

土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中的作用

周礼恺 张志明 曹承绵

(中国科学院林业土壤研究所)

土壤酶学的研究,从一开始便与土壤肥力的研究紧密地结合在一起。本世纪五十年代初, Hofmann^[5] 提出了用土壤的酶活性作为衡量土壤的生物学活性和生产力的指标。其后, Lajudie 与 Pochon^[6] 指出,根据土壤蛋白酶活性进行的分类,能较好地反映土壤的表观肥力。 Moureaux^[9] 在研究了許多土壤的转化酶活性后,也提出了类似的见解。 Куревич^[11] 根据自己的工作,反复强调了酶活性与土壤肥力的直接相关,并建议将这种相关用于实际的目的。

但是,不少学者也提出了不同的见解。早在 1954 年, Коэфф^[7] 曾指出,在酶活性与营养水平间不存在紧密的相关。 Дробник^[13] 指出,土壤酶活性不能全面地反映土壤的生物学状况,从而不能作为评价土壤肥力水平的标准。 Дараган-Сушчева 与 Кацнелсон^[12] 也得出了类似的结论。

产生这种争议的主要原因,看来是对土壤异质性所决定的土壤酶的特殊性缺乏充分的估计。我们^[2,3]对黑土、草甸黑土和棕壤进行的研究表明,在土壤中,酶主要是以酶-有机质复合体的形式存在,其中绝大部分都和土壤腐殖物质的存在状况及碳、氮状况显著相关,不同酶类间也存在一定的相关性。基于土壤酶的这些特性,在评价土壤的肥力水平时,也许应更多地考虑土壤酶活性的总体,而不应只着眼于各个单一酶类的活性。因此, Howard^[6] 的见解是有道理的:随着土壤酶学研究的不断进展,在获悉了更多的必要参数和相关关系后,用土壤酶活性作为土壤的肥力指标是完全可能的。我们认为,最好是用与土壤主要肥力因素有关的、分布最广的酶活性的总体,来表征土壤的肥力水平。本文拟运用聚类分析的方法^[1,4,10]来论证土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中的重要作用。

一、材料与方 法

(一) 供试土壤及其编号

1. 黑土和草甸黑土 (1) 荒地(深厚黑土); (2) 1964 年开垦地(深厚黑土); (3) 1950 年开垦地(深厚黑土); (4) 本世纪四十年代开垦地(深厚黑土,在 1958 年进行了深翻和大量施肥); (5) 本世纪四十年代开垦地(深厚黑土); (6) 和 (7) 中厚黑土,二者均为开垦了一百余年的人工培肥地,前者的肥力水平略高于后者; (8) 开垦百余年的浅层黑土; (9) 荒地(草甸黑土); (10) 1960 年开垦地(草甸黑土); (11) 1956 年开垦地(草甸黑土)。

2. 棕壤 (1) 辽宁省昌图县棕壤肥地; (2) 辽宁省昌图县棕壤瘦地; (3) 山东省泰安市棕壤肥地; (4) 山东省泰安市棕壤瘦地; (5) 辽宁省金县棕壤肥地; (6) 辽宁省金县棕壤瘦地; (7) 河北省

遵化县棕壤肥地；(8) 河北省遵化县棕壤瘦地。

所有供试土壤均取表土层进行土壤理化及生物化学分析。

(二) 进行土壤物理、土壤化学及土壤生物化学测定的项目

1. 黑土和草甸黑土 腐殖质、胡敏酸、活性胡敏酸、全氮、水解氮、全磷、速效磷、阳离子代换量、物理性砂粒、过氧化氢酶、多酚氧化酶、转化酶、脲酶、碱性磷酸酶和中性磷酸酶。

2. 棕壤 腐殖质、全氮、全磷、盐基饱和度、容重、毛管孔隙、凋萎含水量、田间有效持水量、过氧化氢酶、多酚氧化酶、转化酶、蛋白酶、脲酶和磷酸酶。

(三) 聚类分析的方法

1. 数据的规格化变换

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

$i = 1, 2, \dots, N$ (样本数);

$j = 1, 2, \dots, \nu$ (变量个数)

式中 \bar{x}_j —— j 变量平均数;

s_j —— j 变量的标准差;

x_{ij} ——原始数据;

x'_{ij} ——经规格化后的新数据。

经过这样的变换后,使每个变量均处于同一量度。

2. 求样本 i 与 k 间的距离系数

$$d_{ik} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{\nu} (x_{ij} - x_{kj})^2}{\nu}}$$

