

# 2020-2021 臺灣乾旱事件特徵初步分析

李思瑩<sup>1,3</sup>、李清騰<sup>1,3</sup>、林昀靜<sup>1,3</sup>、張庭槐<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中央氣象局氣象科技研究中心

<sup>2</sup>中央氣象局氣象資訊中心

<sup>3</sup>資拓宏宇國際股份有限公司氣象科技事業處

## 摘要

本研究使用中央氣象局局屬測站資料以及雷達定量降雨估計資料(Quantitative Precipitation Estimation; QPE)計算五種乾旱指數,分別SPI(Standardized Precipitation Index)、SPEI(Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index)、PDSI(Palmer Drought Severity Index)、sc-PDSI(Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index)以及根據蕭(1997)所定義的乾旱指數,從這些乾旱指標分析2020-2021年的乾旱事件特徵。不同乾旱指數使用不同的氣象條件,包含降水量、蒸發量、連續不降水日…等,都顯示出2020年秋季開始至2021年春季之間為嚴重乾旱事件。

初步分析環流特徵指出,2020年夏季太平洋副熱帶高壓偏強,東亞季風偏弱,西北太平洋創下有史以來7月首次無颱風生成的紀錄,而且臺灣2020年並未有颱風登陸。從2020年夏季至2021年春季各乾旱指數也都明確指出乾旱現象發生,其發生的時間與過去研究一致,洪與施(2017)中指出臺灣的乾旱發生時段多發生於颱風季結束後至隔年梅雨季前,且嚴重乾旱發生時臺灣及附近區域為不利對流系統發展的條件。

關鍵字:乾旱指標、降水

## 一、前言

乾旱是臺灣重要的天然災害之一,是一段時間的累積,雖然臺灣年平均降水量為世界平均降水量的3倍,但因地形、季節各種因素導致降水時空分布不均,若在雨季沒有充足的雨量就容易發生乾旱,全球暖化更是加劇了乾旱的發生頻率,在過去的幾十年出現過多次大型乾旱事件,造成嚴重的經濟損失與民生不便。

臺灣在2020年夏季至2021年春季期間遭逢嚴重乾旱,導致各地區進入不同程度的減壓供水、限水、停耕等情況。從2020年梅雨季開始,全臺平均降雨就低於氣候平均,加上2020年夏季沒有颱風登陸帶來足夠的降雨,2021年春雨極少,一段時間累積下來,只有位於東北部迎風面測站有正常降雨,其他測站分別在2020年秋季以及2021年春季達嚴重乾旱的程度。

本研究使用中央氣象局局屬測站資料以及雷達定量降雨估計資料計算乾旱指數,不同乾旱指數使用不同的氣象條件,包含降水量、蒸發量、連續不降水日…等,一方面是要開發乾旱指數的監測系統用以監測是否發生乾旱,另一方面,也以2020/2021年乾旱事件為例來看這些乾旱指數的定義是否能表現出臺灣的乾旱現象;並根據乾旱指數定義的時段,以不同季節的大尺度環流變數分析此乾旱事件期間的環流特徵。

## 二、資料

本研究所使用的資料,乾旱指數的計算使用兩組資料,一為中央氣象局25個局屬測站(分別為淡水、台北、基隆、花蓮、宜蘭、蘇澳、嘉義、台南、高雄、梧棲、台中、大武、新竹、恆春、成功、台東、鞍部、竹子湖、日月潭、阿里山、玉山、東吉島、彭佳嶼、澎湖、蘭嶼)之逐日以及逐月降水、溫度;二是中央

氣象局衛星中心所產製的雷達定量降雨估計資料 (Quantitative Precipitation Estimation; QPE)。

大尺度環流分析則使用NOAA CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) 重分析之逐月資料，變數為海平面氣壓 (mean sea level pressure; MSLP)、2米溫度 (2 meter air temperature; T2M)、500hPa高度場 (geopotential height; H500)、850hPa風場 (zonal and meridional wind; UV850)，以及NOAA海表面溫度 (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature; SST)。重分析資料的變數空間解析度分別是720x361 (0.5度)、1152x576 (經度為0.3125、緯度為高斯分布)，海溫的空間解析度為180\*89 (2度)。使用的資料時間為1979年至2021年。

### 三、乾旱指數簡介

(一) 標準化降水指數 (SPI; Standardized Precipitation Index)

