

# 大肚山氣候因子對衛星遙測天竺草亮度指數 BRI 之灰關聯分析

邱祈榮<sup>1\*</sup> 曾仁鍵<sup>1</sup> 黃文達<sup>2</sup> 楊棋明<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> 國立台灣大學森林學系

<sup>2</sup> 國立台灣大學農藝學系

<sup>3</sup> 中央研究院植物研究所暨生物多樣性研究中心

流動標題：氣候與衛星遙測亮度指數灰關聯

\*通訊作者：Tel: 886-2-23630231ext2516；Email: esclove@ccms.ntu.edu.tw

## 摘要

本研究應用 1999-2002 年共 11 幅 SPOT 衛星遙測影像，監測大肚山台地天竺草 (*Panicum maximum*) 植被亮度指數(brightness index, BRI)之季節性變化；並以灰關聯理論分析 1994-2002 年氣候因子包括累積降雨量、平均相對溼度、日照率、平均氣溫、與累積全天日射量，對天竺草衛星遙測 BRI 之相關性。結果顯示，在大肚山台地，這五種氣候因子對天竺草衛星遙測 BRI 貢獻度之灰序(grey order)分別為：平均氣溫 > 累積全天日射量 > 日射率 > 平均相對溼度 > 累積降雨量。此結果進一步顯示，日光相關因子(sunlight-related factors)對天竺草衛星遙測 BRI 之貢獻比水份相關因子(watert-related factors)都大。此與磺嘴山地區類地毯草之結果剛好相反。此代表草類植物對不同氣候環境之適應可能不同或氣候因子對不同草類植物之影響可能不同。

關鍵詞：大肚山台地、氣候因子、衛星遙測、天竺草、亮度指數 BRI、灰關聯分析

# Grey relational Analysis of the Effect of Climate Factors on the Satellite Remote Sensing Brightness Index (BRI) of Guineagrass in Mt. Dadu Area

Chi-Rong Chiu<sup>1\*</sup>, Jen-Chien Tsen<sup>1</sup>, Wen-Dar Huang<sup>2</sup> and Chi-Ming Yang<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC

<sup>2</sup>Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC

<sup>3</sup>Institute of Botany, Academia Sinica, Nankang, Taipei, Taiwan, ROC

\*Corresponding author: Tel: (02)23630231ext2516; Email: esclove@ccms.ntu.edu.tw

**Abstract:** Eleven sets of SPOT satellite imageries taken between 1999-2002 and are equivalent to eleven months, were used to monitor the seasonal changes in the brightness index (BRI) of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) in Mt. Dadu area at central Taiwan. The grey system theory was applied to pinpoint the effect of five climate factors on the satellite remote sensing BRI of *P. maximum*. The contribution degrees of climate factors, indicated by grey order, to satellite remote sensing BRI of *P. maximum* are: monthly mean temperature > daily cumulative irradiance > daily insolation percentage > monthly mean relative humidity > monthly cumulative precipitation. The data further suggest that sunlight-related factors (SRFs) play more important role in satellite remote sensing BRI of *P. maximum* in Mt. Dadu area than water-related factors (WRFs). The present data is in contrast to carpetgrass (*Axonopus affinis* Chase) in Mt. Huangzui area. The difference in grey relational analysis between guineagrass and carpetgrass may be resulted from their adaptation to climate environments.

**Keywords:** Brightness index, Climate factors, Contribution degree, Grey relational analysis, Mt. Dadu area, *Panicum maximum*, Satellite remote sensing

## 前言

應用衛星遙測技術可以研究長期生態變遷，譬如監測森林火災後生態系復育過程，包括：(1)地面植被之長期變遷(Oechel and Reid, 1984; Jakubauskas *et al.*, 1990)；(2)陸生植物之光合作用(Field *et al.*, 1994)；(3)植冠結構與密度之變遷(Malanson and Trabaud, 1987)；(4)初級生產量之恢復(Specht, 1981; Tucker and Sellers, 1986)；(5)森林生物量與再生速率(Viedma *et al.*, 1996)；及(6)復育模式與速率(Viedma *et al.*, 1997)。

