

氣象因子對盤固草產量之影響分析¹

張芳銘² 楊純明^{2,5} 洪國源³ 施意敏⁴ 許福星³ 卜瑞雄⁴ 金文蔚⁴

摘要：盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 為臺灣地區栽培最廣的牧草，然其產量與品質變動極劇，受到客觀的氣象環境影響十分深遠。本文研究乃在探討氣象環境對於盤固草生產之影響，嘗試釐清氣象變因與產量關係。根據農委會畜試所新化本所及新竹分所試區所調查之產量和所收集氣象資料統計分析結果，發現盤固草產量無法僅以單一氣象因子高低來解釋各生長季節及不同地點所造成之差異，而係多氣象因子引起的綜合影響，此亦彰顯氣象環境的複雜作用。經以累積每日平均氣溫 (X1)、累積降水量 (X2) 及累積日射量 (X3) 等三氣象變因之直線複回歸深入分析，顯示其與兩地盤固草於 1999~2000 年生長季節割刈之產量具有合理之複回歸關係， $Y = aX1 + bX2 + cX3 + d$ ，式中 Y 為單位面積產量 (鮮草產量與乾草產量)。此三項氣象變因對於產量變化的解釋除了新竹乾草產量 ($R^2 = 0.106$) 外，皆有不錯的解釋力 ($R^2 > 0.860$)，惜因各地之割期數過少 (新化本所五割期，新竹分所六割期)，P 值均超過 0.05。再以 Levene's 法將新化及新竹兩地鮮草產量合併分析後，獲得甚佳回歸分析結果，決定係數 (R^2) 達 0.854，P 值為 0.003，顯示此三項氣象參數組成之三變因直線複回歸程式適用於解釋盤固草鮮草產量。

關鍵詞：氣象因子、盤固草、牧草產量、複回歸分析。

前 言

芻料為草食動物的主要日糧，一般以可食性植物 (飼料作物) 為供應來源，養分不足部分再以精料補充之。泌乳牛羊等即需要均衡的芻料與精料，以維持泌乳及懷孕的營養需求。高品質的芻料，可以增加牛羊攝食量，進而維持動物的健康及增加胎數，乃畜牧之重要考量。優良芻料作物品種通常必須具備下列條件，包括：(1) 產量高、(2) 品質佳、(3) 嗜口性好、及 (4) 易調製成乾草、青貯料或半乾青貯料等特性。農委會畜產試驗所目前已選出的若干優良芻料作物品種，如狼尾草台畜草一號、二號，蘇丹草台畜草一號，盤固草之 A254 品系，尼羅草台畜草一號，埃及三葉草卡美種與大埔種，以及臺南區農業改良場及農業試驗所分別育成的青割玉米台南 19 號、21 號與台農三號等，這些作物各有其特性，可供農民依利用方式及當地氣候環境予以適當選植。

臺灣地區位於亞 (副) 熱帶地域，通常夏季高溫多濕，適合熱帶牧草的栽培生長，尤以禾本科之盤固草、狼尾草及青割玉米為主要栽培牧草⁽⁵⁾。豆科牧草在高溫多濕氣候環境下生長較受限制，所以臺灣少有大面積之栽培⁽⁵⁾。因此，目前國內生產之主要牧草栽植面積較多者有盤固草、狼尾草、青割

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2100 號。接受日期：91 年 3 月 23 日。
2. 本所農藝組助理、副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 行政院農委會畜產試驗所副研究員、研究員。臺灣省 臺南縣 新化鎮。
4. 行政院農委會畜產試驗所新竹分所助理研究員、副研究員及助理。臺灣省 新竹市。
5. 通訊作者；電子郵件：cm yang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

玉米、埃及三葉草等，其他如燕麥、蘇丹草、尼羅草、紅骨草（海雀稗）等，或依地區適應性，或因初推廣階段，僅有零星栽植，其中埃及三葉草、燕麥…等歸屬於短期冬季牧草。據此由氣象環境觀點，製作青貯料之青割玉米較適合中南部於秋冬季種植，豆科埃及三葉草適合中部多作季種植。多年生之高莖狼尾草（台畜草二號）於夏季草產量高，可製作青貯料，然於多雨季節無法適時收割，將因木質化而影響嗜口性。尼羅草台畜草一號形態與盤固草 A254 類似，但莖稈直立相互遮蔭較少，其全年生長較平均，雨季可製作青貯料，乾季則製作乾草^(8, 10)。多年生細莖型之盤固草（A254 品系）於春夏季生長快速，每隔 6-8 週即可收割一次，惟當多雨使無法適期採收時，下部葉片老化乾枯、莖稈黃化，愈晚收割色澤愈不佳且品質愈低劣；於秋冬雨量較少時，植株將不生長，並易感染銹病⁽¹⁾。