SPI是美國氣象學會使用的標準化降雨指數，由McKee et al.(1993)提出。Hayes et al. (1999) 指出相較於其他乾旱指數，SPI 指數的優點有：(1)因為僅由降水量得出，故計算較簡單，且不受土壤濕度及地形因素影響，可應用於任何季節。(2)由於可變時間尺度，可廣泛應用於氣象、農業、水文，也有助於釐清造成乾旱事件之動力機制的分析。(3)由於標準化的關係，確保極端事件在任何時間、地點的發生頻率是一致的。

2009年，WMO推薦SPI作為主要的氣象乾旱指數，各國可將其用於監測乾旱，SPI成為廣泛使用的乾旱指數。以時間為主軸，將不同尺度的降水量化成SPI指數，SPI指數小於0即定義為各種不同程度的乾旱，一般來說，小於-2即為非常嚴重的乾旱。

(二) 標準化降水蒸發散指數 (SPEI; Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index)

因SPI指數以單一雨量變數定義，因此只能用來探究氣象乾旱 (Guttman, 1998)。為了改進其缺陷，基於原有的SPI指數，Vicente-Serrano et al. (2010) 發展的標準化降雨蒸發指數改進了上述缺陷。由於其納入測站降水及溫度所反映的地表潛在蒸發散量來量測陸

地和大氣之間的氣候水平衡，因此有些學者認為，相比僅採取不確定性高的降水為變數的SPI指數，SPEI指數更為接近乾旱實際狀況，指數負值代表乾旱。

翁與楊 (2013) 利用不同時間尺度的臺灣累積降水量和平均溫度資料，推估出潛勢蒸發散量，計算得到臺灣測站的SPEI指數資料，使用中央氣象局測站月尺度資料計算而得的SPEI指數，共分為1至84個月不同的乾旱持續時間，用以表現不同時間尺度下的乾旱特性。其研究指出在高溫的夏季，SPEI指數會因為納入了溫度的變量，考慮蒸發量的計算，因而造成蒸發量大增而顯示乾旱的訊號，這是使用SPEI指數需要特別注意的地方。

(三) 帕爾默乾旱指數 (PDSI; Palmer Drought Severity Index; Palmer, 1965) 與自標定帕爾默乾旱指數 (sc-PDSI)

使用溫度和降水來估計相對乾燥度，由於使用了溫度和物理水平衡模式，因此可以通過潛在蒸散量的變化來捕捉全球變暖對乾旱的基本影響。此指數為標準化數值，通常範圍從-10到+10，代表由乾到濕，目前如NOAA等單位通常顯示的數值範圍是-4到+4，但有可能出現更極端的值。PDSI合理並成功地量化了長期乾旱的程度。sc-PDSI則是針對各測站本身的氣候值進行校正。

(四) 臺灣乾旱定義

根據中央氣象局的定義，乾旱是連續20天或以上不下雨，但又有地區的分別，在東部、北部是20天，但在南部要連續50天才算異常。蕭 (1997) 以客觀必要條件以及2個充分條件來定義臺灣地區的氣象乾旱，客觀必要條件- 連續20日或以上日降水量均未達0.5mm，充分條件有二，一為年降水量 (365日之累積量) 與最近期準平均值之百分比低於60%，二為30日降水量累積值低於最近準平均期同時間之第一個十分位值 (該值必須大於或等於0.5mm)，只要滿足必要條件以及1個充分條件則為乾旱。

本研究考慮未來會將乾旱定義應用在模式預報資料上，連續20天不降雨的必要條件較難達到，因此將定義調整為符合2個與降雨量相關的充分條件即判定為乾旱發生。另外，將充分條件一增加兩個時間尺度，分別是180日累積量以及90日累積量，此乾旱定義會得

到3種時間尺度的乾旱指數，文中稱新的乾旱定義指數為臺灣乾旱指數（TDI）。

## 四、結果分析

首先，以測站資料計算逐年降雨量以及乾旱指數來看2020-2021年乾旱事件的發生情況，考慮山區降雨與平地有所不同，使用16個平地測站計算1982-2021年期間不同的乾旱指數，其中PDSI以及sc-PDSI顯示出較為長期的乾旱現象，PDSI又在某些測站有過於劇烈的變動（以台中站為例；圖1），因此，針對2020-2021年的乾旱現象分析以SPI、SPEI以及TDI為主。QPE資料因只有降雨資料，所以只計算SPI。

