

高粱綜合性營養診斷¹

黃勝忠 蔡宜峰²

摘 要

將臺中地區高粱所有調查及營養分析資料共計436組，依產量高低分為兩組，即以產量5500公斤/公頃為界限，分為高產族群與低產族群，並進行統計分析，由高產族群導出高粱綜合性營養診斷基準值(DRIS norms)。

根據本基準值在高粱盆栽肥料試驗之營養診斷測試結果，顯示高粱綜合性營養診斷具有應用的可行性。

前 言

用土壤與作物營養狀況診斷，以指導農家施肥或土壤改良，乃是土壤肥料研究中最能回饋農業的一種具體工作。尤其是目前集約式的精緻農業，常由於肥料之投入多或連作，極易發生肥料過多或鹽基不平衡現象，以致產生生理障礙或環境公害。

由植體之營養分析，不但可以診斷作物要素不平衡狀況，亦可做為作物需肥推薦之參考。當今世界先進國家多已建立其自己的施肥推薦制度^(10,16)，而本省目前除甘蔗、柑橘、水稻外⁽¹⁾，尚未有一作物具備有完整的資料可尋。所以建立作物營養診斷系統，以營養診斷作為推薦施肥之依據，以達到增產或改進品質的目的，是迫切需要的。當前政府為紓解稻米生產過剩之問題，極力倡導稻田轉作雜糧及其它作物，而高粱亦為政府輔導轉作的作物之一，目前栽培面積22,000多公頃。本試驗擬就由收集之資料，建立高粱之綜合性營養診斷基準值，並根據此基準值，利用盆栽肥料試驗進行測試此系統的可行性。

材料與方法

一、高粱、N、P、K、Ca、Mg基準值的建立：

收集臺中地區的臺中5號高粱凡具有代表性的產量及植體營養分析資料，包括不同地點田間試驗和盆栽試驗。營養分析資料係以傳統方法分析植體葉片樣本中各種重要元素含量⁽¹⁾，並做土壤肥力分析，將所有資料建立資料庫(Data bank)，以供統計分析綜合性營養診斷基準值(DRIS norm)。

二、高粱、N、P、K複因子肥料試驗：

利用高粱臺中5號進行肥料三要素盆栽試驗，處理為氮肥4級：0、60、120、180 kg N/ha；磷肥2級：0、60 kg P₂O₅/ha；鉀肥為3級：0、45、90 kg K₂O/ha，3重複。氮肥為硫酸銨分3次施用，即於基肥，播種後25天及50天各施用1/3。磷肥為過磷酸鈣，全量做基肥，於播種前與土壤混合均勻。鉀肥為氯化鉀，分2次施用，即於基肥與播種後第25天各施用半量。生育期中適時等量灌水。每個栽培盆土壤15 kg，土壤肥力測定結果，質地為粘壤土，有機質3.35%，

¹臺中區農業改良場研究報告第 0126 號。

²臺中區農業改良場助理研究員及助理。

pH為7.8，有效性磷為26 $\mu\text{g/g}$ ，交換性鉀、鈣、鎂分別為67 $\mu\text{g/g}$ 、4565 $\mu\text{g/g}$ 、335 $\mu\text{g/g}$ ，游離性銅、錳、鋅、鐵分別12.8 $\mu\text{g/g}$ 、332 $\mu\text{g/g}$ 、9.5 $\mu\text{g/g}$ 、546 $\mu\text{g/g}$ 。每個栽培盆之高梁於播後一週間苗成4株。於抽穗期取樣2株供植體葉片營養分析⁽¹⁾，另2株做產量調查。

