

土壤的自动调节性能与抗逆性能

陈恩凤 周礼恺 武冠云
赵晓燕 王正平

(中国科学院沈阳应用生态研究所)

摘 要

土壤的自动调节性能是指土壤自身对其内部进行的物理、化学及生物学过程的一定限度内的控制和缓冲,使土壤中水、肥、气、热的储存和释供能较好地满足植物的需要。土壤对不良环境条件的适应性,即其抗逆性能,则是土壤的自动调节性能在特殊条件下的体现。

土壤的自动调节性能是土壤的吸储能力、释供能力、转化能力和缓冲能力的综合表现。它既受制于“体质”,也受制于“体型”。所谓“体质”,是指肥力基础物质——不同粒级的微团聚体的数量、组成比例及其吸储-释供、转化和缓冲的能力;所谓“体型”,是指由不同粒级微团聚体的不同排列与垒结而形成的土体构造。

通过适当的方式改善土壤的“体质”与“体型”,将能增强土壤的自动调节能力,从而提高土壤的肥力水平。

一、概 念

高肥力的土壤常表现出两个重要的特征:既能适应植物生长发育的需要,也能适应环境条件的变化。这种适应,主要来自土壤的自动调节性能,人为活动则起着促进的作用。

土壤的自动调节性能是指土壤自身对其内部进行的物理、化学及生物学过程的一定限度内的控制和缓冲,使土壤中水、肥、气、热的储存和释供能较好地满足植物的需要。土壤对不良环境条件的适应性,即其抗逆性能(根据我国农民的长期实践经验,主要是指耐涝、耐旱、耐肥、耐瘠等),则是土壤的自动调节性能在特殊条件下的体现。

土壤的抗逆性能有一定的限度。当环境条件的变化较大,超出了土壤自动调节能力适应的范围时,这种性能就会丧失,土壤肥力就会降低。由此,增强土壤的自动调节能力,是保持和提高土壤肥力的重要前提。

二、机 制

土壤的自动调节能力是土壤的吸储能力、释供能力、转化能力和缓冲能力的综合表现。它的物质基础是由土壤有机胶体和无机胶体结合而成的不同粒级的微团聚体。我们并不能排除各土壤组分的独特作用,但在土壤中,这些组分并非单独存在或单独地起作

用。因此,就整体而言,应更多地考虑它们的组合。由各土壤组分组合而成的不同粒级的微团聚体及所由产生的土体构造,综合地调节和控制着土壤的水、肥、气、热和生物学性状。

(一) 吸储与释供

不同粒级的微团聚体对营养物质具有不同的吸储与释供能力。对草甸黑土和棕壤的研究均表明(图 1—4)^[4],全量碳、氮的储量随微团聚体粒径的增大而减小;粒径大的微团聚体对磷的吸附与保持量小、解吸量大,粒径小的则相反。储量上的差别,在肥、瘦地间尤为明显。对不同粒径微团聚体的组成测定还表明(图 5、6)^[4],在草甸黑土中,肥地的 <10 微米

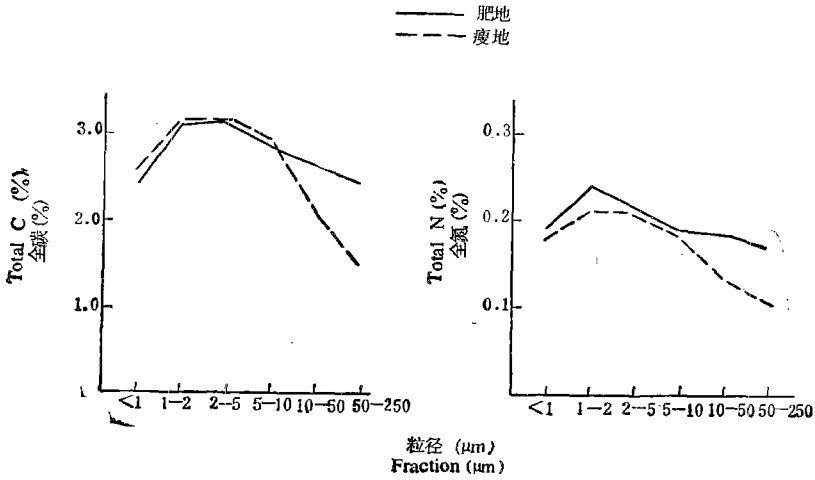


图 1 不同肥力草甸黑土微团聚体的碳、氮含量

Fig. 1 C and N contents of microaggregates in meadow black soils with different levels of fertility

