

# 衛星遙測技術在農業之應用：

## II. 北投垃圾焚化廠運轉後空氣品質及氣象因子影響SPOT衛星遙測關渡平原水稻生長之灰關聯分析

許明晃<sup>1</sup> 黃文達<sup>2</sup> 楊志維<sup>1</sup> 陳建璋<sup>1</sup> 楊佳豪<sup>1</sup> 黃盟元<sup>1</sup> 盧虎生<sup>2</sup> 楊棋明<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>中央研究院生物多樣性研究中心 <sup>2</sup>國立台灣大學農藝學系 \*通訊作者、E-mail: cmyang@gate.sinica.edu.tw

### 摘要

本研究應用1999~2003年間之SPOT衛星遙測資料，監測關渡平原21個水稻樣區常態性差異性植生指數NDVI之季節性變化；並以灰關聯理論分析五種氣候因子(即累積降雨量、平均相對溼度、日照率、平均氣溫、與累積全天日射量)及七種空氣品質監測項目(包括SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、CO及PM<sub>10</sub>)對關渡平原水稻衛星遙測NDVI之相關性。灰關聯度與灰序顯示，影響關渡平原水稻生長之二大類環境因子中，明顯的以五種氣候因子為主，而以七種環境品質監測項目為次。在五種氣候因子中，又以太陽相關因子(sun-related factors)(即日射量、氣溫及日照率)為主，而與水份相關因子(water-related factors)(即溼度及降雨量)則為次。七種空氣品質監測項目中，則以SO<sub>2</sub>及CO為主，其次為氮氧化物NO<sub>x</sub>、NO、NO<sub>2</sub>，而O<sub>3</sub>及PM<sub>10</sub>則較低。此顯示，北投垃圾焚化廠之排放氣體與灰塵對關渡平原水稻生長若有影響，其程度遠不及氣象因子所造成之影響；而且若有影響，以SO<sub>2</sub>及CO之效應較其為次。

### 關渡平原

關渡平原位於台北盆地西北方，地理位置特殊，基隆河自東向西繞於南境，匯入自南向北行於西邊之淡水河；陽明山國家公園與大屯火山群阻於東與北境，使之與距離約十公里之台灣海峽相隔開。其間雙溪、五分港溪、磺溪、貴子坑大排、水磨坑溪、舊貴子坑溪等天然與人造溪流與溝渠，自東北往西南貫穿關渡平原後注入基隆河。淡水河與基隆河匯合處即為今之關渡自然保護區與關渡公園，位於關渡平原之西南角，秋冬各種鳥類會集棲息於此。

本研究自關渡平原選取共899個水稻樣點，再根據方位及與北投垃圾焚化廠之距離歸類為21個樣區(圖1)。樣區1及2分佈在焚化廠東南1km內之洲美里、樣區3在東北1km內之漢諾威馬場附近、樣區4及5在西北2-3km之中八仙及下八仙、樣區6在西北約3km之關渡里、樣區7-16在焚化廠西北5-6km而大度路以北及貴子坑溪大排以西之一德里、樣區17-21則在北北西4-5km及大度路以北及貴子坑溪大排以東之豐年里。樣區處於不同方位，且與焚化廠之距離都在五公里以內之不同位置。

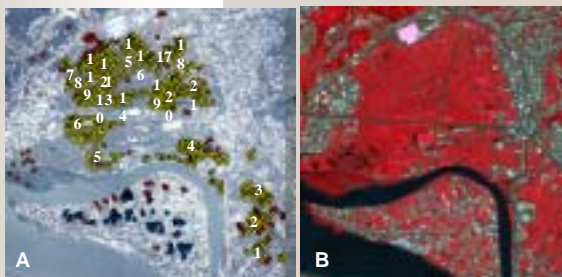


圖1. 關渡平原(A)數位航照圖及(B)SPOT衛星影像。運用數位航照圖搜尋SPOT衛星遙測植生指數NDVI之水稻、蔬菜及森林樣區。紅星代表北投垃圾焚化廠之位置。黃、紅及藍色圓圖分別代表水稻、森林及蔬菜樣區，其中水稻共21個樣區，編號1-21。

### 氣象資料

自1999年到2003年之五種氣象資料，氣象資料由距離關渡平原約4-5km之淡水氣象站所紀錄，內容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)。將五年份之資料平均後即為進行灰關聯分析的實驗系列之數據(表1)。

