第3卷 第4期 植物营养与肥料学报 Vol.3 No.4
1997年12月 PLANT NUTRITION AND FERTILIZER SCIENCE Dec. 1997

半干旱地区菜园土壤特征及持续利用

周艺敏 小仓宽典

（天津市土壤肥料研究所，天津 300192） （日本近畿大学农学部）

摘 要

本文通过对天津地区有代表性的200多个不同种植年限菜园土壤耕层及典型剖面调查研究表明：老菜园土壤具有良好的土体构造，熟化层深厚，三相比协调、呈团粒结构，土壤微团聚体形状圆润、表面粗糙、联结疏松；新开发菜田微团聚体之间联结很紧，孔隙少，边缘整齐，彼此不沟通。老菜园土壤养分富集明显，富集特点为速效P＞全N＞OM＞全P＞速效K＞速效N。全量分析与粘土矿物显示，烧失量、CaO整个土体高于对照2～3倍；MgO、MnO、Al_2O_3、Fe_2O_3、P_2O_5高于对照20％～60％；SiO_2、Na_2O下降20％～40％；TiO_2、K_2O变化不大。菜园土壤整个土体与对照比较矿物组成变化不大；土壤微生物丰富，细菌、真菌高于对照2～3倍，放线菌高于对照1倍以上；土壤酶活性强，4种土壤酶活性高于对照2～5倍。不同发育年限菜园土壤微生物区系变化趋向显示，老菜园土壤细菌、放线菌数量增多，真菌数量有减少倾向。用土壤养分状况系统研究法对11种营养元素丰缺诊断表明，老菜园土壤养分限制因子很少，限制因子位序N＞K＞Mn，无肥区相对产量为70％以上；新菜田土壤养分限制因子很多，无肥区相对产量仅20％以上，限制因子位序P＞N＞K＞Zn＞Fe＞Mn＞S，揭示了半干旱地区菜园土壤的肥力特征，为菜园土壤持续利用提供了一定依据。

关键词 半干旱地区 菜园土壤 肥力特征

发展蔬菜生产，保障城市供应，是城郊型农业的重要任务。随着城市建设的发展，近郊区老菜园土壤日益减少，远郊县新开发菜田逐渐增多，给蔬菜生产带来一定影响[1,2]。研究和探讨菜园土壤肥力特征，加速新开发菜田土壤培肥工作已成为重要课题，受到普遍关注及重视[3,4]。

天津市地处暖温带大陆性季风气候区的渤海之滨，蔬菜生产历史悠久。南北大运河两岸冲积性潮土母质上发育着上百年的老菜园。至1996年菜田总面积已达6万多公顷，其中新菜田占60％以上。由于常年连作，大量施用化学肥料，营养失调，病害频繁，生产力低下。近年来日本已提出菜园土壤老朽化概念，对老菜园土壤的改造提出了新的课题[5]。我国有关菜园土壤肥力特点研究已有报道[6,7]，但较为系统的研究资料尚少[8]。为了探讨半干旱地区菜园土壤肥力特征，我们于1987～1995年对天津地区200多个不同种植年限菜园土壤耕层及典型代表剖面进行了调查，对土壤的物理、化学和生物学性状及养分限制因子等进行了探讨，以期为合理、持续利用提供依据。

① 本文土壤微结构、矿物全量分析、粘土矿物类型分析均由中国科学院南京土壤研究所协助完成，微生物酶活性由中国农业科学院土壤肥料研究所协助完成，一并致谢。

收稿日期：1997－01－03

一、材料与方法

在土壤肥力调查基础上，选取不同种菜年限代表样点，分别按土壤自然发生层次及相同剖面深度采样，用常规方法进行土壤物理化学性状分析[9]。

土体微结构及粘土矿物类型测定　采取原状土壤经处理后，分别用扫描及透射电镜分析测定。土壤全量分析，采用Li_2CO_3-H_3BO_3熔融，直流Ar气等离子直读光谱仪测定。烧失量为950℃灼烧1小时。

土壤微生物的测定　于收获后取不同种菜年限5～15cm深代表性样点土壤进行。细菌，取5g土，分步稀释10^4倍，在普通细菌培养基上恒温培养3天，用计数器测定细菌总数；真菌和放线菌分步稀释400倍，PDA培养基，恒温分别培养5和10天计数器测定总数[10]。