衛星定位系統(GPS)與地理資訊系統(GIS)已被應用於草類(weed)植被之監測與管理(Lass and Callihan, 1993 ; Peters *et al.*, 1992)。植生指數(vegetation index)可顯示衛星遙測監測地面植物生長狀況之理論與應用及其代表之生理生態意義也被研究(Choudhury, 1987 ; Steven and Clark, 1990)，其中以常態化差異植生指數(normalized difference vegetation index, NDVI)被使用的最普遍。不同的植生指數各有其優缺點，譬如植被亮度指數(brightness index , BRI)(Everitt *et al.*, 1984)大都使用在草類植被之判識與監測，因為草類植被都屬單子葉植物，其葉片斜舉向上後尾端弧形下垂，此形態影響其對紅光與近紅光之吸收與反射(Anderson *et al.*, 1993)。

植物的生理狀況受其生長環境各種各類因子所影響，不同的環境因子對植物有不同的影響；反過來，不同的植物對環境因子也有不同的適應。草類植物也不例外。運用衛星遙測技術以長期監測地面植被對其所處環境之適應在資源衛星能較容易使用於生態研究前並不容易，但也已被嘗試(Huang *et al.*, 2003 ; Huang *et al.*, 2004)。該等研究使用跨越九年(1994~2002)之法國 SPOT 衛星遙測資料，監測陽明山國家公園磺嘴山自然保護區類地毯草(*Axonopus affinis*)、五節芒(*Miscanthus foridulus*)、假柃木(*Eurya crenatifolia*)及闊葉林等植被的 BRI 及/或 NDVI 之季節性變化；並發現類地毯草經人為引進當地約百年後與其它五節芒、假柃木及闊葉林一樣，已能對當地與水份相關因子(water-related factors, WRFs)包括累積降雨量及平均相對溼度產生適應，亦即磺嘴山地區各種植被之生長，主要受與日光相關因子(sunlight-related factors,

SRFs)包括日照率、平均氣溫與累積全天日射量之影響。

能獲得前述之結果，最重要原因是運用灰系統理論(grey system theory)進而結合太空的衛星遙測資料與地面氣象資料。亦即，若未應用灰系統理論則無法得出前述結果(Huang *et al.*, 2003 ; Huang *et al.*, 2004)。而長期以來，對個別因子的貢獻度之排序問題，傳統數理統計無法解決，但灰系統理論則可以彌補這方面的缺點(Deng, 1982 and 1989)。

台灣地形氣候特殊，植被分佈之氣候環境差異甚大，經過長期適應，水份相關氣候因子及日光相關氣候因子在植被長期適應過程扮演的角色，值得進一步研究。因此，本研究應用多年期衛星遙測資料及灰關聯分析(grey relational analysis)，初步探討大肚山台地優勢植物天竺草(*Panicum maximum*)對當地氣候之適應狀況。

## 材料與方法

### 大肚山概況

本研究樣區為台中縣西邊之大肚山台地，海拔約 250-300 米，分佈在大肚溪與大甲溪間，東北-西南走向的狹長型海岸山脈。在氣溫方面，月均溫介於 15-30 之間，以 1 月最低，7-8 月最高。在雨量方面，總年降雨量約 2000 公釐，以 7-10 月為主要雨季；冬季缺水乾燥，每年 10 月到隔年 2-3 月間時有林火發生。本區在崔瓦沙氣候分類法上屬於副熱帶夏季濕熱氣候區。

### 氣象資料

1994-2002 年間之五種氣象資料，直接向交通部中央氣象局洽購取得電子檔。氣象資料由梧棲觀測站所紀錄，項目包括：每月累積降雨量(monthly cumulative precipitation)、每月平均相對溼度(monthly mean relative humidity)、日照率(daily insolation percentage)、每月平均氣溫(monthly mean temperature)與累積全天日射量(daily cumulative irradiance)(表一)。梧棲觀測站距離大肚山台地約 6-7 公里。將資料平均後即為進行灰關聯分析實驗系列之數據。

