

PAM对黄土高原主要土壤类型水稳性团聚体的改良效果及机理研究

曹丽花^{1,2}, 赵世伟^{1,3*}, 梁向锋¹, 刘合满³, 杨永辉⁴, 赵勇钢¹

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100;
2. 西藏农牧学院资源环境学院, 林芝 860000; 3. 西北农林科技大学资源与环境科学学院, 杨凌 712100;
4. 河南省农业科学院土壤肥料研究所, 郑州 450002)

摘要: 通过室内土柱培养, 研究PAM对黑垆土、黄绵土、风沙土水稳性团聚体的改良效果, 并探讨其作用机理和合理的施用浓度。结果表明, 在浓度为0.05%~0.4%, PAM均可促进3种土壤>0.25 mm水稳性团聚体的形成, 并有效降低3种土壤团聚体分形维数, 改善土壤结构; 方差分析表明, PAM改良3种土壤结构的机理是一致的, 将<1 mm的水稳性团聚体聚合为更大粒径的水稳性团聚体, 使>1 mm的水稳性团聚体含量增加。PAM改良黑垆土、黄绵土和风沙土土壤水稳性团聚体达到显著水平时的浓度也不相同, 其适宜浓度分别为0.2%~0.4%, 0.05%, 0.05%。3种土壤的黏粒含量和有机质含量的差异, 可能是影响PAM对不同土壤的水稳性团聚体的改良效果差异的主要原因。

关键词: PAM; 水稳性团聚体; 分形维数

中图分类号: S152.4; S157.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-1-0045-05

曹丽花, 赵世伟, 梁向锋, 等. PAM对黄土高原主要土壤类型水稳性团聚体的改良效果及机理研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 45-49.

Cao Lihua, Zhao Shiwei, Liang Xiangfeng, et al. Improvement effects of PAM on soil water-stable aggregates and its mechanisms in different soils in the Loess Plateau[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(1): 45-49. (in Chinese with English abstract)

0 引言

黄土高原地跨山西、内蒙、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏等7个省区, 总土地面积约62.68万km² [1]。由于其沟壑纵横, 地形起伏, 降水变率大, 暴雨集中, 加上长期不合理的人为活动, 导致该区生态环境恶化, 土壤结构破坏, 水土流失加剧[2]。据统计表明[3], 托克托至三门峡间流域年平均侵蚀模数达4800 t/(km²·a)。解文艳[4]等提出良好的土壤结构可以提高土壤入渗能力, 降低水土流失量。故改良土壤结构提高土壤抗侵蚀能力, 成为黄土高原水土保持领域研究的一个重要方面。

聚丙烯酰胺(Polyacrylamide, PAM)作为一种土壤结构改良剂, 可以改善土壤结构, 增加降雨入渗、减少径流和土壤侵蚀[5]。夏海江[6]等在不同质地的土壤上施用

PAM, 发现 PAM 使土壤水稳性团聚体含量增加 30%~50%, 结构系数增大 3%~8%, 分散系数减少 7%~19%。Lentz 和 Sojka [7]在犁沟内结合灌溉施用 PAM, 减少沟灌侵蚀 94%, 增加入渗 15%。唐泽军等[8]对黄绵土进行了模拟试验研究, 结果表明, 土壤的降水入渗率与 PAM 的覆盖率成正比。Helalia 等[9]人通过野外和室内模拟试验, 发现 PAM 能有效的抑制土壤结皮的形成。Kristian 等[10]研究发现, PAM 不会对环境造成危害, 其在土壤和水中没有毒性, 也不会农作物中累积。但利用 PAM 作为土壤结构改良剂, 其对各级团聚体的分布与新形成水稳性团聚体的作用机理方面的研究尚不清楚。本文通过试验以探明 PAM 对黑垆土、黄绵土、风沙土结构改良的效果和机理, 从而为利用 PAM 来改良黄土高原主要土壤的结构稳定性、提高土壤入渗和防止土壤侵蚀提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试土样

