

文章编号: 1008-9209(1999) 04-0378-05

土壤肥力综合评价初步研究

吕晓男¹, 陆允甫², 王人潮¹

(1. 浙江大学 农业遥感与信息技术应用研究所, 浙江 杭州 310029; 2. 浙江省农业科学院 土壤与肥料研究所, 浙江 杭州 310021)

摘 要: 利用相关分析和模糊数学原理, 选用浙江省低丘红壤的 7 项肥力指标进行红壤肥力的综合评价, 根据作物效应曲线建立肥力指标的隶属度函数, 并计算出隶属度值。根据各指标值之间的相关系数大小确定各指标的权重系数, 进一步求得土壤肥力综合指标 (IFI), 并用 38 个玉米田间试验的产量检验评价结果的可行性。统计结果表明 IFI 与玉米产量之间达到显著相关水平, 说明综合评价结果能较好地反映土壤肥力状况。

关 键 词: 红壤; 土壤肥力; 综合评价; 玉米
中图分类号: S158. 3 **文献标识码:** A

LÜ Xiao-nan¹, LÜ Yun-fu², WANG Ren-chao¹ (1. *Inst. of Remote Sensing & Information System Application, Zhejiang University, 310029, China*; 2. *Soil and Fertilizer inst., Zhejiang Academy of Agricultural Science, Hangzhou 310021, China*)

Preliminary studies on the integrated evaluation of soil nutrient fertility. Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.), 1999, 25(4): 378~ 382

Abstract Based on the correlation analysis and fuzzy mathematics, the integrated evaluation of soil nutrient fertility was studied with seven indexes, organic matter, total N, available N, total P, available P, slowly available K and available K. S-type membership functions was developed according to their effect on plant and the function value were also calculated. The weight value for the fertility indexes were calculated with the method of correlation coefficient. Finally, the IFI (Integrated Fertility Index) was calculated and further tested by corn yield from 38 field experiments. Results showed that INFI was significantly correlated ($P= 0. 05$) with corn yield, and the evaluation results of integrated soil nutrient can well reflect soil fertility in some extent.

Key words red soil; soil fertility; integrated evaluation; corn

自 1840 年李比西创立植物矿质营养学说以来, 在有关土壤肥力的研究中, 大多侧重于土壤营养物质的贮量及其有效性研究^[1]。由于对土壤肥力这一科学概念缺乏严格的定义, 缺少量化的指标, 使对土壤肥力的认识尚停留在感性认识阶段, 因此, 常用 N、P、K 和有机质等养

分含量的多少来衡量土壤肥力高低, 也习惯于直接将大田产量作为衡量土壤肥力的标准^[2]。无疑, 土壤养分是土壤肥力的核心部分, 而且我国各主要土类已有土壤养分的丰缺标准^[3], 并对土壤综合肥力评价也进行了一些研究, 提出了土壤肥力的分级法和评分法^[4]。近年来, 越来越多的人把聚类分析、因子分析和模糊数学应用于土壤肥力的综合评价, 并通过对大量信息的处理, 得出反映土壤肥力高低的综合性指

收稿日期: 1998-06-30
作者简介: 吕晓男 (1964-), 男, 浙江东阳人, 博士, 从事土壤肥料研究工作。

标^[5, 6]。但是,土壤参评因素的选定,各肥力因子分级指标的划分,权重系数的确定等等在国内尚无统一的标准。现在,大多数研究还是局限于人为地划分土壤肥力等级指标和相应的权重系数,把各肥力因素得分之和用来表示土壤肥力的高低。这样,评价结果的准确性很大程度上取决于评价者的专业水平,因此主观性和随意性较强。为了使土壤肥力评价趋向于标准化和定量化,我们应用相关分析和模糊数学的原理,以 38个玉米田间试验的 7项土壤养分指标,对红壤养分肥力进行数值化综合评价,并用玉米产量检验土壤肥力综合评价的结果。