三、高粱三要素DRIS指標的計算：

利用上述肥料三要素盆栽試驗之植體葉片營養分析資料計算DRIS指標，而DRIS指標的計算式為^(2,10,16,17)。

$$N \text{ index} = [f(n/p) + f(n/k)]/2$$

$$P \text{ index} = [f(p/k) - f(n/p)]/2$$

$$K \text{ index} = -[f(p/k) + f(p/k)]/2$$

而 $f(n/p) = [(n/p)/(N/P) - 1] * 1000 / CV$ 當 $n/p > N/P$

或 $f(n/p) = [1 - (N/P)/(n/p)] * 1000 / CV$ 當 $n/p < N/P$

$f(n/k) = [(n/k)/(N/K) - 1] * 1000 / CV$ 當 $n/k > N/K$

或 $f(n/k) = [1 - (N/K)/(n/k)] * 1000 / CV$ 當 $n/k < N/K$

$f(p/k) = [(p/k)/(P/K) - 1] * 1000 / CV$ 當 $p/k > P/K$

或 $f(p/k) = [1 - (P/K)/(p/k)] * 1000 / CV$ 當 $p/k < P/K$

其中 $N/P=6.95$ 、 $N/K=1.01$ 、 $P/K=0.17$ 均來自高產族群的基準值(表一)。 n/p 、 n/k 、 p/k 係來自上述植體葉片營養分析之 $n\%$ 、 $p\%$ 、 $k\%$ 及其比值。 CV 為高產族群統計介量的變異係數(coefficient of variation)。因為DRIS指標是在比較各元素之相對變異量，所以 $N \text{ index} + P \text{ index} + K \text{ index} = 0$ 。

結果與討論

一、DRIS基準值之建立：

根據植體要素濃度做作物診斷甚為複雜，因為植體組織中要素濃度常隨生育期、取樣位而異，且常受環境因素，如耕作方式、氣候、土壤肥力及病蟲害等的影響⁽¹⁷⁾，而且要素間有互相平衡作用，所以只能由統計上選擇較為適宜的方法做為診斷的依據⁽¹²⁾。一般常見的作物需肥診斷系統有多種，如臨界值法(critical value)，足量範圍法(sufficiency range)，平衡指標系統(balance index system)，生化技術法(biochemical technique)及作物需肥綜合性診斷系統(DRIS)等，從已有的田間試驗結果得知，DRIS診斷方法的確比其它方法應用性較大，已應用在許多作物上，包括甘蔗^(3,6,14)、玉米^(4,6,7,12,13,14,15)、高粱^(6,17)、大豆^(6,10,14)、小麥^(6,11,15)、馬鈴薯^(6,8,14)、苜蓿⁽¹⁸⁾和果樹^(5,16)等，唯在我國尚正在多種作物進行測試此診斷系統的可行性。

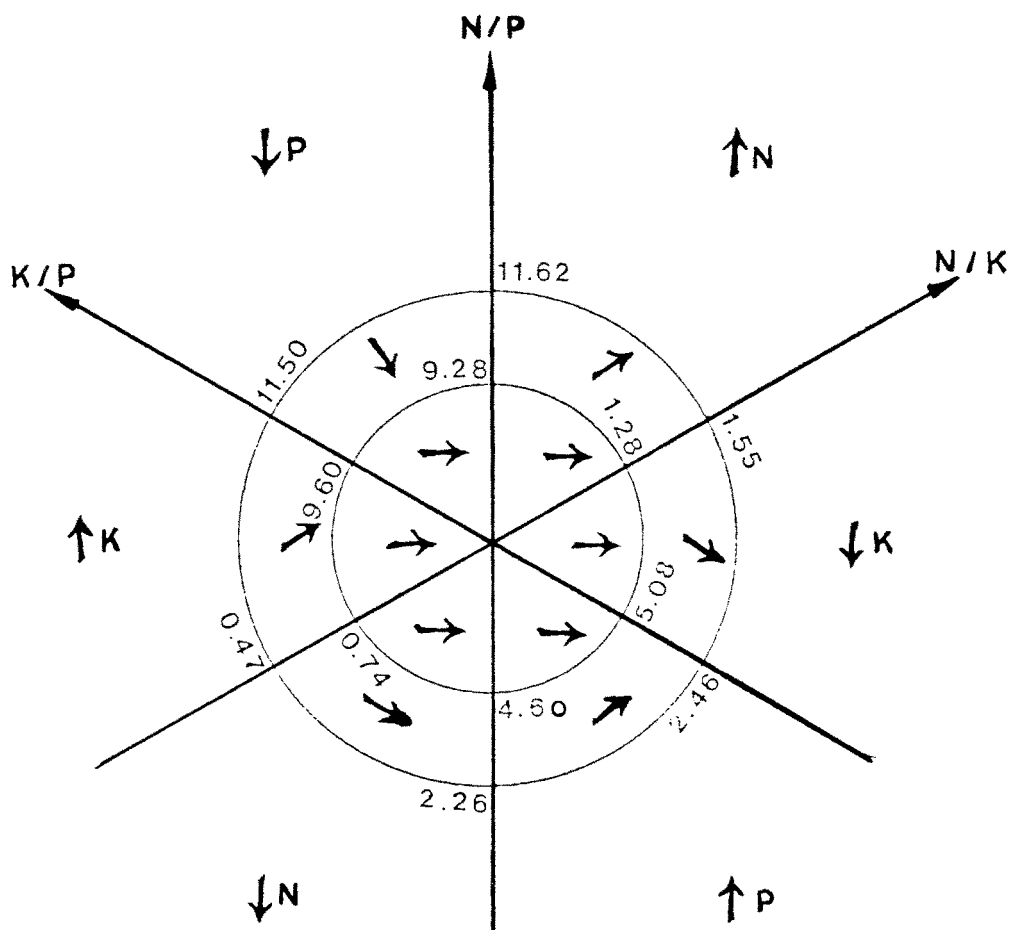
DRIS方法，係由Beaufils⁽²⁾提出，其方法是利用作物具有代表性的大量樣品，將所調查之資料建立資料庫，每一樣品應包括土壤和葉片分析資料，並有耕作方式、肥培管理及氣象資料各種記錄。資料庫之樣品應來自不同地區，不同栽培品種，而且包括田間試驗、試作和盆栽試驗。其次是將資料庫中之資料分為兩族群，如以產量為準，分為高產與低產族群。然後統計高低產兩族群中所有可能的兩種要素比值之平均(mean)、變方(variance)、標準偏差(standard deviation)及變異係數(coefficient of variation)，並進行X-test，證實高產與低產兩族群為常態分布。最後做兩族群變方 S_A^2 / S_B^2 值的F-test，取顯著的介量進行DRIS index之運算，或繪製DRIS圖以做為作物需肥診斷之依據。如F-test差異顯著的介值越多，則所得的DRIS index越可靠。