黄土高原地区风沙土面积占黄土高原地区总土地面积的 11.77%, 黄绵土占 32.5%, 黑垆土占 3.72% [11]。风沙土采自陕西神木县六道沟, 位于东经 110°21' 41.6", 北纬 38°47' 56.9", 海拔高度 1167 m, 退耕地, 植被为沙蒿。

收稿日期: 2007-01-29 修订日期: 2007-09-07

基金项目: 国家高技术发展研究计划(863)课题(2006AA100219); 国家十一五科技支撑计划重大项目课题(2006BCA01A07、2006BAD09B08)资助

作者简介: 曹丽花(1980-), 女, 河南濮阳人, 主要从事有机质对土壤结构改良研究。杨凌 中国科学院水利部水土保持研究所, 712100。

Email: clh-m@163.com

*通讯作者: 赵世伟(1962-), 男, 四川荣县人, 教授, 主要从事土壤与水分管理研究。杨凌 中国科学院水利部水土保持研究所, 712100。

Email: swzhao@ms.iswc.ac.cn

黄绵土采自宁夏固原市原州区上黄村的农田，作物为糜子，位于东经 106°27'38.1"，北纬 36°00'40.2"，海拔高度 1615 m，黑垆土采于陕西长武县王东村的农地，作物为

小麦，位于东经 107°40'45.1"，北纬 35°14'3.9"，海拔高度 1211m。采样方法：按梅花取样法，在 0~20 cm 的土层分别取混合土样、原状土和环刀土。其颗粒组成见表 1。

表 1 供试土壤的颗粒组成
Table 1 Soil particle composition

土壤类型	有机质 /g · kg ⁻¹	砂粒 1~0.05 mm/%	粉砂粒 0.05~0.001 mm/%	黏粒 <0.001 mm/%	物理性黏粒 <0.01 mm/%
黑垆土	7.06	12.59	68.026	19.384	42.989
黄绵土	5.08	20.95	74.486	4.564	28.44
风沙土	1.22	86.837	12.91	0.253	3.377

1.2 供试试剂

PAM 法国进口，白色粉末晶体，溶于水。

1.3 试验处理及方法

用 PVC 塑料管做成高 10 cm，直径 10 cm，体积 785 cm³ 的土柱，土柱底部用塑料布封闭。PAM 浓度设置为 0.05%，0.1%，0.2%，0.4% 和对照 CK。处理方法：将 PAM 与过 1 mm 筛的风沙土、黄绵土、黑垆土（以烘干土为基础）按上述浓度直接混匀，装成容重分别为 1.72，1.11，1.14 g/cm³ 的土柱，土柱表面均匀的铺一层石子，在室内培养，培养期间根据重量差减法加水，使土壤湿度保持在田间持水量的 75%。培养 3 周后，利用湿筛法测定水稳性团聚体，机械组成用 X-ray 颗粒光栅扫描分析仪分析，土壤有机质采用重铬酸钾外加热氧化法测定。

1.4 数据处理

土壤团聚体分形维数是利用杨培岭等^[12]提出的通过粒径分布与对应的质量分布相联系，用土壤粒径的重量分布代替数量分布进行计算，即由公式：

$$\lg\left[\frac{W(\delta < \bar{d}_i)}{W_0}\right] = (3-D) \lg\left(\frac{\bar{d}_i}{d_{\max}}\right), \text{ 对 } \lg\left(\frac{\bar{d}_i}{d_{\max}}\right) \text{ 和 } \lg\left[\frac{W(\delta < \bar{d}_i)}{W_0}\right] \text{ 进}$$

行回归分析，即可求出分形维数 D 值。式中 $W(\delta < \bar{d}_i)$ 为小于粒径 \bar{d}_i （两筛分粒级间粒径的平均值）的累计土粒质量， W_0 为各粒级质量的总和。方差分析采用 SAS 统计软件进行。