盤固草是臺灣地區主要栽培牧草之一，其栽培面積大於狼尾草、青割玉米及埃及三葉草，在 1999 年約有栽培面積 5,000 公頃，平均公頃產量約 50 公噸，年總產量約 25 萬公噸⁽⁹⁾。盤固草屬多年生禾本科牧草，性喜高溫多濕及長日照氣候，盛產期為每年 5 月至 10 月，每年可刈 3 至 5 次。其生長、產量及品質等均受氣溫、日照及降雨量等氣候因素的影響，尤其夏季牧草生長旺盛時，適逢雨季，對田間機械作業及乾草調製影響很大⁽⁸⁾。盤固草的最低生長溫度為 12.3 °C，因此秋冬乾旱季節牧草生長停滯，當有露水時則易誘發銹病孢子之繁殖生長，而使植株容易罹患銹病⁽⁸⁾。北部地區的盤固草以每年的四到九月為盛產期，冬季及早春則因溫度較低，盤固草生長停滯；南部地區之盤固草雖亦以夏天生長較速，但因冬季之氣溫尚容許盤固草繼續生長，在灌溉水充裕之處，因氣候乾燥及市場因素反而成爲該地區盤固草之主要生產季節⁽⁶⁾。牧草生產之品質與產量係隨著季節、割期等而變，在臺灣地區的生產環境下尤然⁽¹⁾。因此，盤固草若能適期收割及調製，將有較佳品質，惟其生長環境恰好是在多雨的春、夏季，常因而延遲收割，而其莖稈強韌不齊，切短時機械多磨損且不易均勻是其缺點⁽⁹⁾。

臺灣地區幅員雖然不大，但因各地區耕作制度及季節之差異，牧草生產期縱跨全年，所以品質無法以某單一季節之表現涵蓋^(1, 6, 10)。如何視氣象環境之變異機動調節刈時期獲取最佳的效益，有賴吾人對氣象環境變化規律上的歸納與瞭解。本計畫目的旨在探討氣象環境對於盤固草生產之影響，並試以利用多項氣象變因複回歸程式解釋盤固草鮮草產量，以供盤固草適地適作、栽培管理與決定刈割適期之參考。

材料與方法

本項田間試驗選擇位於臺南縣新化市之行政院農委會畜產試驗所本所（23°04'N, 120°26'E, 海拔 31 m）及位於新竹市香山之畜試所新竹分所（24°45'N, 120°54'E, 海拔 60 m）兩處之試驗農場進行，包括 1999 年及 2000 年之生長季節。新化本所計有 1999 年夏季、秋季及 2000 年春季、夏季、秋季等五個生長季，新竹分所則有 1999 年及 2000 年之春季、夏季、秋季等六個割期（表 1）。參試盤固草品系爲現行常用之 A254，新化之盤固草牧草地已栽培達十年，新竹之盤固草則已連續栽培三年，土壤質地都是砂質壤土。土壤酸鹼值在新化試區約 pH 4.8，新竹試區約 pH 5.1，均屬於酸性土壤。試驗場地被規劃成四個重覆試區，新竹分所每一個重覆試區 25 m² (5m × 5m)，新化本所每一重覆試區 1.2 ha，兩地之試區大小有相當差異。

兩地均依照各別長期使用之施肥方法，且不施用農藥。在新化本所試區，進行本項試驗之前於前期割刈後即施用臺肥一號複合肥料（N : P₂O₅ : K₂O = 20% : 5% : 10%，臺灣肥料公司，高雄市）100 kg ha⁻¹ 當基肥，以後於每一次生長季節割刈後施用尿素（臺灣肥料公司，高雄市）100 kg ha⁻¹，每二次生長季節割刈後施用磷肥（P₂O₅）50 kg ha⁻¹ 及鉀肥（K₂O）75 kg ha⁻¹。在新竹分所試區，進行試驗前施用臺肥一號複合肥料 400 kg ha⁻¹、磷肥 50 kg ha⁻¹、及鉀肥 75 kg ha⁻¹ 作爲基肥，每一生長季節割刈後施用尿素 200 kg ha⁻¹。除了天然降水外，牧草試區並未實施人工灌溉。在割刈後之植株生長初期，若發現雜草，即用手拔除以減少雜草對盤固草生長之干擾。

表 1. 試驗期間 (1999-2000 年) 於農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所進行之栽培季節

Table 1. List of the growing seasons of pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent.) at Hsinchu Branch Station and Hsinhua headquarters of Taiwan Livestock Research Institute during the experimental periods in 1999-2000.