本高粱DRIS norm的建立，首先是收集臺中地區高粱臺中5號的產量與葉片營養分析資料，資料來源包括不同地區的田間試驗、試作及盆栽試驗。依據Beaufils及Summer的統計方法^(2,3)，首先將高粱產量高於5500 kg/ha者，分為高產族群，包括211個樣品；低於5500 kg/ha者為低產族群，包含225個樣品。接著統計高產與低產兩族群之統計介量，如平均、標準偏差、變異係數、並經 X^2 -test得知此兩族群為常態分佈。高產族群中所有可能的兩種要素比值的平均，即為高粱N、P、K、Ca、Mg之norm值(表一)。根據此norm值可進行DRIS指標之計算，亦可繪製DRIS圖(圖一)，以做為判定高粱需肥情形。

表一 高粱系統性診斷高產族群基準值

Table 1. DRIS norms for sorghum generated from independent data of high (>5500 kg/ha) yielding population of sorghum in Taichung area

Form of expression	No. of observations	Norms	CV (%)
N%	211	2.13	51
P%	211	0.31	23
K%	211	2.19	46
Ca%	211	0.49	49
Mg%	211	0.32	48
N/P	211	6.94	50
K/N	211	1.17	46
K/P	211	7.34	46
K/Mg	211	8.11	72
N/Mg	211	8.15	82
Ca/N	211	0.34	68
Ca/P	211	1.70	63
Ca/K	211	0.26	66
Ca/Mg	211	1.61	44
Mg/P	211	1.07	50
P/N	211	0.19	64
N/K	211	1.01	40
P/K	211	0.17	57
N/Ca	211	5.71	70
P/Ca	211	0.87	75
K/Ca	211	5.38	51
P/Mg	211	1.18	51
Mg/N	211	0.19	70
Mg/K	211	0.16	49
Mg/Ca	211	0.73	40



圖一 高粱系統性診斷三要素需求比率圖

Fig. 1. DRIS chart for the nutrient requirement of N, P, K in sorghum.