圖2為16個平地測站2020年6月至2021年6月期間乾旱指數SPI、SPEI以及TDI的逐月變化，時間尺度為6個月，其中TDI為每月中所發生的乾旱日數加總。從圖中可明顯看出，3個乾旱指數都指出2020-2021年的乾旱事件有明顯的區域性以及季節分布，且不論從哪個指數來看，2020-2021年的乾旱事件都算是達到嚴重乾旱的程度，乾旱發生時間主要落在2020年秋季以及2021年春季，且多發生在東、南部測站。圖3為平地測站1951年至2021年五個時期的逐年總雨量，分別是整年、春雨（2-4月）、梅雨季（5-6月）、颱風季（7-9月）以及7月至隔年4月，2020年總雨量低於氣候平均值，少雨程度排名為歷史前10名，不計梅雨季降雨的總雨量顯示2020年7月至2021年4月期間的總雨量是1951年以來第6少雨，2021年的春雨全臺雨量都低於氣候平均值，少雨程度在歷史排名前10名，2020年以及2021年的梅雨季降雨量皆在氣候平均值上下在正常範圍內，2020年颱風季的雨量為歷史第6少雨，逐年雨量變化指出2020年接近氣候值的梅雨以及夏季沒有颱風侵臺是東、南部測站發生乾旱的主因，而春雨的偏少導致西北部部分測站也達到乾旱的判定標準。

乾旱發生相對應的主要天氣型態與環流特徵則分不同的季節來看—

### 1、7月至9月（夏季、颱風季）

夏季是臺灣降雨主要的季節，特別是西南部測站，降雨來源為颱風、西南氣流以及午後雷陣雨。2020年入夏，太平洋副熱帶高壓（簡稱副高）強度就異常偏

強，副高勢力範圍西伸至華南沿岸、中南半島，直到11月都呈現副高偏強且範圍廣的型態（圖5），因為副高異常地強，且往西南延伸至原本被季風槽盤據的菲律賓海，2020年7月罕見在西北太平洋沒有颱風生成，破1958年有資料以來沒有颱風生成的紀錄，臺灣在7月至10月期間沒有颱風登陸，但在8月至10月間有8個颱風或其外圍環流影響臺灣（圖4），直至11月才有閃電颱風侵臺。

影響副高強度變化有許多原因，其中最主要的是海溫，有研究發現強副高常是由其他海洋（如北印度洋、熱帶大西洋、副熱帶東北太平洋）的高海溫以及熱帶東太平洋的偏低海溫（反聖嬰）所引發。如果多處海洋盆地水溫同時偏高，可能造成極強的副高與極弱的颱風活躍度（Hong et al.,2015）。

2020年夏季，反聖嬰現象（熱帶東太平洋海溫偏低）正在發展中（圖6），反聖嬰現象使得西北太平洋熱帶東風比往常更強，使太平洋高壓的勢力範圍更往西延伸，季風槽偏弱，不利於颱風生成。同時，北印度洋海溫極高，海溫偏暖使當地對流發展旺盛，暖濕空氣上升至高空後往水平方向外流，其中一支下沉氣流抑制了南海對流發展，同樣也使太平洋高壓勢力向西延伸。上述條件都可能是維持2020年副高強度偏強的原因。

### 2、10月至1月（秋、冬季）

秋、冬兩季，臺灣主要受東北季風以及大陸冷高壓影響，東北部測站降雨來自東北季風增強以及鋒面系統。2020年入秋，副高仍偏強，冷高壓較弱，受東北風以及南邊熱帶系統影響，10月至12月平均下來全臺有雨，但並沒有緩解颱風季沒雨帶來的旱象。入冬，大陸冷高壓增強後，冷高壓以及東亞主槽的位置也多偏北，降雨集中在東北部迎風面。同時，海洋聖嬰指標（ONI）已連續5個月低於-0.5，達到反聖嬰事件的判定標準，2020/21年成為繼2017/18年之後的一次反聖嬰事件。

### 3、2月至4月（春季）

2021年春季（圖7），春雨雨量極低，使得旱象加劇。有研究指出，ENSO以及太平洋年代際震盪（Pacific Decadal Oscillation；PDO）會影響臺灣春雨的多寡。Chen et al.（2016）研究發現在春雨偏多年，對應的海