$i, k = 1, 2, \dots, N$;

式中 x_{ij} 和 x_{kj} 分别为第 i 个和第 k 个样本的第 j 个变量的测定值(经规格化变换); N 为样本数; ν 为变量数。

3. 用类平均法定义类与类间的距离

$$D_{ij}^2 = \frac{n_p}{n_r} D_{ip}^2 + \frac{n_q}{n_r} D_{iq}^2$$

式中 D_{ij} ——类 G_i 与 G_r ($\{G_p, G_q\}$) 的距离;

n_p, n_q ——类 G_p, G_q 中的样本数;

n_r —— $n_p + n_q$ 。

所有的运算均用本所的 α -80 电子计算机进行。

4. 用聚类图表示聚类分析的结果。

二、结果与讨论

根据土壤理化分析和土壤酶活性测定的结果,对黑土(包括草甸黑土)和棕壤的肥力状况分别进行了聚类分析。

从图 1、2 可以看出, 根据土壤理化分析与土壤酶活性测定结果分别对黑土和草甸黑土的肥力状况进行的聚类分析, 结果极为相近。

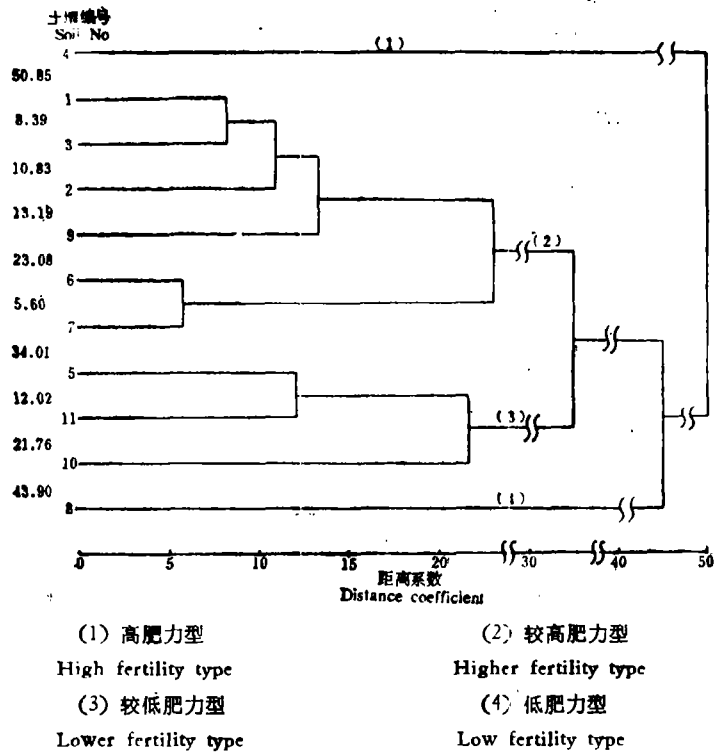
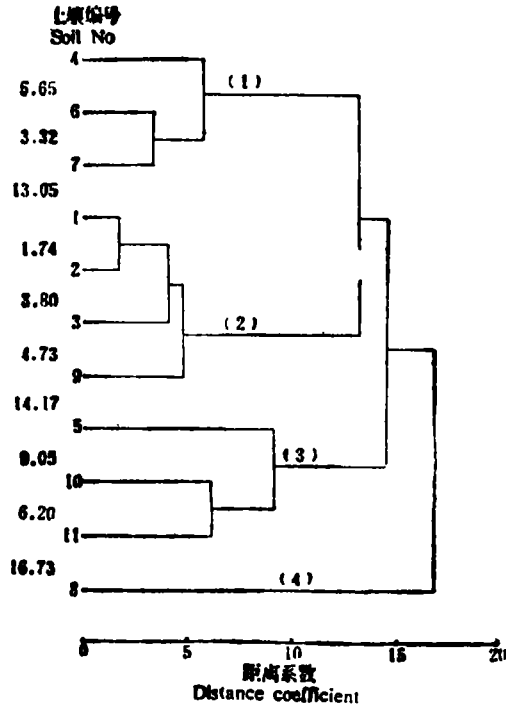


图 1 根据土壤理化分析结果对黑土和草甸黑土的肥力状况进行的聚类分析(规格化数据)