1 研究材料和参评肥力指标选择

38个玉米田间试验分布于浙江省低丘红

壤地区的衢州市、金华市、兰溪市、东阳市、义乌市等。供试土壤为发育于第四纪红土母质上的低丘红壤旱地,玉米田间试验设不施肥 CK和全肥氮磷钾(NPK)2个处理,3次重复。NPK处理肥料用量为 N 187.5 kg/hm², P₂O₅ 75 kg/hm²和 K₂O 150 kg/hm²,各试验点生产管理措施基本一致。考虑到土壤养分元素很多,但与作物生长关系最大的是 C、N、P和 K这 4种元素,而且这几种营养元素的分析数据又相对容易获取。兼顾作物养分元素的重要性和可取性,选用田间试验土壤的有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷(Bray 法)、缓效钾(1 mol/L HNO₃提取)和速效钾 7项肥力特性作为红壤肥力综合评价的参评指标,并用 Foxpro 2.5 b 软件建立土壤养分含量数据库。原始土壤肥力指标测定值和玉米产量汇总于表 1。

表 1 土壤肥力指标测定值和玉米产量
Table 1 The value of single soil fertility index and corn yield

编号 No.	有机质 (g/kg)	全 氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	全 磷 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	玉米产量 (kg/hm ²)	
								NPK	CK
2-01	15.8	1.00	118	0.40	2	280	104	4 413.0	1 306.5
2-02	11.6	0.82	92	0.27	1	277	102	5 508.0	1 200.0
2-03	16.1	1.08	124	0.42	17	418	245	7 102.5	4 740.0
2-04	6.8	0.56	61	0.20	4	319	165	3 678.0	1 635.0
2-06	16.3	0.98	98	0.31	16	691	313	8 431.5	5 013.0
2-07	10.7	0.69	88	0.26	9	259	76	3 786.0	985.5
2-08	12.2	0.78	93	0.28	26	403	174	5 928.0	2 520.0
2-09	14.8	0.94	93	0.36	5	256	68	5 553.0	2 143.5
2-10	13.4	0.85	94	0.21	4	364	160	4 044.0	1 461.0
2-11	13.1	0.78	87	0.25	11	444	244	5 376.0	2 364.0
2-12	12.2	0.75	74	0.30	20	194	59	6 115.5	1 893.0
2-14	13.3	0.77	79	0.23	2	378	202	3 873.0	1 165.5
2-15	18.9	1.16	97	0.45	23	414	190	6 741.0	3 858.0
2-17	13.9	0.96	131	0.38	19	651	316	6 940.5	3 909.0
2-18	17.9	1.09	123	0.28	4	287	141	5 944.5	2 137.5
2-19	8.6	0.57	73	0.35	13	243	96	4 524.0	2 950.5
3-01	19.8	1.17	151	0.28	2	235	101	4 770.0	386.0
3-02	15.9	0.87	135	0.35	18	560	255	6 850.5	3 985.5
3-03	27.2	1.56	177	0.34	5	359	126	4 902.0	1 068.0
3-04	20.1	1.16	191	0.33	13	306	75	5 002.5	910.5
3-05	11.5	0.70	120	0.28	26	348	198	4 239.0	502.5
3-06	11.8	0.76	156	0.28	22	248	80	4 026.0	958.5
3-07	23.7	1.31	131	0.40	47	412	143	5 656.5	3 564.0
3-08	13.4	0.75	96	0.22	1	202	57	4 327.5	2 737.5
3-09	23.2	1.34	166	0.40	10	373	146	476.1	1 300.5
3-10	19.4	1.08	119	0.36	6	210	40	4 223.0	2 787.0
3-11	16.1	0.92	126	0.32	10	270	84	5 775.0	3 928.5
3-12	13.0	0.76	96	0.34	5	280	139	3 805.5	1 815.0
3-13	13.1	0.98	330	0.28	19	331	168	6 309.0	3 196.5