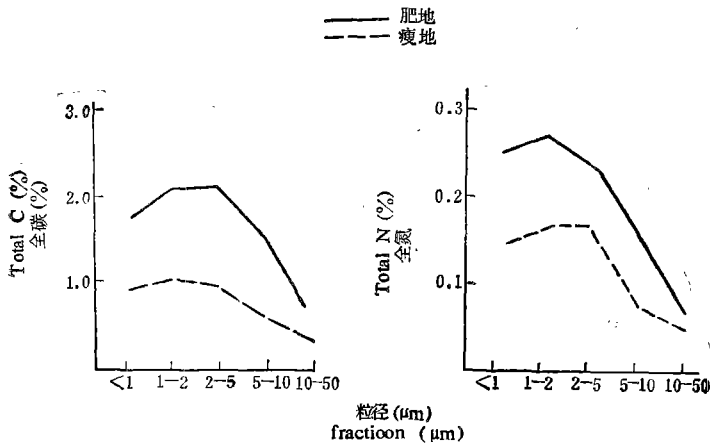


图 2 不同肥力棕壤微团聚体的碳、氮含量

Fig. 2 C and N contents of microaggregates in brown earths with different levels of fertility

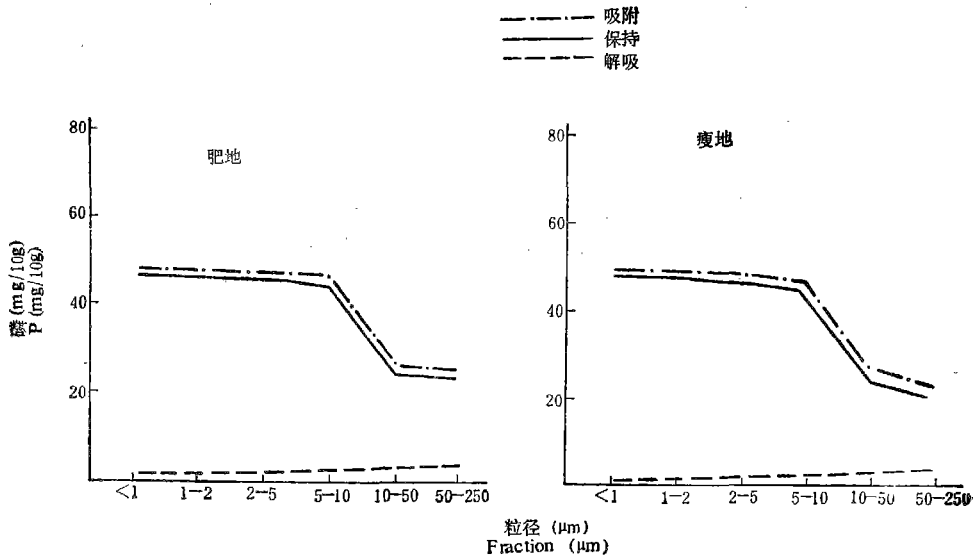


图 3 不同肥力草甸黑土微团聚体对磷的吸附、保持和解吸

Fig. 3 Adsorption retention and desorption of P by microaggregates in meadow black soils with different levels of fertility

