

确定植株叶片营养诊断系统中标准值的数学模型

帅修富 王兴仁 张福锁

(中国农业大学植物营养系,北京 100094)

摘要: 假定植株叶片养分含量比值与其对应的标准值的欧氏距离与植株生物量或产量之间存在线性关系,由此数学模型可估计植株叶片养分含量比值的标准值。根据模型估计的标准值建立了诊断植株养分平衡状况的方法(称为改进的 DRIS 法),由此方法诊断结果与 DRIS 诊断结果基本吻合。

关键词: 改进的 DRIS 法; 叶片养分含量比值的标准值; 数学模型

中图分类号: S132

在利用植株叶片分析来诊断植株养分状况的方法中,最广泛研究和应用的方法是 DRIS(综合诊断施肥法)^[1,2]。该方法认为不同品种、不同生态环境下养分含量及其比值的标准值不会发生变化。因而可以将大量高产群体的植株叶片养分含量进行统计分析,得到这些养分含量或其比值的标准值^[3]。但是后来的研究表明不同品种、不同生态环境下植株叶片养分含量存在差异^[4,5]。这就使得原来的依赖于大样本统计分析方法失去了其合理性。如果对各种品种、生态环境下的标准值仍采用大样本统计平均的方法来确定,其困难程度是很大的。因此本文提出了建立在一定植物生理基础上的数学模型,由此模型简便地估计这些标准值。运用数学模型来估计标准值的方法目前国内外尚无报道。

1 数学模型的建立

DRIS 认为植株叶片养分含量的比值离相应的标准值越远,植株生物量或产量越低^[6]。因此可以依据叶片养分含量的比值与标准值之间的距离与产量之间的这种内在关系建立数学模型,从而来估计这些标准值。

假定植株叶片养分种类数为 m ,养分含量为 (X_1, X_2, \dots, X_m) ,养分含量比值 $X_1/X_2, X_1/X_3, \dots, X_1/X_m$ 所对应的标准值分别为 $R_{12}, R_{13}, \dots, R_{1m}$,则养分含量比值 X_i/X_j 所对应的标准值为:

$$R_{ij} = R_{1j}/R_{1i} \quad (1)$$

养分含量比值与其对应的标准值之间的欧氏距离为:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \left[\left(\frac{X_i/X_j}{R_{ij}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{R_{ij}}{X_i/X_j} - 1 \right)^2 \right]} \quad (2)$$

因为不同的养分含量比值表达式中叶片养分含量比值与相应的标准值之间的距离有所不同,因而模型中包括不同表达式时的距离。

假定作物生物量或产量(Y)与距离(D)之间存在的数学函数为简单线性关系:

$$Y = a + bD \tag{3}$$

可将一个试验中不同处理的叶片养含量与生物量或产量按模型(1)(2)(3)建模。

2 养分平衡状况的计算

用正割法进行非线性回归^[7,8],由模型拟合所得标准值,按下列方法计算养分平衡指数:

$$X_1 \text{ 指数: } I_1 = \frac{1}{(m-1)} \sum_{i=1}^m f(X_1/X_2)$$

$$X_2 \text{ 指数: } I_2 = \frac{1}{(m-1)} \left[-f(X_1/X_2) + \sum_{i=3}^m f(X_2/X_i) \right]$$

$$X_i \text{ 指数: } I_j = \frac{1}{(m-1)} \left[\sum_{i=1}^{j-1} -f(X_i/X_j) + \sum_{i=j+1}^m f(X_j/X_i) \right]$$

$$\text{其中 } f(X_i/X_j) = \begin{cases} \frac{X_i/X_j}{R_{ij}} - 1 & (X_i \geq X_j) \\ 1 - \frac{R_{ij}}{X_i/X_j} & (X_i < X_j) \end{cases}$$

根据养分平衡指数来解释养分的丰缺及其程度:(1)如果养分平衡指数为负,表明该养分缺乏;如果养分平衡指数为正,表明该养分过量。(2)养分平衡指数的绝对值越大,该养分的丰缺程度越大,即越不平衡。(3)通过养分指数的比较,可以诊断最缺乏的养分丰缺次序。