## 衛星影像

SPOT 衛星影像直接購自國立中央大學太空遙測中心。影像共 11 幅，跨越 4 個年度，拍攝日期包括 1/3/2002、2/18/2002、3/4/2001、4/2/1999、5/3/2002、6/5/2000、7/25/2002、9/27/2002、10/10/2002、11/6/2002 及 12/29/2002。這些影像相當於除 8 月外之每個月份。8 月份數據根據 7 及 9 月份資料內插而得。所有影像在樣區內都無雲層。

## 亮度指數(Brightness index , BRI)

天竺草植被亮度指數 BRI 之定義為  $BRI = \sqrt{R^2 + IR^2}$  (Everitt et al., 1984)。其中 NIR 為近紅外光反射率，R 為紅光反射率(表一)。

## 現地調查

每月固定時間進行天竺草之現地調查，項目之一為調查區內天竺草之生長狀況與實際分佈之經緯度。以衛星定位儀(Garmin, GPS 12XL, USA)測量天竺草之經緯度。並據以在衛星影像上搜尋與計算天竺草之 BRI。

## 灰關聯分析(Grey relational analysis)

以五種氣候因子為實驗系列，而以天竺草植被亮度指數 BRI 為參考系列，依下列之原理與步驟進行灰關聯分析。本研究先採均質化後運算。

1、原始數據列的均質化(mean value normalization):

當原始數據之平均值  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x(k)$ ,

則其均質化序列為  $x_0^* = \left( \frac{x(1)}{\bar{X}}, \frac{x(2)}{\bar{X}}, \frac{x(3)}{\bar{X}}, \dots, \frac{x(k)}{\bar{X}} \right)$

2、求兩極最大差和最小差，進而計算灰關聯係數(grey relational coefficient)  $\gamma$ ，其定義如下：

$$\gamma(x_0(k), x_j(k)) = \frac{\min_j \min_k \|x_0(k) - x_j(k)\| + \zeta \max_j \max_k \|x_0(k) - x_j(k)\|}{\|x_0(k) - x_j(k)\| + \zeta \max_j \max_k \|x_0(k) - x_j(k)\|}$$

$$j = 1, \dots, m; \quad k = 1, \dots, n$$

$j$  是共同係數(identification coefficient), 其值介於  $[0,1]$ 之間

$x_0$  是參考序列(reference data series)

$x_j$  是實驗序列(test data series)

$\|x_0(k) - x_j(k)\|$  是  $x_0(k)$ 和  $x_j(k)$ 之差的絕對值

$\min_j \min_k \|x_0(k) - x_j(k)\|$  是選自所有  $j$  之第二最小差(the secondary minimum difference)

$\min_k \|x_0(k) - x_j(k)\|$  是選自所有  $k$  之第一最小差(the first minimum difference)

所有  $\max \max$  亦如上之取法。

3、計算灰關聯度  $\gamma^*(x_0(k), x_j(k))$  , 其運算如下 :

$$\gamma^*(x_0(k), x_j(k)) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_0(k), x_j(k))$$

4、排出灰關聯序或灰序(grey relational order or grey order)。

## 結果與討論

### 天竺草

大肚山台地天竺草原產於非洲, 又稱大黍, 多年生禾豆科牧草, 莖叢生, 株高(葉尖)約 80-200 cm, 3-12 月都可開花(Shaug et al., 1995)。日據時代於 1908 年自菲律賓引入臺灣後被種植在大肚山台地上, 以做為牧草之用。當時因做為馬匹糧草, 故當地人將之稱為「馬草」(Lin and Yang, 2002)。天竺草之被自國外引進大肚山台地以做為馬飼料之過程, 與類地毯草之被自國外引進磺嘴山以做為牛飼料之過程, 完全相同, 迄今都有約一百年(Chang, 1992)。不同的是此二牧草引進台灣後, 一在中部, 一在北部, 所處之環境差異甚大。天竺草在大肚山區長得最油綠茂盛, 而冬季則枯萎黃化(圖一)。雖都經百年的環境適應, 但不同的環境對此二牧草之影響如何, 則是本文探討的重點。