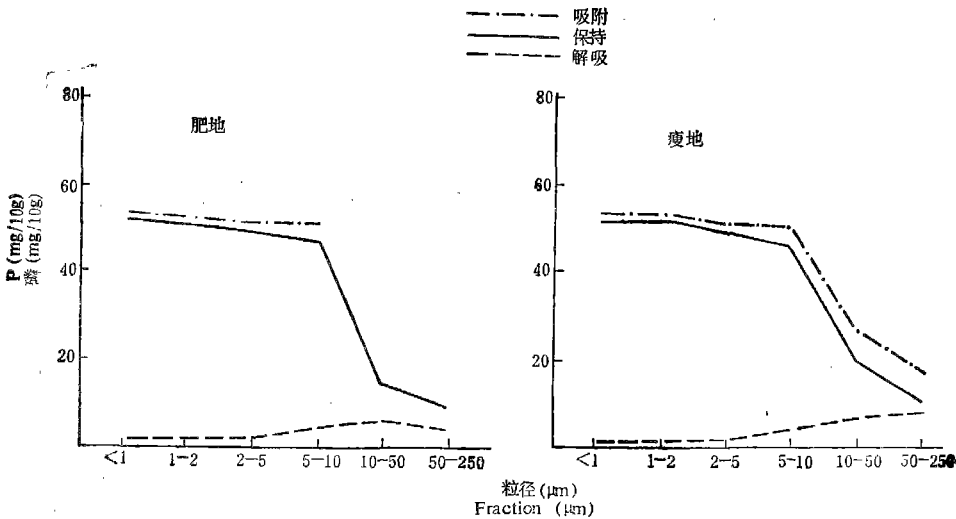


图 4 不同肥力棕壤微团聚体对磷的吸附、保持和解吸

Fig. 4 Adsorption retention and desorption of P by microaggregates in brown earths with different levels of fertility

各级微团聚体的数量比瘦地的多,总量超过 50%;而 >10 微米各级微团聚体的数量比瘦地的少,总量约 40%。在棕壤中,肥地的 <10 微米各级微团聚体的数量比瘦地的少,总量少于 30%;而 >10 微米各级微团聚体的数量比瘦地的多,总量超过 70%。这种组成上的差别,决定了不同肥力土壤对营养物质的吸储与释供能力的总体上的差异。看来,各级

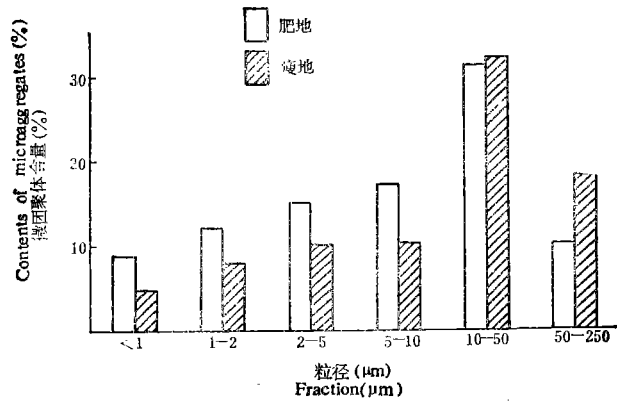


图5 不同肥力草甸黑土的微团聚体组成

Fig. 5 Composition of microaggregates in meadow black soils with different levels of fertility

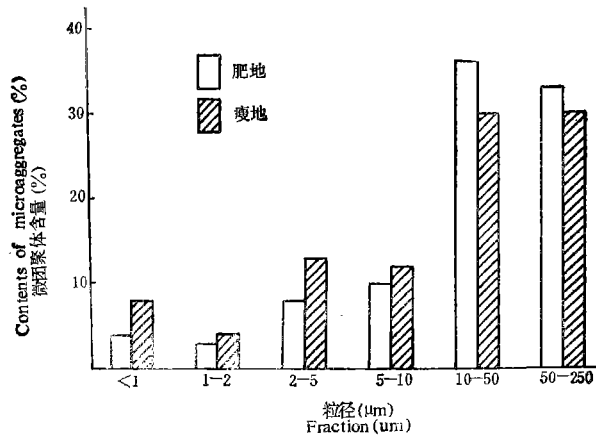


图6 不同肥力棕壤的微团聚体组成

Fig. 6 Composition of microaggregates in brown earths with different levels of fertility

微团聚体的适当组成比例,有助于所述吸储与释供能力间的平衡。

(二) 转化

土壤物质的转化,一是通过土壤微生物和土壤酶的作用;一是通过土壤中非生物性的氧化还原过程。

作者之一的工作表明¹⁾,在归还残茬或种植豆科绿肥的土壤里,微生物量及其周转强度均比单施氮肥或不施肥的多和强。这种差别,在小粒级微团聚体中表现得尤为显著。

土壤酶活性的测定也表明(表 1、2)¹⁾,在黑土里,与土壤营养物质转化有关的重要酶

1) L.K. Zhou, J.N. Ladd, M. Amato and J.E. Shulz, Effect of rotation, N fertilizer application and trash retention techniques on soil organic matter levels with special reference to microbial biomass as an indicator to carbon turnover in soil (in publish).