本研究建立的这种诊断方法称之为改进的 DRIS 法(下同)。

3 应用举例

以文[9]中表 3 的数据为例,包括元素为 N,P,K,S 四种。按模型(1)(2)(3)拟合所得标准值见表 1。

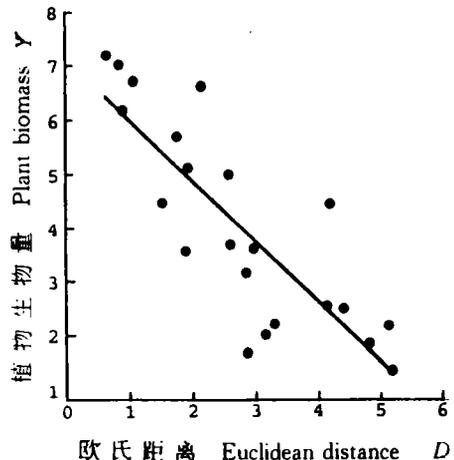
生物量(Y 与距离 D 的散点图及拟合直线见附图。Y 与 D 的回归方程为:

$$Y = 7.13 - 1.12D \quad (R^2 = 0.689^{***} \quad n = 22)$$

表 1 不同方法养分含量比值的标准值

Table 1 The norms of nutrient content ratios evaluated by the model above or from DRIS

养分含量比值表达式 Function	模型建立的标准值 Norms from model	DEIS 标准值 Norms from DRIS
N/P	7.1	12.74
N/K	1.2	1.45
N/S	15.0	14.7
P/K	0.17	0.114
P/S	2.1	1.15
K/S	12.4	10.0



附图 生物量与距离的散点图及拟合直线
Fig. The linear relationship between plant dry matter and euclidean distance

模型建立的标准值准确性的可按改进的标准值法通过对养分平衡状况的估计的准确性来评价。由改进的 DRIS 法及 DRIS 所得诊断结果(表 2)可见,改进的 DRIS 法所诊断的结果在多施入

该最缺元素后均能增加生物量,即诊断是正确性的,因而模型建立的标准值是准确的。

将表2中改进和DRIS法诊断结果与DRIS诊断结果进行比较,表明两者对第一位缺乏养分的诊断结果具有很高的一致性,达77.3%。

表2 用不同来源的标准值所得的NPKS元素诊断结果(平衡指数)的比较
Table 2 The results of diagnosing while using DRIS and Modified-DRIS method

处 理	Treatment			改理的 DRIS 法				Modified DRIS				DRIS				干物重 $g \cdot \text{盆}^{-1}$ Dry matter/ $g \cdot \text{pot}^{-1}$	
	N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K		S
1	1	1	1	1	-4	-4	-7	15	-35	24	-33	44					1.67
2	1	1	1	1	8	-17	2	7	16	-28	6	6					2.20
2	2	1	1	1	10	5	-14	-1	34	84	-84	-33					3.61
2	2	2	1	1	2	0	10	-12	-4	43	47	-86					4.98
2	2	2	2	2	2	-8	6	0	-7	-5	24	-12					5.69
2	2	2	3	3	2	-11	7	2	-9	-12	28	-7					6.58
2	3	2	3	3	-2	-2	5	-1	-28	25	24	-21					6.69
3	3	2	3	3	-1	-2	2	1	-22	22	10	-12					7.18
3	1	1	1	1	14	-25	3	8	34	-51	10	7					1.84
3	2	1	1	1	11	2	-11	-2	38	57	-62	-33					3.69
3	2	2	1	1	2	-6	4	0	-4	-1	19	-13					4.46
3	2	2	2	2	3	-9	4	2	-2	-9	18	-7					5.11
3	3	2	2	2	1	3	3	-2	-10	22	15	-27					7.00
1	3	1	1	1	-18	21	-14	11	-136	209	-101	28					2.16
2	3	1	1	1	6	9	-13	-2	12	114	-89	-37					3.51
2	3	2	1	1	-1	5	5	-9	-23	75	21	-73					3.57
2	3	2	2	2	-2	-1	4	-1	-26	30	20	-24					6.17
3	3	2	2	2	1	-2	3	-2	-11	22	15	-27					7.00
1	1	2	1	1	-5	-10	16	-1	-44	-11	75	-20					2.00
2	1	2	1	1	8	-22	15	-1	11	-48	64	-26					2.48
2	2	2	1	1	2	0	10	-12	-4	43	47	-86					4.98
1	1	1	3	3	-10	-11	-7	28	-69	-2	-22	93					1.35
2	1	1	3	3	10	-20	-3	13	20	-32	-13	25					2.53
2	2	1	3	3	8	2	-22	12	23	57	-109	29					4.43
2	2	2	3	3	2	-11	7	2	-9	-12	28	-7					6.58