2 结果与分析

2.1 PAM 对不同土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体的影响

水稳性团聚体指由性质稳定的胶体胶结团聚而形成的具有抵抗水破坏能力的，在水中浸泡、冲洗而不易崩解的 >0.25 mm 的土壤团粒^[13]。通常认为，>0.25 mm 水稳性团粒对土壤肥力有重要的影响。杨建国^[14]等研究表明土壤 >0.25 mm 团聚体总量与土壤全氮、有机质、黏粒、物理性黏粒含量呈极显著的正相关。经 PAM 对 3 种类型的土壤处理后，测定土壤水稳性团粒含量(见图 1)。由图 1 可看出，PAM 对 3 种土壤的水稳性团聚体的形成均有较好的促进作用，表现为随 PAM 浓度的增加，大于 0.25 mm

水稳性团粒含量有明显增加的趋势。

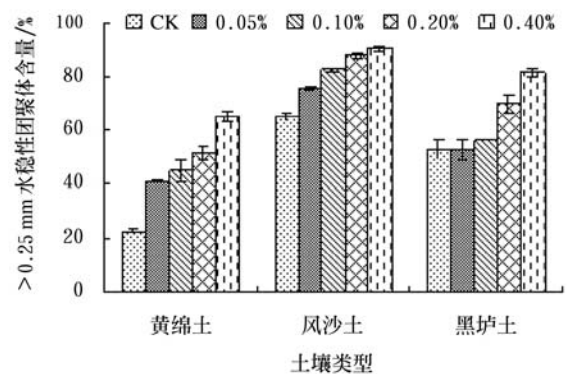


图 1 PAM 对不同土壤 (>0.25 mm) 水稳性团聚体含量的影响
Fig.1 Effect of PAM on >0.25 mm soil water stable aggregate content

PAM 在供试土壤施用浓度 0.05%、0.1%、0.2%、0.4%，培养 3 周后，黑垆土 >0.25 mm 水稳性团聚体含量分别比对照（51.72%）增加了 2.34%，8.6%，34.86%，57.73%；黄绵 >0.25 mm 水稳性团聚体含量分别为 41.26%，44.95%，51.15%，65.04%，比对照（22.44%）分别增加了 83.87%，100.31%，127.94%，189.84%；风沙土 >0.25 mm 水稳性团聚体含量由 64.82%（对照）增加到 92.38%（0.4%），比对照增加了 42.52%。可见，PAM 可以增加 3 种土壤的水稳性团聚体含量。

2.2 PAM 对不同土壤团聚体分形维数的影响

土壤团聚体分形维数是反映土壤结构稳定性的一项综合性指标，团聚体分形维数越小，土壤结构就越稳定^[15]，土壤结构分布的分形维数不仅反映了土壤颗粒大小的影响，而且体现了质地均一的程度。分形维数高，表明土壤质地黏重，通透性差，反之则表明土壤结构越松散^[16]。PAM 施入土壤后，>0.25 mm 水稳性团聚体含量随着浓度的增加而增加，且各不同大小颗粒分布也有差别，故土壤团聚体分形维数也随之发生变化。从表 2 中可知，PAM 施入 3 种土壤后，水稳性团聚体的分形维数随 PAM 浓度的增加而呈现递减趋势。在 PAM 作用下，风沙土在浓度为 0.05%，0.1%，0.2%，0.4% 时，水稳性

团聚体分形维数比对照 (2.7022) 分别降低了 2.17%, 1.57%, 2.62%, 4.09%, 在浓度为 0.05% 时对土壤分形维数的改良已达到显著水平 ($p < 0.05$); PAM 施入黑垆土后, 在浓度为 0.4% 时, 团聚体的分形维数由对照 2.7722 降低到 2.615, 降低了 5.67%, 在浓度为 0.2% 时达到显著水平 ($p < 0.05$); 黄绵土经处理后, 在浓度为 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.4% 时, 团聚体的分形维数分别比对照 (2.9213)