Fig. 1 Cluster analysis of the fertility status of black soil and meadow black soil according to the results of soil physical and chemical analyses (standardized data)

4 号土是经过深翻和大量施用了有机和无机肥料的深厚黑土;近廿多年来,作物产量一直保持着较高水平。1、2 及 3 号土分别为深厚黑土的荒地和开垦年限较短的耕地。根据我们的研究,在荒地开垦初期,由于土壤生物学活性的增强,肥力水平略有提高;只是在稍后的时期里,若未进行适当的耕作和施肥,肥力水平才开始下降。9 号土为草甸黑土的荒地。因此,1、2、3 及 9 号土均具有自然肥力较高的荒地和新垦荒地的特征。6 与 7 号土为多年垦殖的中厚黑土;它们一直处于集约经营的情况下,有较高的潜在肥力和有效肥力。10 与 11 号土为开垦年限不长的草甸黑土;与相应的深厚黑土相比,尽管耕作制度相似,但由于自然条件的差异,其肥力水平较低。5 号土为开垦年限较长的深厚黑土,由于长年不施肥,腐殖质含量下降至 3% 左右,肥力水平亦较低。8 号土是开垦百余年的浅层黑土,耕作粗放,很少施肥,在供试的黑土中,是肥力水平最低的。

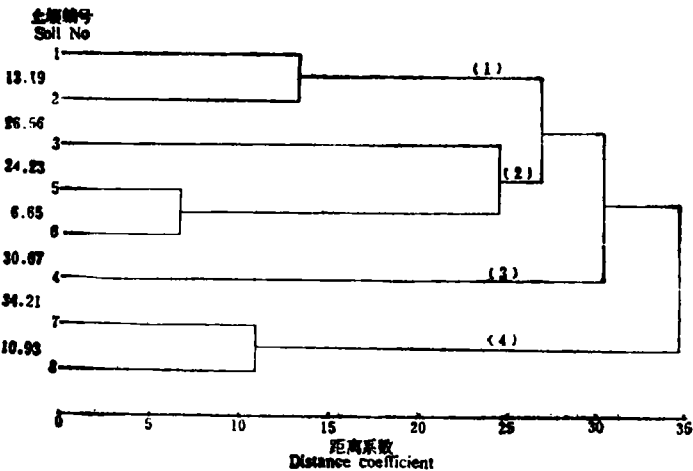
由上所述,根据实验室测定和野外调查的结果,结合聚类分析,我们可将黑土和草甸黑土的肥力状况分为四类:腐殖质层较厚、集约经营及具有荒地和开垦荒地特征的和较肥的土壤;腐殖质层虽然较厚但长期进行不合理的垦殖及腐殖质层较薄的较瘦和瘦的土壤。



(1) 高肥力型 (2) 较高肥力型 (3) 较低肥力型 (4) 低肥力型
High fertility type Higher fertility type Lower fertility type Low fertility type

图 2 根据土壤酶活性的测定结果对黑土和草甸黑土的肥力状况进行的聚类分析(规格化数据)

Fig. 2 Cluster analysis of the fertility status of black soil and meadow black soil according to the results of soil enzyme activity determinations (standardized data)



(1) 高肥力型 (2) 较高肥力型 (3) 较低肥力型 (4) 低肥力型
High fertility type Higher fertility type Lower fertility type Low fertility type

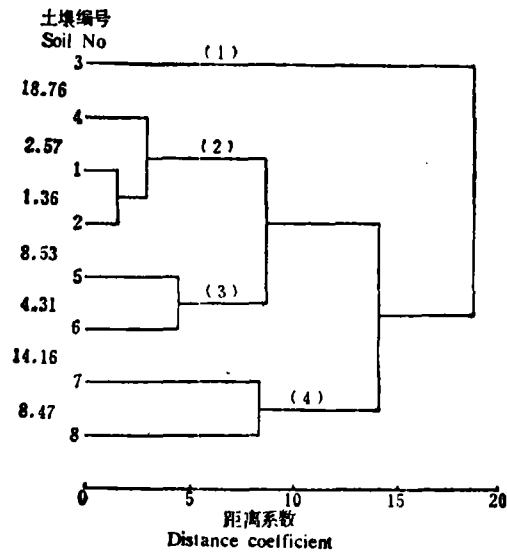
图 3 根据土壤理化分析结果对棕壤的肥力状况进行的聚类分析(规格化数据)