4 讨论

在改进的DRIS法中,没有包含变异系数。实际上在DRIS中变异系数没有统计学上的意义,只能做为一种权重来理解。

本文可用单个肥料试验而不是大样本的统计分析来估计标准值,具有简单、快速的优点。从而为说明标准值是否存在基因型或生态型的差异提供了一种有效方法。

在距离的定义中可采用叶片养分含量与养分含量的标准值的欧氏距离(D),并假定作物生物量或产量(Y)与距离(D)之间存在简单线性关系。这种方法与叶片诊断中的标准值相似^[10],其局限之处在于没有考虑养分之间的相互作用,且受试验设计的影响。

参 考 文 献

- 1 Beaufils E R. Diagnosis and recommendation integrated system(DRIS). Soil Science Bull University of Natal, S. Africa, 1973
- 2 Walworth J L, Sumner M E. The diagnosis and recommendation integrated system(DRIS). In: Advances in Soil Science. Springer-Verlag New York, Inc. 1987, 6:149~188
- 3 Letxish W C, Sumner M E. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system(DRIS) norms. Commun Soil Sci Plant Anal, 1984, 15(9):997~1006
- 4 Andonva P, Kudrev T. Changes in the contents of N, P and K in the maize hybrids at different nutrient regims. In: Saric M R, Loughman B C des. Genetic aspects of plant nutrition. Martinus Nijhoff Publishers, 1983, 325~330
- 5 Zaharieva T. Genotypical difference in the chemical composition of maize plants grown on a calcareous cernozem. In: Gabelman W H, Loughman B C eds. Genetic Aspects of Plant Nutrition. Martinus Nijhoff Publishers, 1987, 317~321
- 6 Meyer J H. Advances in the interpretation of foliar analysis of sugarcane in the African Sugar Industry. Proc S Sfr Sugar Tech Assoc, 1975,49:1~9
- 7 高慧璇等. SAS 系统使用手册(三),SAS/STAT 软件. 北京大学出版社,1993, 64~75
- 8 方开泰. 实用回归分析. 北京:科学出版社,1988
- 9 Sumner M E. Diagnosing the sulfur requirement of corn and wheat using foliar analysis. J Soil Sci Soc Am, 1981, 45:87~90
- 10 Kenworthy A L. Plant analysis and interpretation of analysis for horticulture crops. In: Soil testing and plant analysis. Part I. SSSA Special Publ. Series No. 2. Soil Sci Soc Amer, Madson, Wis, 1967, 59~75

A Model for Determining the Norms of Foliar Nutrient Diagnosis

Shuai Xiufu Wang Xingren Zhang Fusuo

(Dept. of Plant Nutrition, CAU, Beijing 100094)

Abstract: Assumed the linear relationship between the plant dry matter and the Euclidean distance which is defined as the distance between the foliar nutrient concentration ratios and their norms, a mathematical model had been proposed to estimate these norms. In order to test the accurate of the norms estimated by the models, a modified DRIS method is suggested to diagnose nutrient status of the plants with data of chemical analysis of leaf materials. The results from the modified DRIS(m-DRIS) are reasonable when it is used to diagnose the nutrient status, since they are coincident with those from DRIS.

Key words: modified DRIS; norms of foliar nutrient concentration ratios; mathematical model