降低了 2.52%, 2.46%, 3.92%, 4.69%, 且在浓度为 0.05% 时即达显著水平。因此, PAM 可以降低团聚体分形维数, 改善土壤结构。但由于土壤团聚体分形维数是反映土壤各粒级团聚体含量及分布的综合性指标, 所以对土壤团聚体的改良达到显著水平的浓度及不同浓度下的差异显著性也不同。

表 2 不同浓度 PAM 对团聚体分形维数的影响

Table 2 Effect of different concentrations of PAM on fractal dimension of soil aggregate

土壤类型	CK	0.05%	0.10%	0.20%	0.40%
黑垆土	2.7722(±0.0148)a	2.7694(±0.0248)a	2.7652(±0.0021)a	2.6780(±0.0180)b	2.615(±0.0176)c
黄绵土	2.9213(±0.0035)a	2.8477(±0.0054)b	2.8495(±0.0319)b	2.8068(±0.0054)bc	2.7842(±0.0272)c
风沙土	2.7022(±0.0127)a	2.6435(±0.0095)b	2.6597(±0.0049)ab	2.6313(±0.0281)bc	2.5918(±0.0215)c

注: 表中数据为 3 次重复的平均值, 在同一行中不同字母表示 DUNCAN 检验差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.3 PAM 对团聚体粒径分布的影响

从表 3 中可知, PAM 对供试土壤的各粒级团聚体含量的影响程度不同, 但总体趋势是一致的, 即 PAM 使 >1 mm 的水稳性团聚体的含量增加, 尤其对 >5 mm 的水稳性团聚体的含量增加更为显著, 主要是通过将 <1 mm 的水稳性团聚体聚合为更大粒径的水稳性团聚体来实现的。PAM 改良黑垆土过程中, 在 PAM 浓度为 0.2%~0.4%, 对黑垆土的改良作用主要是增加了 2~5 mm 水稳

的含量增加最多, >5 mm 团聚体含量由 0 逐渐增加到 43.34%, 且达到显著水平; 在浓度 $<0.2\%$ 时, 随 PAM 浓度增大, 0.25~1 mm 水稳性团聚体含量降低。PAM 施入黄绵土后, 在浓度为 0.05%~0.4%, PAM 使 >1 mm 水稳性团聚体含量增加, 特别是 >5 mm 的水稳性团聚体的含量增加幅度最大, >5 mm 团聚体含量由对照 0 逐渐增加到 29.16% (0.4%), 而对 1~5 mm 水稳性团聚体含量的提高在各浓度之间差异不显著, 在浓度 0.05% 时, 1~5 mm 水稳性团聚体含量为 21.65%, 在浓度为 0.4%, 1~5 mm 水稳性团聚体含量为 22.01%。在 PAM 浓度 0.05%~0.4%, 对风沙土水稳性团聚体的影响主要体现在 >5 mm 水稳性团聚体的含量显著性增加, >5 mm 水稳性团聚体含量从对照 0 增加到 69.02% (0.4%), 而 <1 mm 水稳性团聚体含量明显降低, 由对照 62.36% 降到 11.65%。