Fig. 3 Cluster analysis of the fertility status of brown earth according to the results of soil physical and chemical analyses (standardized data)

图 3 与 4 分别为根据土壤理化分析和土壤酶活性测定结果对棕壤的肥力状况进行的聚类分析。

从图 3、4 可以看出, 根据土壤理化分析与土壤酶活性测定结果分别对棕壤的肥力状况进行的聚类分析, 结果也很相近。我们的实验室分析和实地观测的结果均表明, 供试棕壤的肥力水平按下列顺序而减低: 昌图棕壤 \approx 泰安棕壤 $>$ 金县棕壤 $>$ 遵化棕壤。聚类分析的结果同样有益于指出这一点。

因此, 用土壤酶活性的总体来表征土壤的肥力水平, 至少对黑土、草甸黑土和棕壤说来, 是完全可能和可行的。



(1) 高肥力型 (2) 较高肥力型 (3) 较低肥力型 (4) 低肥力型
High fertility type Higher fertility type Lower fertility type Low fertility type

图 4 根据土壤酶活性的测定结果对棕壤的肥力状况进行的聚类分析(规格化数据)

Fig. 4 Cluster analysis of the fertility status of brown earth according to the results of soil enzyme activity determinations (standardized data)

三、结 束 语

在我们先前的工作中,曾应用单变量和双变量的统计分析方法,指出了黑土、草甸黑土和棕壤的各种酶的活性与相应土壤肥力因素的相关性,从而肯定了它们在表征土壤肥力水平中的一定作用。但是,个别酶的活性较难全面地反映土壤的整体肥力水平。用与土壤主要肥力因素有关的、分布最广的酶活性的总体对土壤的肥力状况进行聚类分析,应能有助于将不同肥力水平的土壤进行分类,并在此基础上提出土壤培肥的指标。这一推断在本工作中得到了初步的证实。我们深信,随着土壤酶学研究的不断深入和发展,根据土壤酶活性的总体对土壤的肥力水平进行数量化分类是完全可能和可行的。

参 考 文 献

[1] Anderberg, M. B., 1973: Cluster analysis for applications, Academic Press.

- [2] Chen, E. F., Zhou, L. K. et al., 1982: An approach to the essence of soil fertility. *Z. Pflanzenernahr., Dung., Bodenk.*, 145: 207.
- [3] Chen, E. F., Zhou, L. K. et al., 1983: Fertility levels of brown soils in northeastern China. *Geoderma*, in print.
- [4] Hartigan, J. A., 1975: Clustering algorithms. John Wiley & Sons.
- [5] Hofmann, E., 1952: Enzymreaktionen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. *Z. Pflanzenernahr., Dung., Bodenk.*, 56(101): 68.
- [6] Howard, P. J. A., 1972: Problems in the estimation of biological activity in soil. *Oikos*, 23: 235.
- [7] Koepf, H., 1954: Investigations on the biological activity in soil. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 98: 289.
- [8] Lajudie, J. and Pochon, J., 1956: Studies on the proteolytic activity of soils. *Trans. VI Int. Soil Sci. Congr.*, C: 271.
- [9] Moureaux, C., 1957: Biochemical tests on some Madagascar soils. *Mem. Inst. Sci. Madagascar*, 8: 225.
- [10] Wishart, W., 1969: An algorithm for hierarchical classification. *Biometrics*, 25: 165.
- [11] Купревич, В. Ф., 1958; Вопросы почвенной энзимологии. *Вест. АН СССР.*, 4: 52.
- [12] Дараган-сушчева, А. Ю. и Кэцнелсон, Р. С., 1963: Влияние логовых трав на ферментативную активность почв. *труды Бот. Инст. АН СССР. сер. 3 (14)*: 160.
- [13] Дробиник, Я., 1957: Изучение Биологических превращений органических веществ в почве. *Почвоведение*, 12: 62.

ON THE ROLE OF THE TOTALITY OF SOIL ENZYME ACTIVITIES IN THE EVALUATION OF THE LEVEL OF SOIL FERTILITY

Zhou Likai, Zhang Zhiming and Cao Chengmian
(*Institute of Forestry and Soil Science, Academia Sinica*)

Summary

With the cluster analysis method, the role of the totality of soil enzyme activities in the evaluation of the level of soil fertility is discussed.

Studies on black soil, meadow black soil and brown earth show that it is rather possible and feasible to evaluate the level of soil fertility with the totality of soil enzyme activities.