表1. 中央氣象局淡水氣象站 1999-2003年氣象觀測月平均值。

Climate factors	Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Irradiance (MJ/m <sup>2</sup> )	165.09	150.23	203.70	232.52	310.05	340.27	395.29	389.35	290.29	257.34	168.71	155.46
Precipitation (mm)	99.12	87.78	144.86	152.70	149.82	155.42	129.32	107.56	369.50	120.78	141.18	110.22
Humidity (%)	79.40	80.60	81.60	80.60	76.80	81.00	76.20	75.40	75.20	77.40	79.00	79.20
Insolation (%)	31.34	28.58	26.24	26.96	32.50	42.26	50.82	55.12	44.86	39.92	29.76	25.46
Temperature (°C)	15.60	15.98	18.02	21.62	24.50	27.08	28.80	28.66	26.94	24.12	20.48	17.22

### 空氣品質

本研究使用之關渡平原空氣品質監測資料是由北投垃圾焚化廠有關的士林站1999-2003年所測的原始數據之月平均值。監測項目包括SO<sub>2</sub>(ppb)、O<sub>3</sub>(ppb)、NO<sub>x</sub>(ppb)、NO(ppb)、NO<sub>2</sub>(ppb)、CO(ppm)及PM<sub>10</sub>(mg/m<sup>3</sup>)共七種(表2)。

表2. 北投垃圾焚化廠士林監測站 1999-2003年空氣品質監測月平均值。

Air qualities	Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SO <sub>2</sub> (ppb)	2.25	1.84	2.24	2.10	2.60	3.14	2.55	2.81	2.30	2.01	1.88	2.16
O <sub>3</sub> (ppb)	25.22	26.72	27.37	28.58	31.07	20.30	17.79	18.18	25.77	31.29	27.42	25.75
NO <sub>x</sub> (ppb)	31.75	29.74	37.15	30.64	26.11	32.62	28.22	29.45	25.67	22.25	21.45	25.13
NO(ppb)	9.85	8.80	11.05	7.08	5.72	11.15	8.76	9.88	6.92	6.45	5.97	7.53
NO <sub>2</sub> (ppb)	21.90	21.12	25.97	23.56	20.38	21.47	19.45	19.57	18.72	15.79	15.47	17.61
CO(ppm)	0.71	0.66	0.79	0.77	0.69	0.76	0.68	0.69	0.63	0.57	0.59	0.62
PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	45.36	43.11	51.51	50.48	39.59	33.54	33.04	33.73	32.18	36.05	34.55	39.39

### 衛星遙測植生指數

法國SPOT衛星之遙測反射光譜資料向國立中央大學太空與遙測研究中心(CSRSR)，所有影像都屬第十等級(level 10)數位影像。影像正上空無任何雲層遮蔽。本研究共使用33幅SPOT衛星影像，涵蓋1999-2004年共5年半，包括：1999/2/18、1999/6/12、1999/8/17、2000/4/18、2000/5/8、2000/7/1、2000/8/21、2000/10/11、2001/1/18、2001/3/15、2001/10/10、2002/1/4、2002/1/13、2002/8/21、2003/1/19、2003/1/30、2003/4/2、2003/5/7、2003/6/1、2003/6/27、2003/7/14、2003/8/9、2003/8/26、2003/9/4、2003/9/18、2003/9/30、2003/10/26、2003/11/8、2004/2/10、2004/2/17、2004/3/9、2004/4/21及2004/5/11。以上33幅衛星資料依其太陽日順序排列後，計算水稻每月份之NDVI季節性之變化。

本研究採用的植生指數為常態化差異植生指數(normalized difference vegetation index, NDVI)為主，計算公式為NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)。其中IR為近紅外光反射率，R為紅光反射率。再根據每一樣區稻田全年度植生指數NDVI進一步分析與比較(表3)。