续表 1

编号 No.	有机质 (g/kg)	全 氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	全 磷 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	玉米产量 (kg/hm ²)	
								NPK	CK
3-15	19.0	1.15	128	0.30	2	293	82	3 661.5	1 221.0
3-16	6.6	0.40	59	0.14	8	123	34	5 999.5	1 573.5
3-17	12.6	0.77	155	0.33	42	380	204	4 026.0	1 405.5
3-18	17.1	0.98	130	0.35	7	320	144	5 250.0	2 775.0
3-19	8.3	0.63	77	0.27	5	368	57	4 770.0	3 567.0
3-20	11.6	0.66	139	0.27	7	295	68	5 773.5	3 756.0
3-21	15.1	0.93	166	0.30	19	220	72	3 330.0	1 993.5
3-22	9.7	0.50	71	0.32	5	155	59	5 826.0	1 528.5
3-23	9.1	0.51	70	0.33	20	124	51	4 563.0	1 546.5

2 研究结果与讨论

2.1 肥力指标划分和评价价值计算

对土壤中各种养分建立相应的隶属度数,计算其隶属度值,以此表示各肥力指标的状态值.由于有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、缓效钾和速效钾的作物效应曲线呈 S 型,所以隶属度函数也采用 S 型,并把曲线函数转化为相应的折线函数以利计算(图 1).

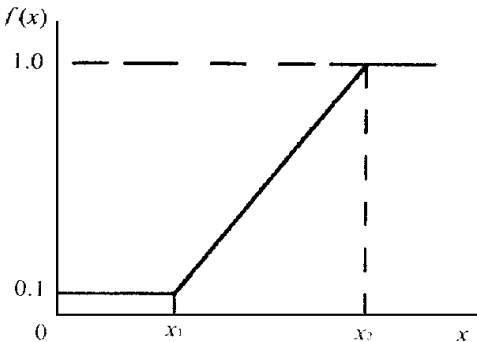


图 1 S型隶属度函数曲线

Fig. 1 Curve of parabolic-type membership function

建立如下隶属度函数:

$$f(x)=\begin{cases} 1.0 & x\geq x_2 \\ 0.9(x-x_1)/(x_2-x_1) & x_1\leq x < x_2 \\ 0.1 & x < x_1 \end{cases}$$

表 2 S型隶属度函数曲线转折点的取值

Table 2 Value of turning point in S-type function

转折点	有机质 (g/kg)	全 氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	全 磷 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
x ₁	10	0.5	50	0.2	3	150	50
x ₂	20	1.5	150	0.45	20	500	180

由于单项肥力丰缺指标因土壤和作物类型的不同而差异很大,因此,综合前人研究结果以及浙江省低丘红壤旱地玉米生产实际情况^[3,7,8],确定曲线中转折点的相应取值(表 2).

根据 S 型隶属度函数以及表 2 的取值,可以计算出各肥力指标的隶属度值,隶属度值大小在 0.1~1.0 之间.最大值 1.0 表示土壤肥力指标完全适宜作物生长,最低值 0.1 表示土壤肥力指标严重缺乏.由于土壤中不可能没有某种养分,而且在计算时为避免零值过多,因此最小值没有取零.

2.2 单项肥力权重系统确定

由于各项指标对土壤肥力的贡献是不同的,故对各项指标应给以一定的权重.然而,如何确定单项肥力指标的权重系数,这是肥力综合评价中的一个关键问题.在以往的研究中,普遍采用人为打分确定.为了避免人为主观影响,我们尝试用各指标之间相关系数来确定权重系数^[9].计算步骤为:

① 求单项肥力指标之间的相关系数,表 3 为各肥力指标的相关系数矩阵;

② 求某项肥力指标与其它肥力指标之间相关系数的平均值(\bar{r}),并根据该平均值占有所有肥力指标相关系数平均值总和($\sum \bar{r}$)的比($\bar{r}/\sum \bar{r}$),作为该单项肥力指标在表征土壤肥力中的贡献.