表 1 黑土及其组分的酶活性

Table 1 Enzyme activities of black soil and its components

土壤 Soil	组分 Components	过氧化氢酶 Peroxidase (0.1N KMnO ₄ , ml/g)	多酚氧化酶 Polyphenol oxidase (purpuroeallin mg/g)	脲酶 Urease (NH ₃ -N mg/g)	转化酶 Invertase (0.1N Na ₂ S ₂ O ₃ ml/g)	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase (phenol ml/g)	中性磷酸酶 Neutral phosphatase (phenol mg/g)
肥地	土壤	4.2	0.38	56.0	6.7	7.1	3.8
	腐殖质	19.9	1.42	179.0	63.5	13.0	10.4
	粘粒	7.9	0.15	40.0	15.5	1.3	0.3
	粉粒	7.5	0.05	17.5	2.8	0.5	0.1
	砂粒	5.3	0.03	2.8	1.0	0.2	未测出
瘦地	土壤	3.6	0.94	23.5	5.3	7.7	5.4
	腐殖质	16.0	2.32	153.0	29.8	16.1	13.1
	粘粒	7.4	0.32	32.5	13.5	1.4	0.4
	粉粒	5.8	0.12	9.5	2.8	0.5	0.4
	砂粒	4.8	0.03	2.0	0.8	0.2	0.2

表 2 棕壤各粒级微团聚体的酶活性

Table 2 Enzyme activities of various fractions of microaggregates in brown earths

酶活性 Enzyme activity	1 μ m		1—2 μ m		2—5 μ m	
	肥地 Fertile soil	瘦地 Infertile soil	肥地 Fertile soil	瘦地 Infertile soil	肥地 Fertile soil	瘦地 Infertile soil
转化酶 (0.1N Na ₂ S ₂ O ₃ ml/g)	1.9	1.7	2.9	2.7	4.1	3.9
蛋白酶 (ana. mg/g)	5.2	2.2	5.9	3.5	4.4	3.2
脲酶 (NH ₃ -Nmg/g)	55.6	47.6	68.8	61.5	57.5	54.9
磷酸酶 (phenol mg/g)	3.7	3.2	3.7	3.0	3.4	3.0
酶活性 Enzyme activity	5—10 μ m		10—50 μ m		50—250 μ m	
	肥地 Fertile soil	瘦地 Infertile soil	肥地 Fertile soil	瘦地 Infertile soil	肥地 Fertile soil	瘦地 Infertile soil
转化酶 (0.1N Na ₂ S ₂ O ₃ ml/g)	4.7	4.3	4.6	4.2	4.5	4.4
蛋白酶 (ana. mg/g)	3.1	2.7	2.7	2.3	3.0	2.7
脲酶 (NH ₃ -Nmg/g)	39.3	32.2	40.5	34.7	39.0	14.7
磷酸酶 (phenol mg/g)	2.9	2.7	1.8	1.6	1.2	0.9

类,主要是以酶-腐殖质复合体的形式存在;在棕壤里,除转化酶外,其它酶类的活性都是以小粒级微团聚体中的较强。

这些研究说明,土壤微生物和土壤酶对于土壤营养库的库容和通量有着很大的影响;而各级微团聚体的不同组成,则决定了整个土壤的微生物量的大小和酶活性的强弱。

土壤中的氧化还原过程影响着土壤营养物质和毒害物质的转化方向和存在形态。生物性的氧化还原,取决于土壤酶的作用;非生物性的,则取决于土壤化学物质。不同粒级微团聚体的适当组成及由所产生的、大小孔隙分配恰当的土体构造,使土壤氧化还原酶类保持一定的活性,也使铁、锰等氧化还原体系保持一定的平衡。

(三) 缓冲

在土壤中,常存在着许多妨碍植物正常生长的障碍因子。这些因子的存在,多与土壤水、肥、气、热状况的失调有关。良好的土壤,对此具有一定的缓冲能力。兹以作者之一的、减轻或消除土壤盐害的工作为例:

往吉林省郭前旗灌区的苏打盐土中添加一定数量的植物物料,在一定水热条件下培

表 3 添加有机物料后苏打盐土中微生物数量的变化(千/克土)
Table 3 Quantitative variations of microorganisms in soda-saline soil
after application of plant material (1000/g soil)

培养时间 Incubation time (day)	细 菌 Bacteria		芽 孢 菌 Bacillus		真 菌 Fungi	
	对 照 ck	处 理 Treatment	对 照 ck	处 理 Treatment	对 照 ck	处 理 Treatment
1	4930	6047	—	—	8.9	9.5
3	403100	430000	857	1125	12.7	14.5
6	106200	306200	1400	2714	12.7	8.3
13	70000	89000	1365	1340	4.7	9.2
20	27700	395000	1840	3360	1.0	10.1
30	23500	203200	1680	2000	3.8	3.8
45	18400	116200	968	1152	2.1	3.4
60	15600	127000	672	1484	2.8	3.1