表3. 北投垃圾焚化廠興建後不同方向水稻樣區水稻植生指數NDVI之季節性變化。

Rice area	Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.13	0.07	0.15	0.28	0.23	0.41	0.27	0.15	0.21	0.21	0.12	0.03
2	0.15	0.07	0.14	0.29	0.25	0.42	0.30	0.19	0.21	0.23	0.13	0.04
3	0.11	0.04	0.07	0.23	0.29	0.43	0.31	0.24	0.25	0.23	0.14	0.01
4	0.06	0.00	0.01	0.18	0.35	0.46	0.44	0.24	0.29	0.26	0.08	0.00
5	0.16	0.05	0.09	0.21	0.25	0.47	0.42	0.24	0.27	0.29	0.12	0.09
6	0.22	0.02	0.05	0.11	0.19	0.45	0.45	0.16	0.20	0.27	0.10	0.07
7	0.11	0.01	0.02	0.13	0.25	0.47	0.44	0.15	0.21	0.29	0.13	0.03
8	0.09	0.00	0.04	0.20	0.31	0.45	0.38	0.19	0.26	0.29	0.12	0.03
9	0.10	0.00	0.00	0.13	0.33	0.46	0.41	0.15	0.25	0.34	0.15	0.14
10	0.08	0.03	0.00	0.11	0.31	0.45	0.40	0.19	0.28	0.33	0.13	0.05
11	0.21	0.07	0.13	0.27	0.28	0.49	0.43	0.19	0.24	0.29	0.13	0.06
12	0.14	0.00	0.03	0.18	0.32	0.44	0.41	0.15	0.14	0.33	0.13	0.05
13	0.09	0.01	0.02	0.19	0.32	0.43	0.39	0.19	0.28	0.34	0.15	0.04
14	0.11	0.01	0.01	0.13	0.32	0.46	0.39	0.19	0.28	0.32	0.13	0.02
15	0.15	0.04	0.07	0.22	0.32	0.48	0.42	0.19	0.25	0.33	0.16	0.02
16	0.08	0.01	0.03	0.18	0.34	0.45	0.41	0.17	0.28	0.35	0.16	0.03
17	0.13	0.03	0.00	0.19	0.34	0.47	0.41	0.21	0.31	0.30	0.16	0.05
18	0.13	0.00	0.01	0.17	0.33	0.46	0.38	0.23	0.31	0.33	0.13	0.05
19	0.12	0.01	0.04	0.16	0.29	0.47	0.41	0.22	0.32	0.30	0.13	0.01
20	0.08	0.00	0.01	0.09	0.32	0.46	0.41	0.22	0.35	0.31	0.13	0.00
21	0.07	0.01	0.02	0.18	0.27	0.41	0.42	0.28	0.28	0.25	0.14	0.04

### 灰關聯分析

以前述五種氣候因子及北投垃圾焚化廠士林站所測得的七種空氣品質數據為實驗系列，而以關渡平原21個水稻樣區之SPOT衛星遙測NDVI季節性變化為參考系列，進行灰關聯分析。

表4. 北投垃圾焚化廠興建後全年度不同方向水稻樣區水稻植生指數NDVI與空氣品質及氣象因子之灰關聯度及灰序。

Rice area	Air qualities							Climate factors				
	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	Irradiance	Precipitation	Humidity	Insolation	Temperature
1	0.6199	0.5463	0.5804	0.5706	0.5802	0.5920	0.5484	0.6455	0.5387	0.5751	0.5983	0.6328
(4)	(3)	(11)	(6)	(9)	(7)	(5)	(10)	(1)	(12)	(8)	(4)	(2)
2	0.6496	0.5656	0.6025	0.5929	0.6019	0.6159	0.5688	0.6870	0.5497	0.5986	0.6332	0.6665
(3)	(11)	(6)	(9)	(7)	(5)	(10)	(1)	(12)	(8)	(4)	(2)	(2)
3	0.5962	0.5138	0.5383	0.5334	0.5372	0.5520	0.5074	0.6670	0.5299	0.5423	0.6990	0.6285
(4)	(11)	(7)	(9)	(8)	(5)	(12)	(1)	(10)	(6)	(3)	(2)	(2)
4	0.5198	0.4600	0.4755	0.4735	0.4746	0.4850	0.4526	0.5861	0.4876	0.4802	0.5416	0.5477
(4)	(11)	(8)	(10)	(9)	(6)	(12)	(1)	(5)	(7)	(3)	(2)	(2)
5	0.5899	0.4994	0.5304	0.5335	0.5258	0.5418	0.4960	0.6604	0.5071	0.5353	0.6136	0.6204
(4)	(11)	(8)	(7)	(9)	(5)	(12)	(1)	(10)	(6)	(3)	(2)	(2)
6	0.5748	0.5049	0.5335	0.5440	0.5272	0.5393	0.5042	0.6121	0.5057	0.5360	0.5934	0.5866
(4)	(11)	(8)	(5)	(9)	(6)	(12)	(1)	(10)	(7)	(2)	(3)	(2)
7	0.5549	0.4974	0.5131	0.5163	0.5101	0.5218	0.4895	0.6028	0.5063	0.5199	0.5726	0.5767
(4)	(11)	(8)	(7)	(9)	(5)	(12)	(1)	(10)	(6)	(3)	(2)	(2)

The number in parenthesis was grey order.