Season	Experimental period	
	Hsinchu	Hsinhua
Spring, 1999	03/01/1999-05/18/1999 (79 days)	N.t. ^a
Summer, 1999	05/19/1999-07/21/1999 (64 days)	06/18/1999-09/02/1999 (77 days)
Fall, 1999	07/22/1999-09/14/1999 (55 days)	09/03/1999-12/10/1999 (99 days)
Spring, 2000	03/17/2000-05/16/2000 (61 days)	03/07/2000-05/04/2000 (59 days)
Summer, 2000	05/17/2000-07/18/2000 (63 days)	05/05/2000-08/19/2000 (107 days)
Fall, 2000	07/19/2000-09/19/2000 (63 days)	08/20/2000-12/18/2000 (121 days)

^a n.t., not tested.

兩試驗場地均在各生長季節接近開花之前割刈，新竹分所每一重複試區割取 1m² 小區產量，新化本所每一重複試區則割取 3 個 1m² 小區，再取其平均值。兩地皆取四重複試區之均值為該生長季節小區產量之代表值。割刈適期係依照慣行株高判斷法決定之，且均在植株開花前以人工割取小區產量，兩處場地採用相同標準。在鮮草產量稱取後，以 70 °C 烘乾超過 72 小時後再稱取小區乾物 (草) 產量。氣象因子之資料收集係直接取自新化本所一級農業氣象測站及新竹分所二級農業氣象測站之測值，由於一級及二級氣象測站所觀測之氣象因子不同，因此本文研究僅以兩氣象站皆有之每日平均氣溫 (Tair)、每日累積日射量 (Rad.)、及每日降水量 (Prec.) 等三項氣象參數進行統計分析，以探討此三項氣象因子對盤固草產量之影響。此三項氣象因子在預備試驗之資料分析上，顯示其與盤固草生產具有較密切之相關，其餘氣象因子中僅日照時數具有較密切之相關。統計分析係利用 SAS 統計軟體，將兩試驗場地割取之各生長季節小區產量 (包括鮮草產量與乾草產量) 及上述三項氣象參數進行複回歸分析 (multiple regression analysis) 及 t-檢定分析 (t-test)。

結果與討論

目前有關牧草產量與品質的預測研究略嫌不足，尤其品質之估測，尚無法據以有效控制牧草生產，而且文獻上發現之研究幾乎集中於溫帶牧草，如苜蓿、黑麥草、梯牧草等，模式之變因以氣象因子^(12, 15, 16, 23)、生育階段、成熟度或品質^(13, 14, 16, 19, 24)等為主，惟即使較廣為利用的模式亦常於再驗證時出現偏差^(16, 25)。盤固草是臺灣地區栽培最廣的牧草，然其產量與品質變動極劇，但除了以株高及收穫期做簡易割取判定依據之外^(1, 3)，針對收穫品質與產量預測或估測進行研究者甚少。雖然株高是極易觀測的性狀，目前也被當作盤固草的簡易收穫指標，但其變異較大，其驗證結果顯示準確度低於氣象因子所建立之預測式⁽⁷⁾。

臺灣北部地區的盤固草以每年 4~9 月為盛產期，冬季及早春則因溫度較低，盤固草生長停滯。南部地區之盤固草亦以夏天生長較速，但冬季氣溫緩和而容許盤固草繼續生長，在灌溉水充裕之處，因市場因素反成為該地區盤固草的主要生產季節⁽⁶⁾。然而，同一地點每年各季生長之牧草產量不盡相同，在固定栽培作法下，主要原因可能是氣象環境 (如氣溫、雨量、日射量等) 變化所致。表 2 列出本項試驗所調查 1999 年及 2000 年在農委會畜試所新化本所及新竹分所得之產量和所收集氣象資料整理結果，新化本所從 1999 年 6 月至 2000 年 12 月計有五個割期，新竹從 1999 年 3 月至 2000 年 12 月共 6 個割期。以單位面積產量 (kg m⁻²) 而言，不論鮮重及乾重，同一生長季節 (割期) 新竹分所單位面積產量都高於新化本所者，而兩場地多以夏季收割產量較高。由於新竹分所試區小於新化本所試區，其管理較為細緻，此可能為其產量較優原因之一。又經詳細比較，發現新化本所生產之鮮草產量以 1999 年夏割最高 (1.86 kg m⁻²)，乾草產量則以 2000 年秋割最高 (0.69 kg m⁻²)；新竹分所生產之鮮草產量以

表2. 試驗期間(1999-2000年)於農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所分別收集之氣象資料和小區牧草產量

Table 2. Data on climatic factors and forage yields (fresh-based and dry-based) obtained from experimental fields at Hsinhua headquarters and Hsinchu Branch Station of Taiwan Livestock Research Institute during the growing seasons of 1999 and 2000