2.4 影响 PAM 对 3 种土壤改良效果的主要因素

章明奎^[17] 等认为影响土壤团聚体稳定性的因子有土壤黏粒、有机质和游离氧化铁等胶结物质含量。PAM 对黄绵土、黑垆土、风沙土的水稳性团聚体的改良效果存在一定的差异, 其主要原因之一是黏粒含量不同。从表 1 中可看到, 风沙土的黏粒含量仅占 0.253%, 黄绵土黏粒含量占 4.564%; 黑垆土黏粒含量高达 19.384%, 是黄绵土黏粒含量的 4.25 倍, 是风沙土黏粒含量的 76.62 倍; 二是有机质含量不同, 有机质是良好的胶结剂, 能够促进大团聚体的形成, 改善土壤结构。黄绵土有机质含量为 5.08 g/kg, 黑垆土有机质含量为 7.06 g/kg; 风沙土有机质含量为 1.22 g/kg。因此, 在低浓度下, PAM 对黑垆土改良效果不显著, 只有在高浓度 (0.2%~0.4%) 下 PAM 对黑垆土水稳性团聚体含量和团聚体分形维数的改良才能达到显著水平; 而黄绵土和风沙土施用低浓度 (0.05%) PAM 即可达到明显的改良效果。

表 3 PAM 对各级团聚体百分含量的影响

Table 3 Effect of PAM on the content of different size of soil aggregate /%

土壤类型	粒径 /mm	CK	0.05%	0.10%	0.20%	0.40%
黑垆土	>5	0c	0.60c	1.35bc	9.10b	43.34a
	5~2	1.51d	7.06c	11.87b	23.48a	14.48b
	2~1	2.23c	5.23b	6.11b	9.17a	7.06b
	1~0.5	26.70a	20.49b	11.34c	11.48c	7.98c
	0.5~0.25	21.28b	19.55bc	25.50a	16.52c	8.72d
	<0.25	48.28a	47.07a	43.83a	30.25b	18.42c
黄绵土	>5	0c	1.60bc	8.78bc	9.07b	29.16a
	5~2	0.96b	15.59a	14.12a	14.52a	12.64a
	2~1	0.88c	6.06b	5.87b	10.96a	9.37ab
	1~0.5	9.73a	8.76a	8.61a	10.59a	7.89a
	0.5~0.25	10.87a	9.25ab	7.57bc	6.01c	5.98c
	<0.25	77.56a	58.74b	55.05b	48.85c	34.96d
风沙土	>5	0c	13.10d	38.67c	56.42b	69.02a
	5~2	0.50c	6.77b	7.46b	9.21a	8.51ab
	2~1	1.96b	2.97b	5.37a	5.09a	3.20b
	1~0.5	15.85a	11.74b	9.55b	5.76c	4.64c
	0.5~0.25	46.51a	41.03b	19.93c	11.24d	7.01e
	<0.25	35.18a	24.39b	19.02c	12.28d	7.62e

3 结 论

通过PAM对不同土壤的水稳性团聚体的改良效果和机理的研究,可以得出以下结论:

1) 施用 PAM 后, 不同程度地提高了大团聚体的含量, 降低团聚体分形维数。在浓度为 0.05%~0.4%时, 黑垆土、黄绵土和风沙土的水稳性团聚体的含量均随浓度的增大而增加。在 PAM 浓度为 0.4%时, 使风沙土 >0.25 mm 团聚体含量达 92.38%, 比对照增加了 42.52%, 团聚体分形维数比对照降低了 4.09%; 黑垆土和黄绵土 >0.25 mm 水稳性团聚体含量分别比对照增加了 57.73% 和 189.94%, 团聚体分形维数分别比对照降低了 5.66% 和 4.69%。此外, PAM 使 >1 mm 的团聚体含量增加, 主要作用于颗粒直径 >5mm 的团聚体。

2) 由于黄绵土、黑垆土、风沙土的有机质和粘粒含量均不同, 因此, 施用 PAM 改良其团聚体含量和团聚体分形维数的效果不同。PAM 改良黑垆土只有在高浓度下 (0.2%~0.4%) 达到显著水平; 而改良黄绵土和风沙土时, 低浓度 (0.05%) 即可达到明显的改良效果。因此, 土壤的粘粒含量和有机质含量的差异, 可能是影响 PAM 对不同土壤的水稳性团聚体的改良效果差异的主要原因。

[参 考 文 献]