(Mean values at origin in chart are: $N/P=6.94$, $K/P=7.34$, $N/K=1.01$)

二、DRIS圖的應用

由圖一， N/P 、 K/P 、 N/K 之平均值，分別為6.94、7.34及1.01，此為高產族群的 μ ，構成圖中圓心，內圈直徑為 $4/3SD$ ，外圈直徑為 $8/3SD$ ， SD 即為此族群中 N/P 、 K/P 、 N/K 之標準偏差(SD)。若元素濃度之比值落在外圈以外，表示元素過多(\uparrow)或缺乏(\downarrow)，若落在兩圈之間表示元素稍多(\nearrow)或稍缺乏(\searrow)，若落在內圈以內表示元素適量(\rightarrow)。今以高粱肥料試驗之一葉片樣品： $N=1.12\%$ ， $R=0.343\%$ ， $K=2.19\%$ ， $N/P=3.26$ ， $K/P=6.38$ ， $N/K=0.51$ 。如依據圖一， N/P 及 N/K 均在兩圈之間，表示氮稍缺乏，則以 $N\searrow$ 表示之，又 K/P 在內圈以內，表示磷與鉀適量，即以 $P\rightarrow K\rightarrow$ 表示之，但磷與鉀的需肥順序仍可定為 $K>P$ ，所以此樣品可診斷三要素的需求程度為 $N>K>P$ ，而氮素稍缺乏。依此方法診斷作物的需肥程度，僅表示元素相對的需求程度，而無法表示出絕對需要量^(10,11,12)。

三、DRIS指標的計算

利用高粱臺中5號盆栽肥料三要素試驗，所測得之葉片 $N\%$ 、 $P\%$ 、 $K\%$ 含量與表一中之標

準值及CV值，依指標之計算式，求得本肥料試驗DRIS指標(表二)。指標的相對大小，即表示要素在組織中的相對濃度，因此由指標大小可以知道作物營養需求的順序。如N-P-K處理為0-1-2組合時，表示高粱三要素之需求序為N>P=K。當磷鉀肥處理固定時，氮肥由N0增加至N3，氮的指標值明顯的由極缺乏增加至適量，且產量隨氮肥用量之增加而增加。同理當氮磷肥固定時，鉀肥由K0增加至K2，則鉀指標值亦有與氮指標相同的變化趨勢。唯當氮肥固定時，磷肥由P0增加至P1之磷指標值變化不明顯，此可能表示高粱對磷肥的需求較少或高粱較不易顯示出磷肥的需求度。由高粱DRIS指標值與產量綜合觀之，顯示高粱三要素之施肥量以3-1-1或3-1-2兩種組合最佳，且可得最高產量。

表二 肥料三要素對高粱葉部營養，DRIS 指標及產量的影響

Table 2. Effect of fertilizer treatments on leaf composition, DRIS indices, and yield of sorghum

Treatment			Leaf composition (%)			DRIS index			Grain yield ¹
N	P	K	N	P	K	N	P	K	(g/m ²)
0	1	1	1.59	0.355	2.29	-24	13	11	195 ^c
1	1	1	1.30	0.247	1.71	-20	7	13	466 ^b
2	1	1	1.32	0.282	1.80	-10	2	8	557 ^a
3	1	1	2.07	0.329	1.74	-4	1	3	591 ^a
0	1	2	1.12	0.343	2.19	-26	13	13	227 ^c
1	1	2	1.08	0.274	2.11	-18	10	8	536 ^b
2	1	2	1.52	0.286	2.34	-8	-1	9	661 ^a
3	1	2	1.71	0.278	2.07	-3	0	3	703 ^a
3	0	0	1.45	0.272	1.75	-6	5	1	479 ^b
3	0	1	1.68	0.282	2.11	-5	2	4	641 ^a
3	0	2	1.43	0.237	1.99	-7	0	7	605 ^a
3	1	0	2.07	0.329	1.74	1	5	-3	594 ^b
3	1	1	1.71	0.278	2.07	-4	1	3	591 ^b
3	1	2	1.80	0.280	2.16	-3	0	0	703 ^a
3	0	1	1.68	0.282	2.11	-5	2	4	641 ^a
3	1	1	1.71	0.278	2.07	-4	1	3	591 ^a
3	0	2	1.43	0.237	1.99	-7	0	7	605 ^a
3	1	2	1.80	0.280	2.16	-3	0	3	703 ^a

¹ Means followed by same letter are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