Growing season	Forage yield (kg m ⁻²)	X1= Σ Tair ^y (°C)	X2= Σ Prec. ^z (mm)	X3= Σ Rad. ^z MJ m ²
Hsinhua				
Summer,1999	1.86 (Fresh)	2101.4 (27.3) ^y	1565.0 (20.3)	802.4 (10.4)
	0.68 (Dry)			
Fall,1999	1.16 (Fresh)	2412.1 (24.4)	269.0 (2.7)	919.8 (9.3)
	0.46 (Dry)			
Spring,2000	1.12 (Fresh)	1334.0 (22.6)	112.5 (1.9)	646.0 (10.9)
	0.30 (Dry)			
Summer,2000	1.48 (Fresh)	2919.3 (27.3)	1310.5 (12.2)	1272.9 (11.9)
	0.58 (Dry)			
Fall,2000	1.68 (Fresh)	2790.1 (23.1)	590.5 (4.9)	1085.2 (9.0)
	0.69 (Dry)			
Hsinchu				
Spring,1999	2.72 (Fresh)	1706.8 (21.6)	343.6 (4.3)	767.9 (9.7)
	0.81 (Dry)			
Summer,1999	3.14 (Fresh)	1841.8 (28.8)	468.5 (7.3)	943.1 (14.7)
	1.01 (Dry)			
Fall,1999	2.83 (Fresh)	1658.6 (30.2)	182.3 (3.3)	862.7 (15.7)
	1.51 (Dry)			
Spring,2000	2.64 (Fresh)	1310.5 (21.5)	318.7 (5.2)	604.8 (9.9)
	0.62 (Dry)			
Summer,2000	3.26 (Fresh)	1808.4 (28.7)	117.0 (1.9)	1019.0 (16.2)
	0.80 (Dry)			
Fall,2000	2.70 (Fresh)	1820.4 (28.9)	247.1 (3.9)	901.4 (14.3)
	0.77 (Dry)			

^y Mean daily figure across growing season.

^z Σ Tair: accumulated daily mean air temperature; Σ Prec.: accumulated precipitation; Σ Rad.: accumulated solar radiation.

2000年夏割最高(3.26 kg m⁻²), 乾草產量則以1999年秋割最高(1.51 kg m⁻²)。

在所收集之氣象因子方面, 累積氣溫於相同割期新化本所多高於新竹分所者(除2000年春割之外), 而兩場地以夏、秋兩割期之累積溫度較高。再細分比較時, 新化本所以2000年夏割最高(2919.3°C), 其次為2000年秋割(2790.1°C)及1999年秋割(2412.1°C); 新竹分所以1999年夏割最高(1841.8°C), 其次為2000年秋割(1820.4°C)及2000年夏割(1808.4°C)。由累積降水量比較, 同一割期兩地降水不一。予細分比較時, 新化本所以1999年夏割累積雨量最高(1565 mm), 2000年夏割(1310.5 mm)次之。新竹分所以1999年夏割最高(468.5 mm), 1999年春割(343.6 mm)次之。累積日照輻射量(日射量)以新化本所者略高於新竹分所者, 其中新化本所以2000年夏割最高(1272.9 MJ m⁻²), 2000年秋割(1085.2 MJ m⁻²)次之。新竹分所以2000年夏割最高(1019.0 MJ m⁻²), 1999年夏割(943.1 MJ m⁻²)次之。若比較各割期所調查氣象因子之季節平均值(累積值除以生長季節天數), 在相同割期新竹分所測得之

氣溫及日射量多高於新化本所測值（2000年春季除外），降水量則不一。顯然的，無論在新化本所或新竹分所試區，盤固草產量無法僅以單一氣象因子高低來解釋各生長季節及不同地點造成之差異，而係多氣象因子引起的綜合影響，此亦顯示氣象環境的複雜作用。

繼由圖1及圖2回歸分析結果，再彰顯出生長期間之累積每日平均氣溫 (accumulated main daily air temperature)、累積降水量 (accumulated precipitation) 及累積日射量 (accumulated solar radiation) 對盤固草生產之影響並非單純的線性趨勢，而係複雜的曲線相關，二次曲線回歸尚且不能適切的描繪出氣象因子與產量之關係。同時，單一氣象變因對產量之影響在新化與新竹地區並不一致，顯示兩地各有其複雜的氣象效應，於是乃以三變因之直線複回歸繼續深入分析。Frank and Hofmann⁽¹⁸⁾指稱，五種禾草之生長與其有效積溫呈線性回歸或曲線回歸關係，呈線性回歸者為 prairie junegrass (*Koeleria pyramidata*)、green needegrass (*Stipa viridula*) 及 needle and thread (*Pascopyrum simthii*)，而呈曲線相關者為 Blue grama (*Bouteloua gracilis*) 及 western weatgrass (*Pascopyrum smithii*)。根據這些關係可用來預測進行放牧的時期，同時也做為該等牧草生產之制度參考⁽⁸⁾。