- [1] 杨文治, 余存祖. 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [2] 蒋定生, 王 宁, 王 煜. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [3] 师长兴. 黄土高原水土保持减沙效益的尺度效应初步分析[J]. 水土保持通报, 2006, 26(3): 51-54.
- [4] 解文艳, 樊贵盛. 土壤结构对土壤入渗能力的影响[J]. 理工大学学报, 2004, 35(4): 381-384.
- [5] 潘英华, 雷廷武, 张晴雯. 土壤结构改良剂对土壤水动力学参数的影响[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 37-39.
- [6] 夏海江, 肇普兴. PAM 对土壤物理性质影响的试验研究[J]. 东北水利水电, 1999, (7): 7-8.
- [7] Lentz R D, Sojka R E. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration [J]. Soil Sci. 1994, 158(4): 274-282.
- [8] 唐泽军, 雷廷武, 张晴雯, 等. 聚丙烯酰胺增加土壤降雨入渗减少侵蚀的模拟试验研究[J]. 土壤学报, 2003, 178(8): 178-185.
- [9] Helalia A M, Letey J, Graham R C. Crust formation and clay migration effects on infiltration rate[J]. Soil Sci Soc Am J, 1988, 52: 251-255.
- [10] Kristian A J, Bjornberg D L, Sojka R E. Sprinkler irrigation runoff and erosion control with polyacrylamide-laboratory tests [J]. Soil Sci Soc Am J, 1998, 62: 1681-1687.
- [11] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤资源及其合理利用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.
- [12] 杨培岭, 罗远培, 石元春. 用粒径的重量分布表征的土壤分形特征[J]. 科学通报, 1993, 38(20): 1896-1899.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [14] 杨建国, 安韶山, 郑粉莉. 宁南山区植被自然恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质关系[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 72-75.
- [15] 赵文智, 刘志民, 程国栋. 土地沙质荒漠化过程的土壤分形特征[J]. 土壤学报, 2002, 39(6): 877-881.
- [16] 黄冠华, 詹卫华. 土壤颗粒的分形特征及其应用[J]. 土壤学报, 2002, 39(4): 490-497.
- [17] 章明奎, 何振立, 陈国潮, 等. 利用方式对红壤水稳性团聚体形成的影响[J]. 土壤学报, 1997, 34(4): 359-366.

Improvement effects of PAM on soil water-stable aggregates and its mechanisms in different soils in the Loess Plateau

Cao Lihua^{1,2}, Zhao Shiwei^{1,3*}, Liang Xiangfeng¹, Liu Heman³, Yang Yonghui⁴, Zhao Yonggang¹

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China; 2. College of Resources and Environmental science, Tibet Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, China; 3. College of Resources and Environmental science, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 4. Institute of Soil and Fertilizer, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this paper, PAM was used and trained in soil column to study the effects of PAM on soil water stable aggregates of the dark loessial soil, loessial soil, aeolian sandy soil. In addition, the mechanisms of the effects of PAM

and its optimal concentrations were offered. The results show that PAM could promote the formation of the > 0.25 mm water stable aggregates within the concentration of $0.05\% \sim 0.4\%$ and reduced the fractal dimension of aggregates effectively in the studied soils. The results of variance analysis indicate that PAM has the similar mechanisms in improving three types of soil, the application of PAM makes < 1 mm aggregates into bigger aggregates and increases the content of > 1 mm aggregates. However, the concentrations are different for improving studied soils and achieving the remarkable effects because the clay and organic matter contents are different in the studied soils, which indicate that clay and organic matter contents are probably the major factors influencing the effects of PAM. The effective concentrations of PAM for the dark loessial soil, loessial soil, aeolian sandy soil are $0.2\% \sim 0.4\%$, 0.05% , 0.05% , respectively.