## 氣象因子

大肚山台地於 1994-2002 年間，與日光相關之氣候因子之日照率大致介於 40-60% 之間，以夏、秋、冬季較高，其中以每年 10 月最高；春季最低，都在 40% 邊緣。累積日射量大致介於 200-400 MJ/m<sup>2</sup> 之間，以夏季較高而其中以 7 月最高。溫度大致介於 16-30 之間，夏冬溫差約 14 。與水份相關氣候因子之相對濕度則介於 74-79% 之間，秋冬季比春夏季稍低約 2%。每月累積降雨量差異性甚大，介於 3-235 mm 之間，當 4-7 月雨季介於 173-235 mm 之間時，每年 10 月到隔年 1 月之乾季則只介於 3-30 mm 之間，亦即每年 10 月後降雨量大幅減少，11 月份最低，只有 3.75%。綜上所述顯示，每年 10 月後，大肚山地區降雨量大幅減少外，日照率亦達最高的約 60%，且乾季期間仍維持在 50% 上下，而累積日射量仍維持在 200-220 MJ/m<sup>2</sup>，相對濕度則降到年度最低(表一)。

## 亮度指數 BRI

因為草類植物之葉片通常斜舉向上而影響其對紅光與近紅外光之吸收與反射，故以植被之亮度指數 BRI 判識草類植被之植生狀況、範圍及面積等(Anderson et al., 1993)。因此，本文以 BRI 做為監測大肚山天竺草之植生指標(表一)。大肚山地區天竺草之 BRI 呈季節性變化，全年介於 80-200 之間，屬單峰曲線。以秋冬季較低，此時天竺草枯黃凋謝，其 BRI 大致介於 80-100 之間，而秋季高於冬季；春天 4 月後逐月增高，7-8 月達到最高峰，此時天竺草呈現綠油油，其 BRI 可達 200，而後逐月下降到低於 100(圖一)。依現地觀察，大肚山的天竺草於春天開始新世代之生活史，其亮度指數 BRI 也隨之增加，而於夏季時其綠度(greenness)達到最高峰。

## 灰關聯分析

以日照率、平均相對溼度、累積降雨量、累積全天日射量與平均氣溫五種氣候因子做為灰關聯分析之實驗系列，而以天竺草之衛星遙測植被亮度指數 BRI 為參考系列，先進行均值化處理，得到均值化數列(表二)，繼而進行灰關聯分析，得到之灰關聯度值(grey relational value)分別為 0.6658、0.6236、0.5613、0.7955 與 0.8025，

亦即其灰序(grey order)分別為 3、4、5、2 及 1(表三)。依灰關聯理論，此灰序顯示五種氣候因子對天竺草衛星遙測 BRI 之貢獻度為：平均氣溫 > 累積全天日射量 > 日射率 > 平均相對溼度 > 累積降雨量。此進一步顯示，平均氣溫、累積全天日射量與日射率三種日光相關因子對天竺草衛星遙測 BRI 之貢獻比相對溼度及累積降雨量二種水份相關因子都大。同樣以 1999-2002 年之天竺草 BRI 為參考系列，而單以 2002 年之五項氣候因子為實驗系列，進行相同的灰關聯分析所得之結果相似(資料未呈現)。