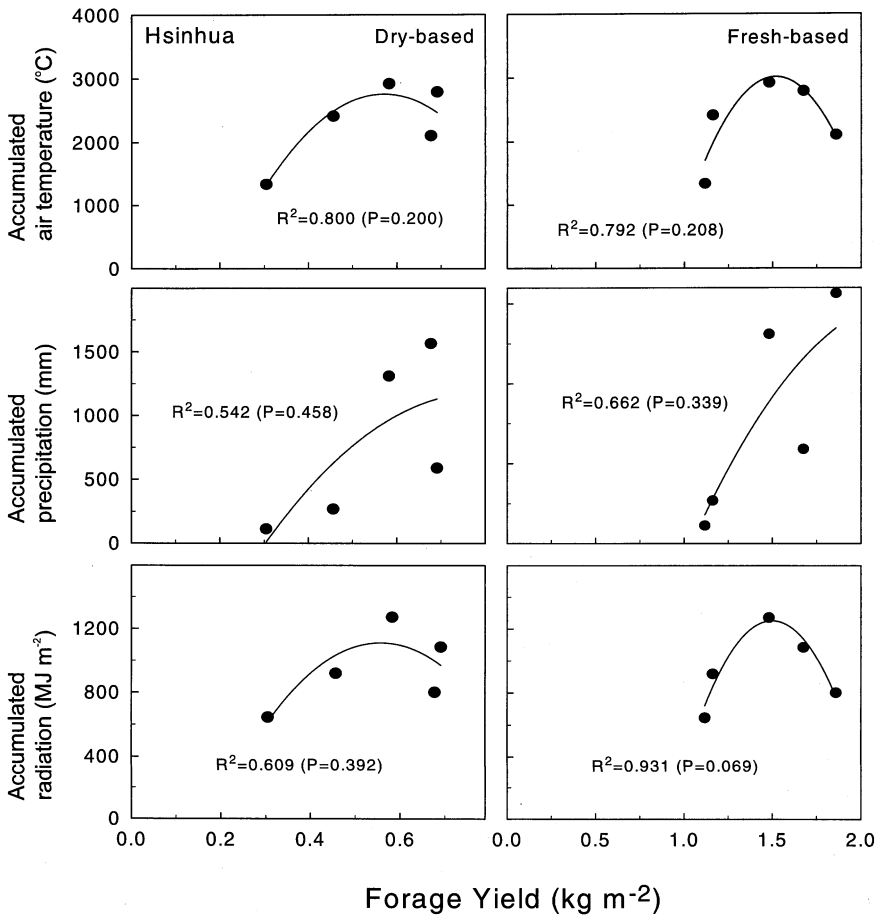


圖1. 氣象變因與新化地區盤固草牧草產量之相關。

Fig.1. Forage yield of pangolagrass in response to changes of climatic factors during the growing seasons of 1999-2000 at Hsinhua headquarters of Taiwan Livestock Research Institute.

