-10.86	-13.62	-19.15	-24.17	-34.22	-54.32	< -96				
D	-6.60	-7.72	-8.10	-8.73	-10.86	-11.61	-14.00	-19.15	-27.94	-39.88	-71.90	< -96				
<u>y - y<sub>0</sub> ( bars )</u>																
A	0.00	-1.39	-1.14	-2.14	-3.52	-4.40	-6.03	-8.29	-10.81	-13.32	-17.09	-22.21	-30.27	-47.86	-71.80	—
B	0.00	-1.25	-1.63	-2.63	-4.64	-4.90	-7.66	-12.68	-21.47	-34.04	-74.86	—				
C	0.00	-0.88	-0.88	-2.14	-4.15	-4.65	-7.41	-12.94	-17.96	-28.01	-48.11	—				
D	0.00	-1.12	-1.50	-2.13	-4.26	-5.01	-7.40	-12.55	-21.34	-33.28	-65.30	—				
<u>ai</u>																
A		6.95	12.65	16.40	28.30	39.60	52.15	71.60	95.50	60.33	76.03	98.00	130.95	195.33	299.15	— $\Sigma ai = 1182.94$
B		6.25	14.40	21.30	36.35	47.70	62.80	101.70	170.75	138.68	272.25	—				$\Sigma ai = 872.18$
C		4.40	8.80	15.10	31.45	44.00	60.30	101.75	154.50	114.93	190.30	—				$\Sigma ai = 725.53$
D		5.60	13.10	18.15	31.95	46.35	62.05	99.75	169.45	136.55	246.45	—				$\Sigma ai = 829.40$

A : Fresh litter.      B : Semi-decomposed litter.      C : Decomposed litter.      D : Ash.

表三列出樣品數目及乾燥時間對水分潛勢變化曲線之影響，可看出樣品數愈多，則其 A I 值愈大，其原因係樣品室之空間為一定值，樣品於樣品室中平衡時所釋出之水氣為室內之樣品所分攤，故樣品數愈多，其曲線之變化較緩，致 A I 值較大。台灣二葉松枯葉於腐化過程中因其單位長度之重量變化甚大，而腐化層之樣品外觀長度猶能辨認，今假設其長度不變，將其重量之改變轉換成水分潛勢之變化，故以長度定量來計算其腐化程度較為可行。測定時樣品數當以愈多愈好，惟過多將形成遮避效果，影響樣品間水氣之蒸發，故以避免發生重疊之最大量為原則。每次乾燥時間  $\Delta t$  不宜太短，亦不宜過長，太短則其遲滯時間太長，增加測定次數及時間，過長時則不能完全掌握其變化路徑，且操作過程中樣品水分之損失一部分係於乾燥時間中之蒸發損失，另一部分係於樣品室中經長時間之平衡後所釋出之水氣，於打開樣品室剎那間之損失。故樣品之水分潛勢變化於每次乾燥時間為  $\Delta t$  所測之值可能與於 2 倍  $\Delta t$  所測之值相差不大，而其 A I 值將增大 2 倍，故於比較樣品之 A I 值時應於相同之  $\Delta t$  下才有意義。

表三 不同樣品數與不同乾燥時間區間之 A I 值變化

Table 3. Area-index values for different sample number and different drying time interval.

Sample number	Drying time interval $\Delta t$ (min)	Area-index value				Average
3	5	386.36	357.42	410.85	423.55	394.55
	10	512.25	550.65	487.76	586.14	534.20
6	5	612.78	650.94	677.34	635.46	644.13
	10	875.30	842.50	920.46	765.40	850.92

#### 四、結論

綜合上述結果，分解程度較小之樣品，其 A I 值較大，亦即其經水飽和後乾燥過程之水分潛勢變化較緩。主要原因可能係其結構組織較為完整，葉片內部所吸收之水分往大氣移動之速率受葉片結構組織之阻礙而顯得緩慢，其如同溶液中之鹽類效應減緩了水分往外蒸發之速率，故能維持較緩的水勢變化。而腐化之葉片其組織已被破壞，葉片內之水分易滲出外部逸失於大氣中，雖其最大保水能力較大，能維持較長之遲滯時間，惟至水勢劇烈變化處，因乾燥較快，其斜率之變化幅度較大，故其 A I 值較小。而葉片經火燒後產生之灰分，其結構組織可能由於火燒而產生理化上之改變致水分不易通透，水分很難滲入灰分內部，相對地灰分內部之水分亦難滲出，而能影響灰分水分潛勢者僅靠其外部所吸附之水分，故灰分水分潛勢之變化較快，其 A I 值較小，此結果與火燒會加速植物殘體之分解速率相符合。故以水勢計來測定計算台灣二葉松枯葉之 A I 值藉以比較其分解程度係一簡便可行之方法。

## 中文摘要

台灣二葉松林發生火災的頻率甚高，其枯枝葉層分解緩慢而厚積是原因之一。植物枯枝葉分解程度之測定固然可用傳統之化學分析法，惟其作業較為繁雜。本研究乃以操作較簡便之水勢計，測定經水分飽和後之台灣二葉松枯葉於乾燥過程中之水分潛勢變化，藉以探討利用水勢計測定台灣二葉松枯葉層分解程度之可行性，所得結果摘要如下：