由於DRIS的基準值的建立，是綜合各元素濃度的平均值，而影響作物要素濃度的因子和計算基準值的族群樣品，皆可能限制DRIS診斷的成功機率^(2,12)。所以族群樣品本應包括不同地點、不同試驗及凡具有代表性的資料。本試驗樣品僅收集自臺中地區，所以代表全省性的基準值尚待建立，何況目前高粱栽培品種僅為臺中5號，因為作物不同品種吸收要素的能力可能不同，要素濃度與產量間之關係亦可能不同，所以如有新的栽培品種，應重新建立包括此品種的新標準值。本DRIS診斷方法，係根據取樣高粱葉片分析之結果進行診斷，因為並非全株取樣分析，不易全盤反應土壤肥力狀況，診斷結果亦僅排列出要素的相對需求程度，尚無法提出要素的絕對需要量。況且DRIS診斷結果尚需與土壤肥力分析結果相配合。DRIS診斷系統是綜合各種因子而且採用大量樣品資料，以進行綜合性的作物需肥診斷，在統計過程中假設植物體中之各元素，係以一近於定值的比例或乘積在變動，並利用變異係數來平衡指標以減低不同生長期及取樣部位的影響⁽¹⁶⁾。所以雖然DRIS方法在診斷上有些缺點，但在目前各種作物診斷方法中，仍具有廣泛的應用性。

參考文獻

1. 張淑賢 1981 本省現行植物體分析法 p.53-59 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所編印。
2. Beaufils. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Soil Sci. Bul. 1, University of Natal, Pietermaritzburg. South Africa.
3. Beaufils and M. E. Summer. 1976. Application of the DIRS approach in calibration soil and plant parameters for sugarcane. Proc. South African Sugar Tech. Assoc. 50:118-124.
4. Elwall, A. M. O., G. J. Gascho, and M. E. Summer. 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. Agron. J. 77:506-508.
5. Kim, J. H. 1985. Leaf diagnosis for horticultural fertilizer management in Korea. FFTC EXT. Bull: No. 230.
6. Letzsch, W. S. and M. E. Summer. 1983. Computer program for calculating DRIS indices. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal. 14:811-815.
7. Letzsch, W. S. and M. E. Summer. 1984. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal. 15:997-1006.
8. Meldal-Johnsen, A. and M. E. Summer. 1980. Foliar diagnosis norms for potatoes. J. of Plant Nutrition. 2:569-576.
9. Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil analysis Part 2. 2nd ed. Agronomy. p.1159.
10. Summer, M. E. 1977. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. Agron. J. 69:226-230.
11. Summer, M. E. 1977. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for wheat, Commun. in Soil Sci. and Plant Anal. 8:149-167.
12. Summer, M. E. 1977. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal. 8:251-268.
13. Summer, M. E. 1977. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca, and Mg content and calculated DRIS indices. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal. 8:269-280.

14. Summer, M. E. 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agron. J.* 71:343-348.
15. Summer, M. E. 1981. Diagnosing the sulfur requirements of corn and wheat using foliar analysis. *Soil Sci. Am. J.* 45:87-90.
16. Summer, M. E. 1986. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. FFTC Ext. Bull. No. 231.
17. Summer, M. F., R. B. Reneau, E. E. Schulte, and J. O. Arogum. 1983. Foliar diagnostic norms for sorghum. *Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.* 14:817-825.
18. Walworth J. L., M. E. Summer, R. A. Isaac, and C. O. Plank. 1968. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the southeastern United States and a comparison with midwestern norms. *Agron. J.* 78:1046-1052.

Application of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) in Sorghum¹

S. C. Huang and Y. F. Tsai²

ABSTRACT

The data including yield and leaf nutrient compositions were collected from 436 observations of sorghum in a wide range of field conditions in Taichung area. The population of all observations was divided into a high (above 5500 kg/ha) and a low subpopulation on the basis of yield. DRIS norms were calculated from those leaf compositions of high-yielding population.

Based on the fertilizer experiment in pot, the results showed that the diagnosis could be made from the leaf analysis of sorghum. DRIS norms were enabled to diagnose whether N, P, or K was the most nutrient limiting factor to the production of sorghum.

¹. Contribution No. 0126 from Taichung DAIS.

². Assistant agronomist and assistant of Taichung DAIS.