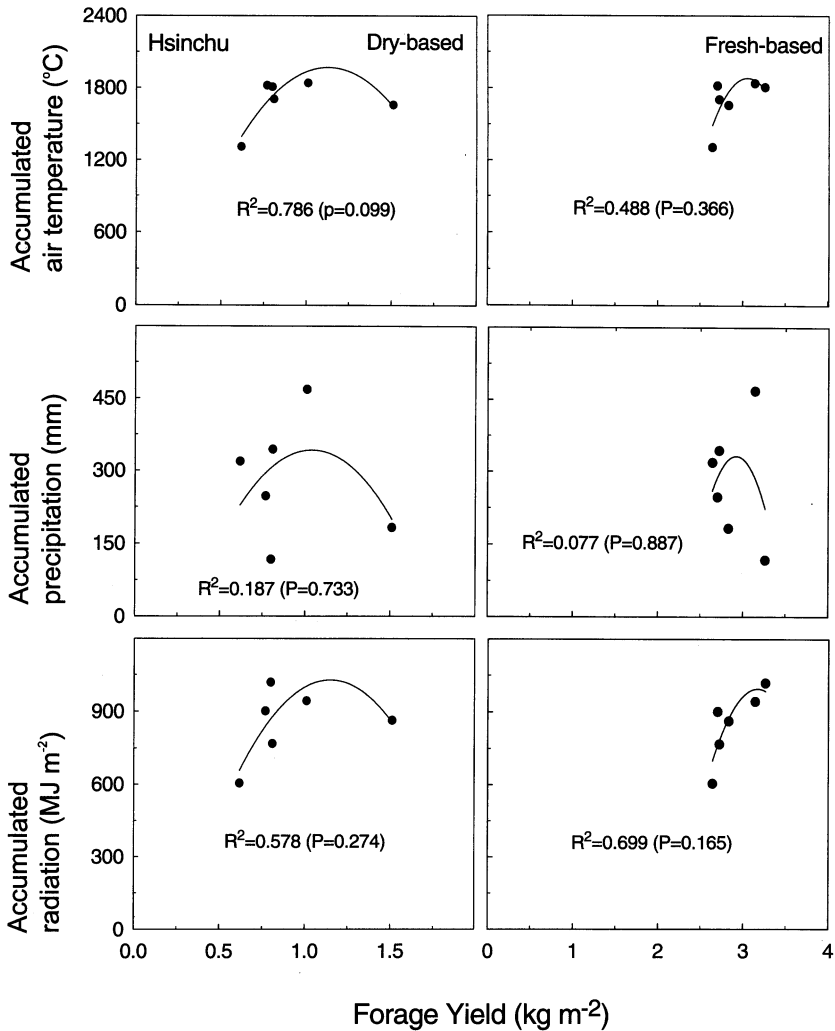


圖 2. 氣象變因與新竹地區盤固草牧草產量之相關。

Fig.2. Forage yield of pangolagrass in response to changes of climatic factors during the growing seasons of 1999-2000 at Hsinchu Branch Station of Taiwan Livestock Research Institute.

表 3 即為新化及新竹兩地之盤固草於 1999~2000 年生長季節割刈之產量與累積每日平均氣溫、降水量及日射量間求得之直線複回歸關係，表中式 $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + d$ 之 Y 為單位面積產量（鮮草產量與乾草產量）， X_1 為累積氣溫、 X_2 為累積降水量、及 X_3 為累積日射量。這三項氣象變因對於產量變化的解釋除了新竹乾草產量 ($R^2 = 0.106$) 外，皆有不錯的解釋力 ($R^2 > 0.860$)，惜因各地點之割期數過少（新化本所五割期，新竹分所六割期）， P 值均超過 0.05。許等⁽⁸⁾亦指出有效積溫、累積降雨量及日射量等氣象資料可以估算盤固草乾草產量。本研究再以 Levene's 法將新化及新竹兩地鮮草產量原始資料轉換成平均值的絕對偏差後，以 t -檢定 (t -test) 對兩樣本的平均偏差進行差異性顯著性測驗⁽⁹⁾，1998)，結果如表 4，顯示新化及新竹兩地試驗數據具有機差變方之均質性。因此，乃將兩地鮮草產量

表 3. 農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所之小區牧草產量與氣象變因之複回歸分析結果

Table 3. Summary of multiple regression analyses for relationships between forage yields (fresh-based and dry-based) and climatic factors [accumulation of daily mean air temperature (X1), precipitation (X2) and solar radiation (X3)]

Forage yield(kg m ⁻²)	Y=aX1+bX2+cX3+d				R ²	P
	d	a	b	c		
Hsinhua						
Fresh-based	-0.3496	-0.0005	-0.0007	0.0034	0.943	0.302
Dry-based	0.2285	0.0004	0.0001	-0.0008	0.862	0.462
Hsinchu						
Fresh-based	2.3179	-0.0017	0.0009	0.0038	0.874	0.183
Dry-based	0.5986	-0.0003	-0.0001	0.0010	0.106	0.965
Pooled						
Fresh-based	1.9573	0.0006	-0.0024	0.0005	0.854	0.003

資料予以合併分析，增加分析之樣本數。統計分析結果甚佳，決定係數 (R²) 達 0.854，P 值為 0.003 (表 3)。由此可知，累積每日平均氣溫、累積降水量及累積日射量等三項氣象參數組成之三變因直線複回歸程式適用於解釋盤固草鮮草產量。此一統計分析結果亦佐證如果再增加試驗調查割期次數，應可降低 P 值，彰顯回歸程式之適用性。另氣象因子對於新竹分所之乾草產量變異的解釋力如此低下，除了可能的取樣誤差之外，在乾燥調製過程亦可能有疏失。

在 ryegrass^(21, 22) 及 cocksfoot、paspalum⁽²²⁾ 的研究上，試驗結果指出 59 至 83 °F 氣溫範圍增溫並不增加產量，但若同時提高氣溫及日照時間將使牧草生長速率加快。一般而言，土壤溫度在 42 °F 以上牧草即可生長，若遇缺水，高溫反而將抑制牧草生長⁽²⁰⁾。Machusky and Holems⁽²⁰⁾ 又指出，牧草在 5、6 月間葉莖比較低，致使粗蛋白質含量降低，從高溫高濕之晚夏至初秋則生長迅速而使葉莖比增加且使粗蛋白質含量升高，迨開花後之冷涼繁殖期則生長迅速降低且粗蛋白質含量快速下降、纖維含量大幅增加，加上木質纖維含量高而使牧草消化率下降。由此可知，氣象環境的變化不僅改變生長速率，並將影響牧草品質，應予密切關注。