1. 若枯葉樣品測定時能予以重量定量，則分解程度愈大者，其飽和樣品於乾燥過程中水分潛勢明顯下降點所出現之時間愈慢，亦即其遲滯時間愈久。
2. 枯葉樣品分解程度之特性雖主要顯示於其水分潛勢變化曲線之明顯斜率變化處，惟此處斜率之變化甚劇，若以變化處之斜率值大小來判別樣品分解程度，易造成誤差。
3. 以面積指數 (A I) 之計算值比較各樣品之分解程度，除可含蓋樣品之分解特性變化外，亦能定量測定其分解情形。樣品分解程度愈大者，其A I值愈小。
4. 樣品測定前宜以去離子水飽和，以免樣品水分潛勢變化被溶液中之塩類離子所干擾。
5. 樣品測定過程中，每次乾燥區間之時間 ( $\Delta t$ ) 長短會影響樣品之A I值，故比較樣品A I值大小時，應以相同之 $\Delta t$ 為基準。
6. 樣品測定時宜採用一適當之 $\Delta t$ ， $\Delta t$ 過大則所獲得之水分潛勢變化曲線甚為粗糙，難以比較樣品間之差異。若 $\Delta t$ 太小則將因遲滯時間之增加而延長了測定時間。

## 參考文獻

1. 呂福原、歐辰雄、廖秋成 1983 林火對於森林土壤效應之研究，興大實驗林研究報告 5：47～50。
2. 呂福原、歐辰雄、廖秋成、陳慶芳 1984 林火對於森林土壤及植群演替影響(二)，嘉農學報 10：47～72。
3. 呂金誠、蔡進來、林昭遠、陳明義 1986 人倫台灣二葉松林火燒後之植群演替，興大實驗林研究報告 7：11～22。
4. 林昭遠、呂金誠、陳明義 1985 林火對於台灣二葉松林地土壤團粒穩定性之影響，中華林學季刊 18 (3)：45～52。
5. 陳明義、劉業經、呂金誠、林昭遠 1986 東卯山台灣二葉松林火燒後第一年之植群演替，中華林學季刊 19(2)：1～15。
6. 許啓祐、林基王、陳溪洲 1984 近十年來台灣之森林火災，台灣省林務局。
7. 劉棠瑞、蘇鴻傑 1978 大甲溪上游台灣二葉松天然林之群落組成及相關環境因子之研究，台大實驗林研究報告 121：207～239。
8. Kaufmann, M.R. and G.L. Thor 1982 Measurement of water stress in subalpine trees : effects of temporary tissue storage methods and needle age. Can. J. For. Res. 12 : 969～972。
9. Kramer, P. J. 1983 Water Relation of Plant. Academic Press, New York. 489 PP.
10. Slavik, B. 1974 Methods of Studying Plant Water Relations. Academic Press, New York. 449 PP.



# Using Hygrometer to Measure the Decomposition Status of Litter Layer of Taiwan Red Pine Forest

Ming-Yih Chen\* Chao-Yuan Lin\*\* King-Cherng Lu\*\*\* Shin-Hwei Lin\*\*\*\*

## ABSTRACT

Burning occurs frequently in Taiwan red pine forests (*Pinus taiwanensis*) partly due to slow decomposition and heavy accumulation of litter layer. For quantitatively analyzing the decomposition status of litter samples, traditional chemical methods are complicated. In this study, the changes of water potential of saturated litter samples during the process of drying were measured by hygrometer which could be easily operated. The relationship between decomposition status and changes of water potential of litter was studied. Results obtained are summarized as follows:

1. If the litter sample could be weighed quantitatively, the more it decomposed, the later the obvious rising point appeared in water potential curve and the longer the time delayed.
2. Though the obvious rising part of the curve indicated the characteristics of the litter decomposition, the slope change at this part was too abrupt to judge the decomposition status accurately.
3. Calculated area-index (AI) value was recommended for comparing the decomposition status of litter samples. It not only showed the change of decomposition characteristics but also quantified the decomposition degree of litter sample. The more the litter decomposed, the lower the AI value was.
4. Salt ions in solution could interfere the water potential of litter sample. It was better to saturate the litter sample with deionized water, so that the

---

\* Professor, Department of Botany, NCHU.

\*\* Assistant, Department of Soil and Water Conservation, NCHU.

\*\*\* Assistant, Department of Forestry, NCHU.

\*\*\*\* Instructor, Department of Soil and Water Conservation, NCHU.

interference of ions to water potential could be avoided.

5. Drying time interval ( $\Delta t$ ) affected AI value during the process of measuring. So AI values could only be compared under the same  $\Delta t$ .
6. Long  $\Delta t$  resulted in a curve too rough to be compared between samples. On the contrary, short  $\Delta t$  increased the lag time and prolonged the measure time. Therefore an adequate  $\Delta t$  was necessary.