以上大肚山台地天竺草之結果與磺嘴山自然保護區類地毯草衛星遙測亮度指數 BRI 之結果剛好相反。同樣是當地五種氣候因子(氣候觀測站都距樣區約 6-7 km)，在磺嘴山地區，三種日光相關氣候因子對類地毯草 BRI 之貢獻度均不如另二種水份相關氣候因子(Huang *et al.*, 2003)。此相反的結果可能是導因於此二種草類植被其衛星遙測亮度指數 BRI 之季節性變遷相反。因為，磺嘴山地區類地毯草之 BRI 雖亦屬單峰曲線，但於春夏季(5-8 月)最低而於秋冬季(11-2 月)最高；而大肚山台地天竺草之 BRI 則剛好相反。而草類遺傳導致之外形與草類所處外在環境，都可能影響其生長。

天竺草與類地毯草在正常狀況下，其葉片雖都斜舉向上，但其植叢外形、株高、葉形等則差異甚大。當大肚山台地之天竺草可達一米或更高，且寬闊葉片斜舉向上時，而磺嘴山地區之類地毯草則因當地野牛群經年累月之啃食，故其植被短而整齊且平貼地面，幾無生長高度及伸展之葉片，此與大肚山台地之天竺草完全不同。

磺嘴山地區之氣候條件與大肚山台地差異甚大。水份相關氣候因子(累積降雨量及相對溼度)，磺嘴山地區都比大肚山台地高很多。前者每月累積降雨量介於 270-525 mm 之間，且分佈很平均；冬天在磺嘴山地區是雨季，而在大肚山台地則為乾季；相對溼度都比大肚山台地相應之月份高約 10-18%，春夏季之差異較小約 10%，而秋冬季則較大，約 15-18%。磺嘴山地區從不缺水或無乾季，但大肚山台地則每年 10 月到隔年 2-3 月都是乾季，每月累積降雨量低於 30 mm。

與日光有關之各項氣候因子，都以大肚山台地者為高，但季節性變化趨勢則相



似。當大肚山台地日射率為 40-60%時，磺嘴山地區僅為 10-30%，秋冬季二地區之差別最大，可達 2.5-4.5 倍。春夏季二地區累積全天日射量之差距不明顯，但秋冬季則大幅擴大到約達 70 MJ/m<sup>2</sup>。

雖然同樣的五種當地氣候因子，對大肚山台地天竺草衛星遙測亮度指數 BRI 之貢獻度，日光相關因子都重要於水份相關因子；而對磺嘴山地區類地毯草 BRI 之貢獻度則相反。此顯示，不同的草類對不同氣候環境可能表現不同之適應；換言之，不同的氣候因子對不同的草類產生不同之影響。雖然大肚山台地天竺草與磺嘴山地區類地毯草之結果相反，但透過灰系統理論分類日光相關因子與水份相關因子，可能在植物適應生態環境之研究上有相當意義，此須更多類似研究加以探討。