綜合本試驗結果，顯示累積每日平均氣溫、降水量及日射量等三項氣象變因可以大致解釋新化及新竹兩地盤固草的生產，盤固草的產量受到此三項氣象因子作用，單一氣象因子無法決定其生產。本項試驗所在之新化及新竹兩地，新竹地區的氣候特徵為雨量充沛，全年雨量分布均勻，無顯著乾季。

表 4. 農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所之小區牧草鮮產量合併資料 t-檢定結果

Table 4. The results of t-test using Levene's method for pooled data of fresh-based forage yield

Item	Hsinhua	Hsinchu
Mean	0.25530	0.21220
Variance	0.02160	0.01198
N	5	6
Pooled data		
Pooled variance	0.01626	
df	9	
t-test	0.55824	
P(T<=t) one tailed	0.29515	
t _{0.05}	1.83311	
P(T<=t) two tailed	0.59029	
t _{0.05/2}	2.26216	

且夏季通常高溫強光照多雨，使牧草生長迅速，產草量豐富。而每屆冬季時，由於氣溫甚低不適熱帶多年生盤固草生長，致使牧草生長趨緩或停滯。新化地區的氣候特徵則為乾、雨兩季明顯，乾季（冬季）恆長6-8個月，降水量多集中佔全年雨量80-90%之雨季（夏季），且夏季降水常為陣雨型式。本區如能於溫暖的冬季進行灌溉，牧草可大量生產，而勿需於夏季盛產期儲備乾草。又卜⁶報告指出，屬於C4型植物的盤固草長期生長於乾旱或土壤水分過於濕潤狀態下，皆不利於生長。因此，氣溫與日照之外，降水量或土壤含水量亦為生長影響因素，降水量不足或過度均屬不宜。由於影響盤固草之氣象因子變化難料，加上各項因子並非獨立，在全球氣候快速變遷趨勢下從事盤固草生產，確實不易獲得穩定的產量與品質，欲準確估測或預測實有困難。因此，未來包括盤固草在內的農作物生產策略，除了遵循適時適地適作原則之外，當加強農業氣象試驗研究並定期更新氣象觀測軟硬體，才能適時掌握氣象的週期變化應用於農業生產。

誌 謝

本文研究承蒙行政院農業委員會計畫經費（89科技-1.9-糧-01(1-5)）補助，特以致謝。

引用文獻

1. 卜瑞雄。1996。土壤水分含量對盤固草產量與成分之影響。畜產研究29(2): 123~128。
2. 卜瑞雄、施意敏、陳吉斌、陳茂墻。1993。不同割期對盤固草產量、化學成分及營養價值之影響。中畜會誌22: 373~386。
3. 李春芳、卜瑞雄、施意敏、陳茂墻。1991。盤固草A254 (*Digitaria decumbens*, A254) 不同生育期之營養價值。畜產研究27: 285~292。
4. 呂椿棠、呂秀英。1998。綜合變方分析的正確使用。科學農業46(3,4): 146~155。
5. 林路拾。1990。台灣牧草推廣之現況。台灣牧草研究及研討會專輯 pp.27~32。台南縣。
6. 陳嘉昇、成游貴、黃耀興、張溪泉、陳文。1997。盤固草酸洗纖維、中洗纖維及粗蛋白質影響因素之探討：季節、地區、基因型之相對效應。畜產研究30(3): 237~249。
7. 陳嘉昇、成游貴、王紓愨、顏素芬。2000。盤固草酸洗纖維、中洗纖維及粗蛋白質含量的預測。畜產研究33(1): 25~36。
8. 許福星、洪國源、鄭俊哲。1996。氣象因子及灌溉對盤固草生產力及乾草品質之影響。中華農業氣象3(4): 209~215。
9. 農業統計年報。1999。p.128。行政院農業委員會編印，臺北市。
10. 葉苗田。1976。牧草質量改進與增產。科學農業24(5-6): 236~253。
11. 葉苗田。1990。不同割期對盤固草品系產量及品質之影響。畜產研究23(1): 57~61。
12. Akin, D.E., S.L. Fales, L.L. Rigsby and M.E. Snook. 1987. Temperature effects on leaf anatomy, phenolic acid, and tissue digestibility in tall fescue. *Agron. J.* 79: 271~275.
13. Buxton, D.R., and G.C. Marten. 1989. Forage quality of plant parts of perennial grasses and relationship to phenology. *Crop Sci.* 29: 429~435.
14. Chereny, D.J.R., J.H. Chereny and R.F. Lucey. 1993. In vitro digestion kinetic and quality of perennial grasses as influenced by forage maturity. *J. Dairy Sci.* 76: 790~797.
15. Fales, S.L. 1986. Effects of temperature on fiber concentration, composition, and in vitro digestion kinetics of tall fescue. *Agron. J.* 78: 963~966.
16. Fick, G.W., and C.G. Jason. 1990. Testing mean stage as a predictor of alfalfa forage quality with growth chamber trial. *Crop Sci.* 30:678~682.
17. Fick, G.W., and D.W. Onstad. 1988. Statistic models for predicting alfalfa herbage quality from morphological or weather data. *J. Prod. Agric.* 1: 160~166.
18. Frank, A.B., and L. Hofmann. 1989. Relationship among grazing management, growing degree-days, and morphological