培养时间 Incubation time (day)	放 线 菌 Actinomycetes		固 氮 菌 N-fixing bacteria		纤维素分解菌 Cellulose-decomposing bacteria	
	对 照 ck	处 理 Treatment	对 照 ck	处 理 Treatment	对 照 ck	处 理 Treatment
1	541.5	650.8	—	—	—	—
3	2540	2203	82.5	1718	793	562
6	5144	3222	117.4	714.4	4000	6200
13	2030	2064	65.1	90.3	1490	1000
20	2065	3803	42.6	918.0	918	770
30	2657	1564	69.8	435.5	1016	1145
45	2032	1937	113.0	730.0	1710	1050
60	1705	1920	120.0	687.0	14.4	14.9

表 4 添加有机物料后苏打盐土中土壤酶活性的变化(毫克/克土)

Table 4 Variation of soil enzyme activities in soda-saline soil after application of plant material (mg/g soil)

培养时间 Incubation time (day)	蛋白酶 Proteinase (NH ₂ -N)		脲酶 Urease (NH ₂ -N)		转化酶 Invertase (glucose)		接触酶 Catalase (0.1N KMnO ₄)	
	对照 ck	处理 Treatment	对照 ck	处理 Treatment	对照 ck	处理 Treatment	对照 ck	处理 Treatment
1	0.68	0.78	2.29	2.43	76.64	95.18	4.12	12.92
3	1.21	1.37	2.93	1.72	93.22	95.45	9.86	9.13
6	1.22	1.67	1.05	1.28	104.09	93.58	8.70	7.87
13	1.12	1.50	1.29	2.00	69.05	104.74	5.90	5.07
20	0.87	1.53	1.39	1.73	72.37	93.71	1.57	3.33
30	1.29	1.91	1.98	1.21	100.00	95.84	7.43	5.80
45	1.19	1.25	0.99	0.90	101.91	90.09	7.96	7.08
60	0.98	1.06	0.82	0.96	83.94	79.42	6.32	7.00

表 5 添加有机物料后苏打盐土中有机酸含量的变化

Table 5 Quantitative variations of organic acids in soda-saline soil after application of plant material

培养时间 Incubation time (day)	总酸量 (毫克当量/百 克土) Total acid (meq/100g soil)		各种有机酸的含量(占有机酸总量的百分数) Content (%) of organic acids in total acid							
			甲 酸 Formic acid		乙 酸 Acetic acid		丙 酸 Propionic acid		丁 酸 Butyric acid	
	对照 ck	处理 Treatment	对照 ck	处理 Treatment	对照 ck	处理 Treatment	对照 ck	处理 Treatment	对照 ck	处理 Treatment
1	10.36	4.26	4.21	50.0	25.3	50.0	8.0	0	24.6	0
3	10.17	4.60	38.6	37.9	42.9	58.7	18.5	3.4	0	0
6	2.95	3.39	39.5	23.9	22.4	76.1	38.1	0	0	0
13	1.75	3.42	53.1	52.9	46.9	36.6	0	7.9	0	2.6
20	1.76	2.58	38.5	25.0	61.5	6.2	0	13.1	0	55.7
30	2.77	3.27	40.9	25.5	40.9	12.8	18.2	14.9	0	46.8
45	3.25	2.29	21.5	49.5	11.2	45.0	67.3	5.5	0	0
60	2.72	3.22	14.5	42.1	6.6	52.6	78.9	5.3	0	0

养,并于一定时间间隔后采样测定土壤微生物、土壤酶和土壤有机酸的数量、活性强度或含量。结果表明(表 3、4、5)^[2],添加有机物料后,多种微生物的数量有了明显的增多,酶活性增强,有机酸的含量也有了较显著的变化。这将有利于土壤营养物质的生物固定与活化,增大土壤离子的迁移率和有助于脱盐脱碱。有机物料本身还能改善土壤结构,既利于盐分下淋,又减少盐分上升。它对盐分离子的吸附,也对盐害起着一定的缓冲作用。