## 誌謝

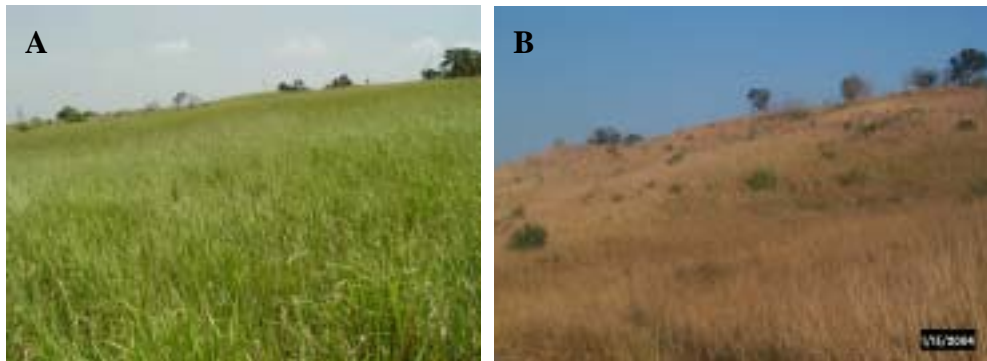
本研究承蒙農委會林務局提供研究經費，使計劃之執行能順利完成，在此特別感謝。

## 參考文獻

- 林笈克、楊國禎。2002。風火台地 - 大肚山。東海大學台灣生態研究中心網頁。
- 張新軒。1992。磺嘴山(含擎天崗)地區動物(牧牛)對環境影響之研究與管理實施計畫：類地毯草草種復育工作。陽明山國家公園管理處。台灣台北。
- Anderson, G. L., Everitt, J. H., Richardson, A. J. and Escobar, D. E. 1993. Using satellite data to map false broomweed (*Ericameria austrotexana*) infestations on south Texas rangelands. *Weed Technol.* 7: 865-871.
- Choudhury, B. J. 1987. Relationships between vegetation indices, radiation absorption, and net photosynthesis evaluated by sensitivity analysis. *Remote Sens. Environ.* 22: 209-233.
- Deng, J. L. 1982. Control problems of grey systems. *Systems and Control Lett.* 5: 288-294.
- Deng, J. L. 1989. Introduction to grey system theory. *J. Grey System* 1: 1-24.
- Everitt, J. H., Ingle, S. J., Gausman, H. W. and Mayeux, H. S. Jr., 1984. Detection of false broomweed (*Ericameria austrotexana*) by aerial photography. *Weed Sci.* 32: 621-624.
- Field, C.B., Gamon, J.A. and Penuelas, J. 1994. Remote sensing of terrestrial photosynthesis. In: Schulze, E.D and Caldwell, M.M. (eds). *Ecophysiology of photosynthesis. Ecological Studies*, Vol. 100, Pp. 511-528. Springer-Verlag, Berlin.
- Guo, R. L. 1994. Conception on grey crop breeding science. *J. Grey Sys.* 6: 57-270.
- Huang, W. D., Chen, J. C., Hsu, M. H., Yang, Z. W., Chang, S. S., Tsai, Y. Z., Huang, K. Y., Lu, L. C., Chen, C. T. and Yang, C. M. 2003. Grey relational analysis of the effect of climate factors on the satellite remote sensing brightness index of carpetgrass in Mt. Huangzui. *Chinese Agron. J.* 13:59-66.
- Huang, W. D., Chen, J. C., Hsu, M. H., Yang, Z. W., Yang, J. S., Chang, S. S., Tsai, Y. Z.,

- Huang, K. Y., Lu, L. Chang., Chen, C. T. and Yang, C. M. 2004. Grey relational analysis of the effect of climate factors on the satellite remote sensing normalized difference vegetation index (NDVI) in the Mt. Huangzui area. (submitted)
- Lass, L. W. and Callihan, R. H. 1993. GPS and GIS for weed surveys and management. *Weed Technol.* 7: 249-254.
- Malanson, G. P. and Trabaud, L. 1987. Post-fire development of canopy structure in a Mediterranean shrub *Quercus coccifera* L. *Phys. Geogr.* 8: 266-274.
- Oechel, W. C. and Reid, C. D. 1984. Photosynthesis and biomass of chaparral shrubs along fire-induced age gradient in southern California. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 131: 399-409.
- Peters, A. J., Reed B. C., Eve, M. D. and McDaniel, K. C. 1992. Remote sensing of Broom snakeweed (*Gutierrezia sarothrae*) with NOAA-10 spectral processing. *Weed Tech.* 6: 1015-1020.
- Specht, R. L. 1981. Primary productivity in Mediterranean-climate ecosystems regenerating after fire. In: *Mediterranean-type shrublands*. D. W. F. di Castri and R. L. Specht (eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 257-267.
- Tucker, C. J. and Sellers, P. J. 1986. Satellite remote sensing of primary production. *Intl. J. Remote Sens.* 7: 1395-1416.
- Shaug SP, FH Hsu, CT Hsu, KT Lo (1995) Frage germplasms of grasses and legumes in Taiwan. 2<sup>nd</sup> edition. Taiwan Livestock Research Institute. Taipei, Taiwan, ROC.
- Steven, M. D. and Clark, J. A. 1990. *Application of remote sensing in agriculture*. University Press, Cambridge.
- Viedma, O., Melia, J., Garcfa-Hara, J. and Segarro, D. 1996. Monitoring forest regrowth rates after fire with multitemporal Landsat-TM imagery, *EARSEL Advances in Remote Sensing. Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management.* 4(4): 145-154.