溫變化為熱帶東太平洋之暖海溫距平搭配熱帶中太平洋之冷海溫距平，冷海溫距平在中太平洋激發出大尺度的輻散，此輻散在其西北側激發出反氣旋距平，此反氣旋距平位於臺灣之東南側，增強西南風，使南海水氣進入臺灣，導致降雨增多。相反地，當熱帶東太平洋為冷海溫距平時，經由上述過程，在臺灣東南側形成氣旋距平，其逆時針方向環流加強東北風距平經由臺灣吹向南海，減少熱帶水氣進入臺灣，降雨偏少。

Hung et al. (2004) 則指出，PDO在北太平洋的變化與赤道地區海溫變化是類似但反相，當PDO指數是正號的時候，北太平洋海溫是較冷，但熱帶中到東太平洋是較暖。這個較暖的海溫，會在菲律賓海造成一個海面氣壓的正距平反應。此氣壓正距平在菲律賓海地區的西部邊緣帶來西南向的距平風場，這樣的西南風分量很容易加深臺灣地區春季的槽線，因而造成臺灣春雨較多。反之，則春雨較少。

此時，雖然反聖嬰開始減弱，但熱帶東太平洋仍為冷海溫距平，加上PDO的負相位，可能是造成在東亞地區有大範圍的氣旋距平壟罩導致春雨偏少的原因。

## 五、結論

分析2020/2021年不同時段的總雨量表示全臺雨量是在歷史紀錄中前10名的少雨，計算不同乾旱的指數也顯示出2020年秋季開始至2021年春季之間為嚴重乾旱事件。以不同季節的大尺度環流變數分析環流特徵顯示2020年夏季太平洋副熱帶高壓強度異常偏強，5月到10月副高勢力範圍西伸至華南沿岸、中南半島，強度偏強且範圍廣，導致這段時間沒有颱風侵臺，而發展中的反聖嬰現象以及北印度洋的高海溫可能是強副高能維持數月的因素，秋冬本就是南部測站的乾季，此時北部、東北部測站皆有正常甚至偏多的雨量，2021年春季，反聖嬰現象加上PDO負相位，可能是造成在東亞地區有大範圍的氣旋距平壟罩導致春雨偏少的原因。

乾旱是一段時間的累積，當環流型態在每個季節

各有不利臺灣降雨的因素時，從2020年低於氣候平均值的梅雨、夏季沒有颱風侵臺，一直到春雨的偏少，即造成了2020/2021年的嚴重乾旱。

## 六、參考文獻

- 蕭長庚，1997：臺灣地區非預期性之氣象乾旱。1997年天氣分析與預報研討會論文彙編，521-528。
- 翁叔平與楊承道，2013：應用標準化降水蒸發散指數分析臺灣百年來乾溼變化的低頻特徵與遙地相關。大氣科學，**41(2)**，139-170。
- 洪致文與施明甫，2017：台灣氣象乾旱指數的建立與嚴重乾旱事件分析。大氣科學，**45(2)**，145-166。
- Chen, J. M., P. H. Tan, C. F. Shih, H. S. Chen, "Largescale Processes Associated with Interdecadal and Interannual variability of Early-spring Rainfall in Taiwan," *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **27**, 87-98, 2016.
- Guttman, N. B., 1998: Comparing the Palmer droughtindex and the standardized precipitation index. *J. American Water Resources Association*, **34**, 113-121.
- Hong, C.-C., Lee, M.-Y., Hsu, H.-H., Lin, N.-H., and Tsuang, B.-J. (2015). "Tropical SST Forcing on the Anomalous WNP Subtropical High during July - August 2010 and the Record-high SST in the Tropical Atlantic." *Climate Dynamics*, **45**, 633-650, doi: 10.1007/s00382-014-2275-5.
- Hung, C.-W., H.-H. Hsu, and M.-M. Lu, 2004: Decadal Oscillation of Spring Rain in Northern Taiwan. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L22206m doi:10.1029/2004GL021344.
- Vicente-Serrano, S. M., B. Santiago, and J. I. López-Moreno, 2010: A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index –SPEI. *J. Climate*,**23(7)**, 1696-1718.