Key words: PAM; water stable aggregates; fractal dimension

《农业系统工程》书评

张象枢

(中国人民大学环境学院, 北京 100872)

系统工程是 20 世纪中期发展起来的一门新兴的管理工程技术学科。它是以系统工程思想为指导, 定性、定量相结合, 各种理论、方法与技术综合集成, 以系统整体最优为目标来研究系统的规划、设计、开发、生产、组织、管理、调整、控制与评价等问题的一门交叉科学。它是由一般系统论及其发展、大系统理论、经济控制论、运筹学、管理科学等学科相互渗透、交叉发展而形成的。农业系统工程则是系统工程的理论和方法在农业中的应用。

随着科学技术的发展和农业的现代化, 高等农业院校的学生都需要掌握系统思想和学会运用系统工程的理论和方法, 定性和定量相结合地对系统整体进行分解、协调和组装, 进行诊断、综合、分析和评价, 有效地进行控制和调整, 以期用最少的代价, 最大限度地利用各种农业资源, 获取最好的综合效益。王福林教授主编的《农业系统工程》就是为了更好的适应这一目的而编写的一本普通高等教育“十一五”国家级规划教材和全国高等农林院校“十一五”规划教材。该书共分九章, 第一章为系统工程概论, 包括系统概述、系统工程概述、系统科学的学科体系、农业系统和农业系统工程; 第二章为系统工程方法论, 包括霍尔三维结构模型、软系统方法论、并行工程方法、综合集成法和物理—事理—人理系统方法论; 第三章为聚类分析, 包括模糊集合基础、模糊聚类分析、动态聚类分析和系统聚类分析; 第四章为农业系统环境辨识与问题诊断, 包括系统环境辨识概述、自然环境辨识、社会环境系统辨识、系统诊断概述、层次分析法在系统诊断中的应用和结构模型解析法在系统诊断中的应用; 第五章为农业生态系统模型, 包括农业生态系统模型概述、微分方程模型和矩阵模型; 第六章为系统预测, 包括预测概述、德尔菲法、马尔可夫过程预测法、季节周期预测法、组合预测方法和人口预测方法; 第七章为系统模拟, 包括系统模拟概述、系统模拟示例、蒙特卡罗模拟和系统动力学; 第八章为系统决策分析, 包括决策分析概述、效用值概念、效

用值函数、决策类型与方法、冲突分析和决策支持系统; 第九章为农业系统评价, 包括系统评价概述、农业系统评价指标体系、系统评价方法、数据包络分析和农业系统评价示例。

该书出版后, 我认真阅读了多遍, 这主要是因为该书与已有的农业系统工程教材相比, 不仅增加了许多新内容, 而且编写思路和结构框架都有所创新。具有以下特点:

1. 该教材突破了以往农业系统工程教材的结构框架, 删除了原《农业系统工程》教材中包括《运筹学》部分的内容。这样的编写指导思想, 符合农业系统工程的发展要求, 因为农业系统工程发展到今天, 它与运筹学一样, 已成了一门独立的新兴分支学科。

2. 该教材较多地吸收了系统工程领域的新知识、新理论和新方法, 内容新颖, 结构合理, 概念清晰准确。该书中许多内容是原农业系统工程书中所没有的。

3. 该书深入浅出, 理论联系实际, 在讲述较难且重要的问题时, 一般都有示例或应用举例, 这样就非常有助于学生理解和应用。

4. 该书总结提出了不少新成果。如系统工程和农业系统工程的特点, 系统科学的体系结构图, 农业系统工程人员的合理知识构成, 农业系统工程综合研究的组织程序等。这些成果都是该书作者在总结前人研究成果的基础上, 经过提炼而提出的, 具有创新性。

该书章节条目、结构设计合理, 层次清楚, 详略得当, 特色突出, 内容新颖, 是迄今为止最优秀的一本教材之一。希望从事农业系统工程教学科研和管理工作的人们能认真阅读一下该书, 相信一定能够从中获得收益。

总之, 我认为该教材的出版, 不仅标志着农业系统工程学科逐渐走向成熟, 而且将为提升学生分析、解决实际问题能力方面做出积极贡献。