Viedma, O., Melia, J., Segarra, D. and Garcia, H. J. 1997. Modelling rates of ecosystem recovery after fires by using Landsat TM data. *Remote Sen. Environ.* 61: 383-398.



圖一、大肚山區不同季節之天竺草植被。(A)8/7/2003 夏天拍攝; (B)1/15/2004 冬天拍攝。

Figure 1. The color photos of *Panicum maximum* Jacq in the Mt. Dadu area. (A) picture taken in summer 8/7/2003 ; (B) picture taken in winter 1/15/2004 。

表一、大肚山區 1999-2002 年天竺草植被亮度指數 BRI 與 1994-2002 年氣候因子之變化。

Table 1. The change of brightness index (BRI) of *Panicum maximum* between 1999-2002 and climate factors between 1994-2002 in Mt. Dadu area. The climate factors were monthly mean values.

Month	BRI	Insolation (%)	Humidity (%)	Precipitation (mm)	Irradiance (MJ/m <sup>2</sup> )	Temperature ( )
1	80.41	48.78	76.4	28.45	222.80	16.28
2	92.99	39.22	78.6	83.85	211.65	16.35
3	92.89	39.35	77.7	69.37	262.09	18.90
4	118.64	40.03	78.1	111.99	312.75	22.90
5	183.94	41.73	77.6	233.44	347.75	25.62
6	154.79	47.98	77.5	173.07	358.39	28.09
7	199.92	56.20	76.3	219.82	393.17	29.15
8	174.69	55.50	77.7	192.13	370.03	28.83
9	149.47	55.81	75.2	113.34	319.36	27.30
10	103.17	59.79	74.0	19.25	294.23	24.85
11	102.77	54.69	74.4	3.75	227.95	21.68
12	108.38	49.35	75.4	28.44	200.43	18.30

表二、大肚山區 1999-2002 年天竺草植被亮度指數 BRI 與 1994-2002 年氣候因子(即表一之數據)之均值化數列。

Table 2. The mean normalization value of the brightness index of *Panicum maximum* between 1999-2002 and climate factors between 1994-2002 in Mt.Dadu area.

Month	BRI	Insolation	Humidity	Precipitation	Irradiance	Temperature
1	0.6178	0.9948	0.9977	0.2674	0.7594	0.7021
2	0.7143	0.7998	1.0264	0.7880	0.7214	0.7051
3	0.7136	0.8025	1.1047	0.6519	0.8933	0.8151
4	0.9114	0.8163	1.0199	1.0525	1.0660	0.9876
5	1.4131	0.8510	1.0134	2.1938	1.1853	1.1049
6	1.1891	0.9785	1.0121	1.6265	1.2216	1.2114
7	1.5358	1.1461	0.9964	2.0658	1.3401	1.2571
8	1.3420	1.1318	1.0147	1.8056	1.2613	1.2433
9	1.1482	1.1381	0.9820	1.0651	1.0885	1.1774
10	0.7926	1.2193	0.9664	0.1809	1.0029	1.0717
11	0.7895	1.1153	0.9716	0.0352	0.7770	0.9350
12	0.8326	1.0064	0.9847	0.2673	0.6832	0.7892

表三、大肚山區 1999-2002 年大黍草植被亮度指數 BRI 與 1994-2003 年氣候因子之灰關聯度及灰序。括弧內之數字為灰序。

Table 3. The grey relational value and order of the brightness index of *Panicum maximum* between 1999-2000 and climate factors in Mt. Dadu area between 1994-2003.

Grey	Insolation	Humidity	Precipitation	Irradiance	Temperature
Relational value	0.6658	0.6236	0.5613	0.7955	0.8025
Order	3	4	5	2	1