表 3 变量之间的单相关系数

Table 3 Correlation coefficients between the soil nutrient indexes

有机质	全 氮	碱解氮	全 磷	速效磷	缓效钾	速效钾	
有机质	1.000 0						
全 氮	0.968 0	1.000 0					
碱解氮	0.452 8	0.529 0	1.000 0				
全 磷	0.554 8	0.562 2	0.214 4	1.000 0			
速效磷	0.077 9	0.070 7	0.223 0	0.340 1	1.000 0		
缓效钾	0.266 4	0.333 5	0.143 4	0.288 5	0.301 6	1.000 0	
速效钾	0.140 4	0.210 1	0.116 9	0.227 1	0.328 8	0.901 0	1.000 0

表 4 肥力指标的相关系数平均值和权重系数

Table 4 Average correlation coefficients and weight value of soil fertility indexes

肥力指标	相关系数平均值	权重系数
有机质	0.410 0	16.96
全 氮	0.445 6	18.44
碱解氮	0.279 9	11.58
全 磷	0.364 5	15.08
速效磷	0.223 7	9.25
缓效钾	0.372 5	15.41
速效钾	0.320 8	13.27

2.3 土壤养分肥力综合指标值计算

根据加法法则在相互交叉的同类指标间采用加法合成,我们提出一个反映土壤养分肥力状况的综合指标值(Integrated Fertility Index),其计算公式为:

$$IFI=\sum W_i\times N_i$$

式中 N_i 和 W_i 分别表示第 i 种养分指标的隶属度值和权重系数. 计算得到的各土壤养分指标的隶属度值和 IFI 列于表 5.

表 5 土壤养分隶属度值和 IFI

Table 5 Value of single soil nutrient and integrated fertility index

No.	有机质	全 氮	碱解氮	全 磷	速效磷	缓效钾	速效钾	IFI
2-01	10.6	10.1	8.2	12.4	0.9	6.7	6.3	55.2
2-02	4.1	7.2	5.5	5.3	0.9	6.6	6.1	35.7
2-03	11.0	11.5	8.9	13.5	7.8	12.2	13.3	78.2
2-04	1.7	2.8	2.3	1.5	1.4	8.2	11.9	29.8
2-06	11.3	9.8	6.2	7.5	7.3	15.4	13.3	70.8
2-07	2.8	5.0	5.1	4.8	3.8	5.9	3.7	31.2
2-08	5.1	6.5	5.6	5.9	9.3	11.6	12.7	56.7
2-09	9.0	9.1	5.6	10.2	1.9	5.7	3.0	44.5
2-10	6.9	7.7	5.7	2.1	1.4	10.0	11.4	45.2
2-11	6.4	6.5	5.0	4.2	4.9	13.2	13.3	53.5
2-12	5.1	6.0	3.7	6.9	9.3	3.3	2.2	36.5
2-14	6.7	6.3	4.2	3.1	0.9	10.6	13.3	45.1
2-15	15.3	12.8	6.1	15.1	9.3	12.0	13.3	83.9
2-17	7.7	9.5	9.6	11.3	8.8	15.4	13.3	75.6
2-18	13.8	11.6	8.8	5.9	1.4	7.0	9.7	58.2
2-19	1.7	3.0	3.6	9.7	5.8	5.2	5.5	34.5
3-01	16.7	13.0	11.6	5.9	0.9	4.9	6.0	59.0
3-02	10.7	8.0	10.0	9.7	8.3	15.4	13.3	75.4
3-03	17.0	18.4	11.6	9.1	1.9	9.8	8.3	76.1
304	17.0	12.8	11.6	8.6	5.8	7.7	3.6	67.1
3-05	4.0	5.2	8.5	5.9	9.3	9.4	13.3	55.6
3-06	4.4	6.2	11.6	5.9	9.3	5.4	4.1	46.9
3-07	17.0	15.3	9.6	12.4	9.3	11.9	9.9	85.4
3-08	6.9	6.0	6.0	2.6	0.9	3.6	2.0	28.0
309	17.0	15.8	11.6	12.4	4.4	10.4	10.2	81.8