- development for native grasses on the Northern Great Plains. *J. Range. Manage.* 42:199-202.
19. Llamas-Lamas and D.K. Combs. 1990. Effect of alfalfa maturity on fiber utilization by high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73: 1069~1080.
 20. Maclusky, D.S., and W. Holmes. 1963. *Animal Health, Production and Pasture.* p.30. Chapter II. Grass and Management. Worden et al., eds. Longmans, New York.
 21. Mitchell. K. J. 1954. The Growth of Pasture Species. 1. Short Rotational and Perennial Rye Grass. *New. Zealand. J. Sci. Tech (A)*36: 193.
 22. Mitchell. K. J. 1955. The Growth of Pasture Species. 2. Perennial Rye Grass, Cocksfoot and Pasplum. *New Zealand J. Sci. Tech (A)* 37: 8.
 23. Onstard, D.W., and G.W. Fick.1983. Predicting crude protein, *in vitro* true digestibility, and leaf proportion in alfalfa herbage. *Crop Sci.* 23: 961~964.
 24. Reid, J.T., W. K. Kennedy, K.L. Turk, S.T. Slack, G. W. Trimberger and R. P. Murphy. 1959. Effect of growth stage, chemical composition, and physical properties upon the nutritive value of forage. *J. Dairy Sci.* 42: 576~571.
 25. Sanderson, M.A. 1992. Predictor of alfalfa quality: Validation with field data. *Crop Sci.* 32: 245~250.

Analysis of Climatic Factors on Forage Yield of Pangolagrass¹

Fang-Ming Chang², Chwen-Ming Yang^{2,5}, Kuo-Yuan Hong³,
Yih-Min Shy⁴, Fu-Hsing Hsu³, Ruey-Hsiung Buu⁴ and Wen-Wei King⁴

Summary

Pangolagrass (*Digitarium decumbens* Stent.) is one of the major forage crops cultivated in Taiwan. Both forage yield and quality of this crop are greatly affected by the fluctuations of climatic environment. The objectives of this study were to investigate the influence of climatic factors on forage yield of pangolagrass and to determine the relationships between the climatic variables and forage yield. Field experiments were carried out in the experimental fields at Hsinhua headquarter and Hsinchu Branch Station of Taiwan Livestock Research Institute during the growing seasons of 1999-2000. Data of forage yields from each plots and climatic factors (i.e., daily mean air temperature, daily precipitation, and daily irradiance) of each growing seasons were collected for analyses. The results indicated that forage yield of pangolagrass was not determined by single climatic factor but by the complex interactions of climatic factors in both sites. By multiple regression analysis, it was shown that forage yield could be expressed in a multiple linear regression equation: $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + d$, where Y is forage yield (fresh-based and dry-based) of small plot (kg m^{-2}), X1 is the accumulated daily mean air temperature, X2 is the accumulated daily precipitation, and X3 is the accumulated daily irradiance. The constants a, b, c, and d are site and season specific respectively. Except the dry-based yield from Hsinchu ($R^2 = 0.106$), the coefficients of determination (R^2) were all greater than 0.860. Due to the limited numbers of cutting (5 cuts from Hsinhua and 6 cuts from Hsinchu) for statistical analysis, the P value was all larger than 0.05. As the fresh-forage yields from two sites passed the t-test, data were pooled for further analysis. It showed that the determination coefficient reached 0.854 with the P value of 0.003.

Key words : Climatic factors, Pangolagrass, Forage yield, Multiple regression analysis.

1. Contribution No.2100 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by March 23, 2002.

2. Respectively, Research Assistant and Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Respectively, Associate Research Fellow and Research Fellow, Department of Forage Crops, Taiwan Livestock Research Institute, Hsinhua, Taiwan, ROC.

4. Respectively, Assistant Research Fellow, Associate Research Fellow and Research Assistant, Department of Forage Crops, Hsinchu Branch station, Taiwan Livestock Research Institute, Taiwan, ROC.

5. Corresponding author, E-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.