三、调 控

既然不同粒级的微团聚体是土壤具有自动调节能力的物质基础,调节它们的组成比例当能调控土壤的自动调节能力。

在土壤中,无机胶体较少变化;而有机胶体则随有机质的种类和数量而异。因此,适当地添加有机物料,将是调节土壤微团聚体的组成比例的主要手段。

表 6 与 7 分别列入了在 1982 和 1984 年对棕壤进行的、添加有机物料以调节土壤微团聚体组成的试验结果。两个试验的设计不同,结果也不尽相同,但都表明:植物物料和

表 6 施用有机物料对棕壤微团聚体组成的影响*

Table 6 Effect of applying organic materials on the composition of microaggregates in brown earth

处 理 Treatment	微团聚体组成(微米,%) Composition of microaggregates ($\mu\text{m},\%$)				
	<5	5—10	10—50	50—250	>250
对 照	12.15	9.61	38.14	33.77	6.32
草 炭	9.92	9.42	37.04	37.30	6.33
草木樨	9.87	6.57	25.34	51.13	7.00
玉米秸	11.23	7.78	34.71	38.39	7.87
稻 秸	14.71	6.38	31.80	42.98	6.63

* 摘自邱凤琼等,1982: 施用有机物质改变棕壤肥力性质的作用,中国土壤学会土壤肥力学术讨论会论文集。

表 7 施用有机物料对棕壤微团聚体组成的影响*

Table 7 Effect of applying organic materials on the composition of microaggregates in brown earth

处 理 Treatment	微团聚体组成 (微米,%) Composition of microaggregates ($\mu\text{m},\%$)					
	<1	1—2	2—5	5—10	10—50	50—250
对 照	2.85	0.45	2.79	13.74	67.88	12.31
草木樨	2.51	1.11	4.05	8.07	69.75	14.49
玉米秸	3.51	1.50	5.73	9.63	62.32	17.32
马 粪	3.26	0.43	4.09	8.36	62.19	21.69
牛 粪	3.03	1.34	3.53	8.92	62.13	21.06
猪 粪	2.83	0.92	2.36	12.03	62.04	21.37

* 摘自王正平,1984: 施肥对土壤性质的影响,沈阳农学院硕士研究生毕业论文。

牲畜粪肥均有增多 >50 微米土壤微团聚体数量的作用。前面提到,棕壤肥地的大粒级微团聚体的数量明显多于小粒级的。由此,通过添加有机物料,可以改变土壤微团聚体的组成,从而调控土壤肥力的演变方向。

综上所述,土壤的自动调节性能既受制于“体质”,又受制于“体型”。所谓“体质”,是指肥力基础物质——不同粒级的微团聚体的数量、组成比例及其吸储-释供、转化和缓冲的能力;所谓“体型”,是指由不同粒级微团聚体的不同排列与垒结而形成的土体构造。通过适当的方式改善土壤的“体质”和“体型”,将能增强土壤的自动调节能力,从而提高土壤的肥力水平。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院林业土壤研究所, 1984: 土壤肥力研究文集, 辽宁科技出版社。
- [2] 刘期松、邱凤琼、李凤珍、周惠民、陈恩凤, 1980: 土壤有机质转化的研究 I. 苏打盐土中有机质转化与脱盐脱碱培育肥力的关系。土壤学报, 第 17 卷 3 期, 275—283 页。

SELF-REGULATION AND RESISTANCE PERFORMANCES
OF SOIL

Chen Enfeng, Zhou Likai, Wu Guanyun,
Zhao Xiaoyan and Wang Zhengping
(*Institute of Applied Ecology, Academia Sinica*)*

Summary

The performance of self-regulation of soil refers to the ability of soil itself in controlling and buffering to a certain extent in the courses of physical, chemical and biological processes *in vivo*, enabling the storage and supply of soil moisture, nutrients, air and heat to better satisfy the needs of plant growth. The adaptability of soil to unfavorable environmental or obstacle factors, i.e., its resistance performance, is the expression of soil self-regulation performance under special conditions.

Soil self-regulation performance is the overall expression of the abilities of soil in adsorption-storage, release-supply, transformation and buffering, which is determined both by the "physique" and by the "pedon structure". The so-called "physique" refers to the quantity, composition proportion and abilities of adsorption-storage, release-supply, transformation and buffering of basal substances of soil fertility—various fractions of microaggregates; and the so-called "pedon structure" denotes the patterns of arrangement and fabric of various fractions of microaggregates in the pedon.

To improve the "physique" and "pedon structure" through proper ways will be able to strengthen the performance of self-regulation of soil, and hence to enhance the level of soil fertility.

* The former Institute of Forestry and Soil Science, Academia Sinica.