续表 5

No.	有机质	全 氮	碱解氮	全 磷	速效磷	缓效钾	速效钾	IFI
3-10	16. 1	11. 5	8. 3	10. 2	2. 4	3. 9	1. 3	53. 7
3-11	11. 0	8. 8	9. 1	8. 0	4. 4	6. 3	4. 4	52. 0
3-12	6. 3	6. 2	6. 0	9. 1	1. 9	6. 7	9. 5	45. 7
3-13	6. 4	9. 8	11. 6	5. 9	8. 8	8. 7	12. 2	63. 4
315	15. 6	11. 0	9. 3	6. 9	0. 9	7. 2	4. 3	55. 2
3-16	1. 7	1. 8	2. 1	1. 5	3. 4	1. 5	1. 3	13. 3
3-17	5. 7	6. 3	11. 6	8. 6	9. 3	10. 6	13. 3	65. 4
3-18	12. 5	9. 8	9. 5	9. 7	2. 9	8. 3	10. 0	62. 7
3-19	1. 7	4. 0	4. 0	5. 3	1. 9	10. 2	2. 0	29. 1
320	4. 1	4. 5	10. 4	5. 3	2. 9	7. 3	3. 0	37. 5
3-21	9. 5	9. 0	11. 6	6. 9	8. 8	4. 3	3. 3	53. 4
3-22	1. 7	1. 8	3. 3	8. 0	1. 9	1. 7	2. 2	20. 6
3-23	1. 7	2. 0	3. 2	8. 6	9. 3	1. 5	1. 4	27. 7

2.4 综合评价结果的验证

土壤肥力综合评价结果是否合理,能否反映土壤肥力水平和玉米生产情况,这里用玉米产量进行验证.一般而言,作物产量是衡量土壤生产力水平的最直接标准.不施肥处理(CK)玉米产量完全由土壤基础肥力决定,能很好地反映土壤肥力水平,而 NPK 处理产量也能反映土壤肥力状况.统计结果表明:IFI分别与 38 个玉米田间试验 CK 处理产量之间达到显著相关水平($P=0.05$),相关系数为 $0.324\ 18^{\ast}$ ($n=38$).IFI与 NPK 处理玉米产量之间也达到显著相关水平,相关系数为 $0.368\ 23^{\ast}$ ($n=38$).IFI与玉米产量之间良好的相关性,表明综合评价的结果能较好地反映土壤肥力状况,也说明了综合评价结果的合理性和实用价值,即可以用简单的数量指标来表达复杂的土壤肥力.

3 小 结

土壤的肥力水平是诸多肥力因素综合作用的反映,虽然,有关土壤肥力指标的选择、肥力等级的划分以及权重系数的确定,在国内还没有统一的标准.但是,用简单的数量指标来表示复杂的土壤肥力是一个值得探讨的方向.经田

间试验产量结果验证,表明本文所采用的方法和所获得的土壤养分肥力数值化综合评价结果是可取的,它在一定程度上能反映土壤肥力状况.当然参评指标的筛选、隶属度函数转折点的取值和权重系数的确定等还有待进一步完善.

参考文献:

[1] Tisdale S L, Nelson W L. 土壤肥力与肥料[M].北京:科学出版社,1984.

[2] 黎孟波,张先婉. 土壤肥力研究进展[M].北京:中国科学技术出版社,1991. 208~ 213.

[3] 陆允甫,吕晓男. 中国测土施肥的进展和展望[J].土壤学报,1995,32(3): 241~ 251.

[4] 何同康. 土壤(土地)资源评价的主要方法及其特点比较[J]. 土壤学进展,1983,(6): 1~ 12.

[5] 孙 波,张桃林,赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J].土壤学报,1995,32(4): 362~ 369.

[6] 张兴昌. 土壤肥力的数学评价初探[J].陕西农业科学,1993,(4): 8~ 11.

[7] 沈 汉. 土壤评价中参评因素的选定与分级指标的划分[J].华北农学报,1990,5(3): 63~ 69.

[8] 浙江省土壤普查办公室. 浙江土壤[M].杭州:浙江科学技术出版社,1994.

[9] 曹承绵,严长生,张志明,等. 关于土壤肥力数值化综合评价的探讨[J]. 土壤通报,1983,(4): 13~ 15.

(责任编辑 杜玲玲)