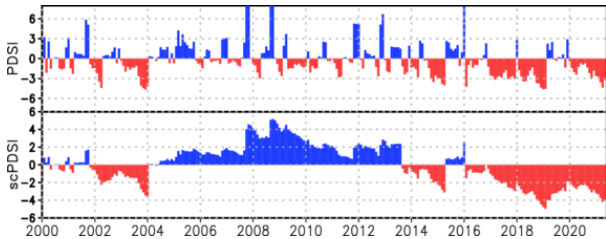


圖1 台中測站2000年至2021年6月PDSI(上)以及sc-PDSI(下)逐月變化。

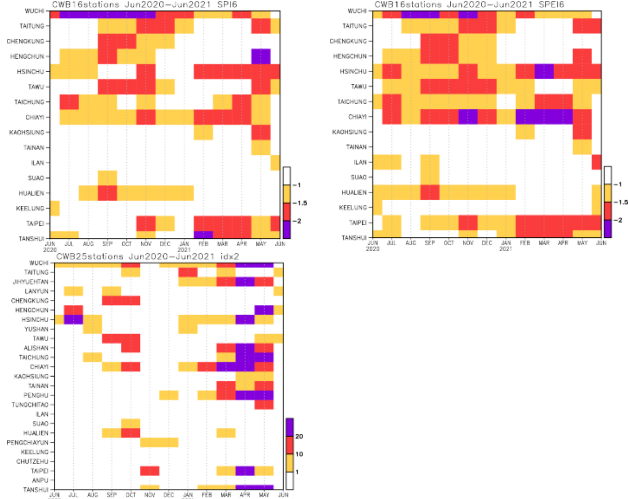


圖2 2020年6月至2021年6月期間局屬測站SPI(左上)、SPEI(右上)以及TDI(左下)3個乾旱指數逐月變化。時間尺度為6個月。

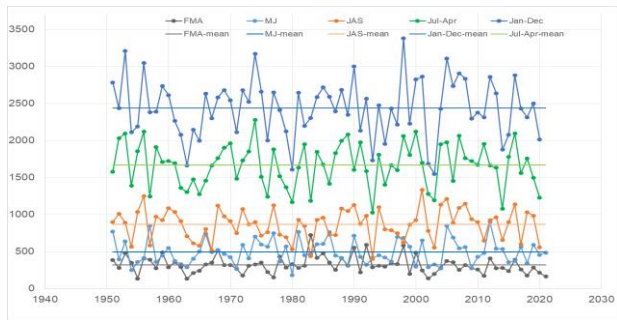


圖3為平地測站1951年至2021年五個時期的逐年總雨量，分別是整年(深藍色)、春季(黑灰色)、梅雨季(淺藍色)、颱風季(橘色)以及七月至隔年4月(綠色)。

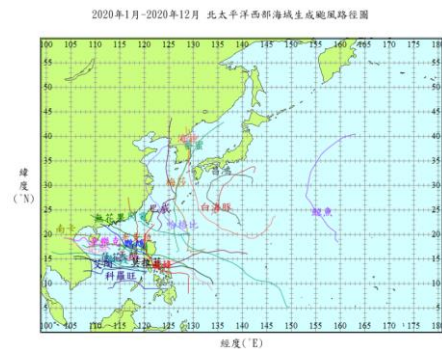


圖4 2020年颱風路徑。

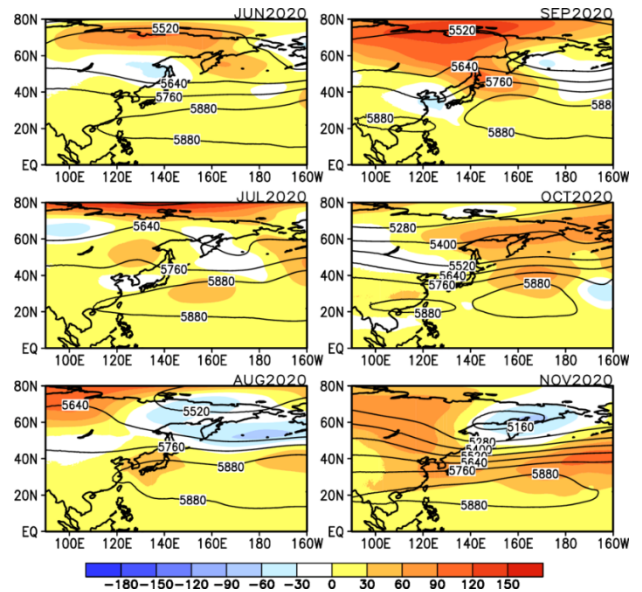


圖5 2020年6月至11月期間500hPa高度場逐月變化。陰影為距平場。

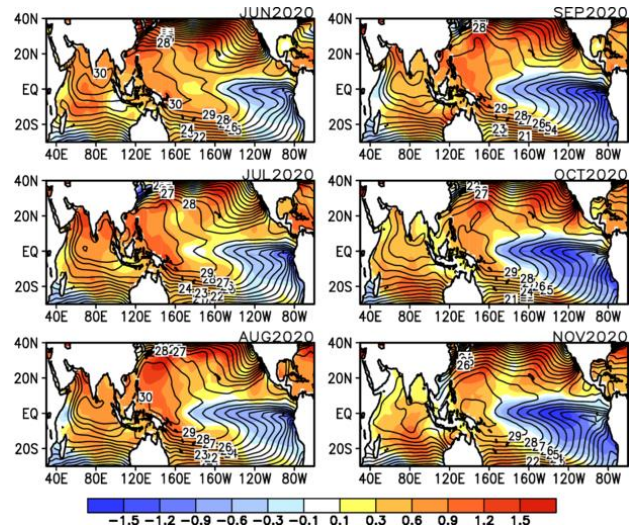


圖6 2020年6月至11月期間海平面溫度逐月變化。陰影為距平場。

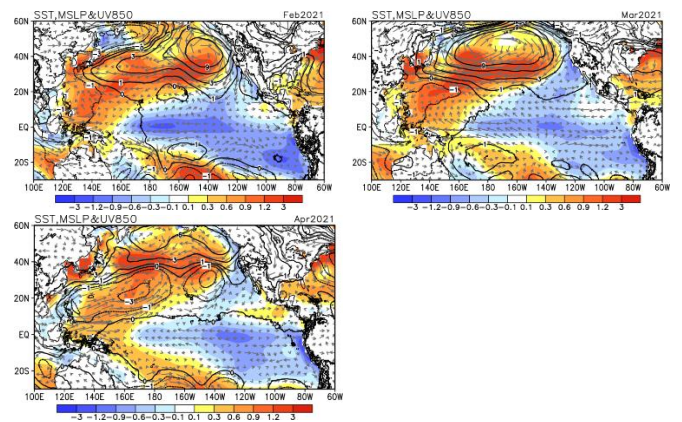


圖7 2021年2月至4月海溫(陰影)、海平面氣壓(線條)以及850hPa風場(風標)逐月距平變化。

# **Analysis of the characteristics of drought event in Taiwan during 2020-2021**

Szu-Ying Lee<sup>1,3</sup>, Ching-Teng Lee<sup>1,3</sup>, Yun-Ching Lin<sup>1,3</sup>, Ting-Huai Chang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research and Development Center, Central Weather Bureau, Taiwan

<sup>2</sup>Meteorological Information Center, Central Weather Bureau, Taiwan

<sup>3</sup>International Integrated Systems, Inc., Taiwan

## **Abstract**

In this study, five drought indices were calculated using the CWB's 25 stations data and the QPE data (Quantitative Precipitation Estimation), namely SPI (Standardized Precipitation Index), SPEI (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index), PDSI (Palmer Drought Severity Index), sc-PDSI (Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index) and the drought index defined by Xiao (1997) are used to analyze the characteristics of drought event in 2020-2021 from these drought indices. Different drought indices use different meteorological conditions, including precipitation, evaporation, consecutive dry days, etc., which all show that there is severe drought event in 2020-2021.

Preliminary analysis of the atmospheric circulation characteristics shows that the western Pacific Subtropical High in the summer of 2020 is stronger, and the East Asian monsoon is weaker. The drought indices also indicate the occurrence of drought from the summer of 2020 to the spring of 2021. The results of the analysis are consistent with previous research. Hong and Shi (2017) pointed out that the atmospheric environment around Taiwan was under unfavorable conditions for convection systems to develop during severe droughts, and benefit droughts to occur.

**Keywords:** drought index 、 precipitation