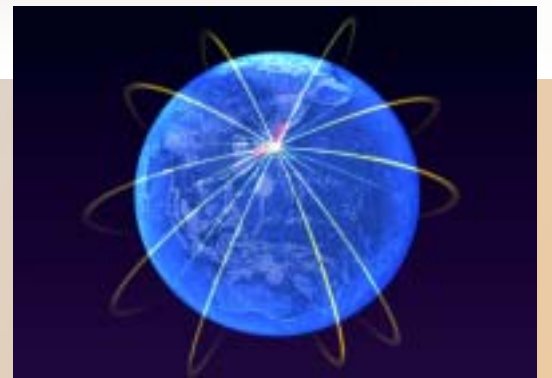


表4. 北投垃圾焚化廠興建後全年度不同方向水稻樣區水稻植生指數NDVI與空氣品質及氣象因子之灰關聯度及灰序。(續1)

Rice area	Air qualities							Climate factors				
	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	Irradiance	Precipitation	Humidity	Insolation	Temperature
8	0.5532	0.4906	0.5030	0.4997	0.5022	0.5153	0.4795	0.6145	0.5064	0.5113	0.5687	0.5835
(4)	(11)	(8)	(10)	(9)	(5)	(12)	(1)	(7)	(6)	(3)	(2)	(2)
9	0.5333	0.4805	0.4812	0.4795	0.4799	0.4944	0.4622	0.5749	0.4848	0.4976	0.5560	0.5585
(4)	(9)	(8)	(11)	(10)	(6)	(12)	(1)	(7)	(5)	(12)	(3)	(2)
10	0.5305	0.4741	0.4811	0.4811	0.4793	0.4922	0.4589	0.5865	0.4935	0.4933	0.5552	0.5608
(4)	(11)	(8)	(9)	(10)	(7)	(12)	(1)	(5)	(6)	(3)	(2)	(2)
11	0.6246	0.5430	0.5769	0.5752	0.5739	0.5876	0.5439	0.6705	0.5312	0.5763	0.6253	0.6417
(4)	(11)	(6)	(8)	(8)	(9)	(5)	(10)	(1)	(12)	(7)	(3)	(2)
12	0.5818	0.5315	0.5390	0.5371	0.5377	0.5502	0.5205	0.6226	0.5113	0.5482	0.5876	0.5995
(4)	(10)	(7)	(9)	(8)	(5)	(11)	(1)	(12)	(6)	(3)	(2)	(2)
13	0.5232	0.4674	0.4723	0.4679	0.4720	0.4858	0.4515	0.5853	0.4828	0.4853	0.5453	0.5595
(4)	(11)	(8)	(10)	(9)	(5)	(12)	(1)	(7)	(6)	(3)	(2)	(2)
14	0.5232	0.4674	0.4723	0.4679	0.4720	0.4858	0.4515	0.5853	0.4828	0.4853	0.5453	0.5595
(4)	(11)	(8)	(10)	(9)	(5)	(12)	(1)	(7)	(6)	(3)	(2)	(2)

The number in parenthesis was grey order.

表4. 北投垃圾焚化廠興建後全年度不同方向水稻樣區水稻植生指數NDVI與空氣品質及氣象因子之灰關聯度及灰序。(續2)

Rice area	Air qualities							Climate factors				
	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	Irradiance	Precipitation	Humidity	Insolation	Temperature
15	0.5608	0.4962	0.5110	0.5078	0.5097	0.5235	0.4857	0.6187	0.4966	0.5192	0.5753	0.5905
(4)	(11)	(7)	(9)	(8)	(5)	(12)	(1)	(10)	(6)	(3)	(2)	(2)
16	0.5202	0.4703	0.4731	0.4686	0.4730	0.4859	0.4538	0.5762	0.4825	0.4858	0.5386	0.5536
(4)	(10)	(8)	(11)	(9)	(5)	(12)	(1)	(7)	(6)	(3)	(2)	(2)
17	0.5461	0.4810	0.4917	0.4888	0.4907	0.5051	0.4676	0.6070	0.5022	0.5036	0.5684	0.5791
(4)	(11)	(8)	(10)	(9)	(5)	(12)	(1)	(7)	(6)	(3)	(2)	(2)
18	0.5687	0.5020	0.5108	0.5083	0.5095	0.5244	0.4864	0.6340	0.5239	0.5232	0.5935	0.6032
(4)	(11)	(8)	(10)	(9)	(5)	(12)	(1)	(7)	(6)	(3)	(2)	(2)
19	0.5587	0.4932	0.5103	0.5123	0.5074	0.5203	0.48					