土壤酶活性测定[11]　碱性磷酸酶用比色法。酶活性表示：酚，mg/g(风干土，37℃，24小时)；

蔗糖酶用3,5-二硝基水杨酸比色法。酶活性表示：葡萄糖，mg/g(风干土，37℃，24小时)；

脲酶用Hoffmann比色法。酶活性表示：NH_3-N，mg/g(风干土，37℃，24小时)；

蛋白酶用茚三酮比色法。酶活性表示：NH_2-N，mg/g(风干土，30℃，24小时)；

菜园土壤11种营养元素丰缺诊断采用Hunter AH博士(ASI)[12]土壤养分状况系统研究法进行。

二、结果与分析

(一)土体结构特征

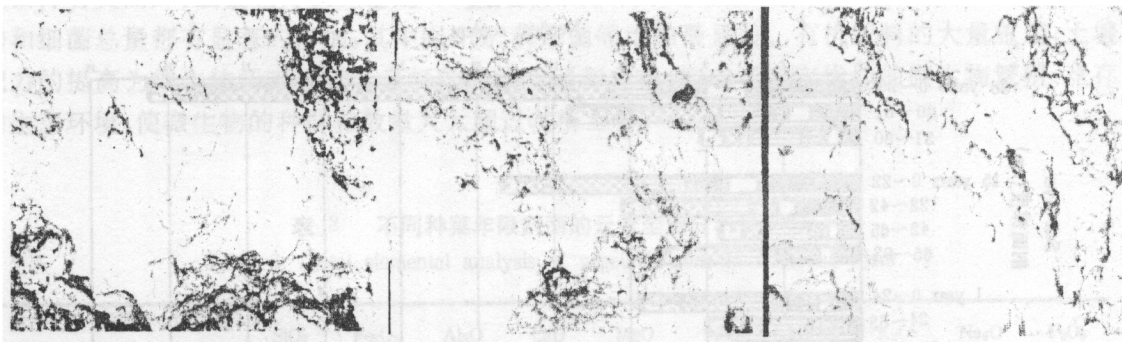
代表性剖面土体结构及物理性状调查表明，菜园土壤整个土体具有良好构造。耕作层与一般大田土壤对比增厚10～15cm(表1)，熟化层厚达50～60cm，作物80%～90%根系分布其中。土色黑灰均一，呈团粒结构。5～0.25mm水稳性团聚体含量可达50.12%，而一般大田土壤仅14.52%。土壤三相比例协调，固、液、气相分别占土体的(45.6±5.9)%、(25.8±3.1)%、(28.7±6.7)%；容重平均为(1.15±0.09)g/cm³，总孔隙度、非毛管孔隙度皆优于大田土壤，田间持水量一般比大田土壤高20%～30%。耕作层下具有适度发育的犁底层，较为紧实，保水保肥良好，对整个土体中水分、养分的迁移起着承上启下的作用。

表 1　菜园土壤和大田土壤耕作层物理性状比较

Table 1　Comparison of the physical characteristic of top soil between vegetable soils and crop fields in Tianjin (n = 11, 1995)

土壤类型 Soil type	耕作层深度 Topsoil depth (cm)	土壤容重 Bulk density (gcm^{-3})	总孔隙度 Total porosity (%)	毛管孔隙度 Capillarly porosity (1-100μ m,%)	非毛管孔隙度 Gravitation porosity (<100μ m,%)	水稳性团粒体 Waterstable aggregate (5～0.25mm, %)	田间持水量 Field moisture capacity(%)
菜园土壤	31.7±7.4	1.15±0.09	56.1±4.7	41.0±2.1	15.1±1.7	50.12±6.81	35.93±2.86
大田土壤	20.5±3.7	1.35±0.06	49.8±2.9	41.0±0.9	8.8±3.1	14.52±2.86	28.54±1.82

电镜扫描观察微团聚体结构看到(图1)，不同发育年代菜园土壤差异较大。30年老菜园土壤微团聚体形状圆润，表面粗糙，微团聚体之间联接疏松，多孔，微团聚体内大小孔隙彼此沟通，并有较多的有机物质及无机胶体将大小不等的砂粒、粘粒胶结一起，组成良好结构体；而种菜1年的一般大田土壤微团聚体之间联接很紧，孔隙少，边缘整齐，彼此不沟通。



30年 (30 years)　　15年 (15 years)　　1年 (1 year)

图1 不同种菜年限菜园土壤团粒结构状况(×150)

Fig.1 Aggregate structures of vegetable soils in differrent years

(二)耕作层养分富集特征

200多个菜园土壤和大田土壤耕层样点养分状况调查结果表明，菜园土壤养分富集明显。菜园土壤耕层有机质、全N、速效P含量高于对照1～6倍，土壤养分富集顺序为速效P＞全N＞OM＞全P＞速效K＞速效N。速效P大量富集为最明显特征。土壤全K、速效K略有下降(表2)。

表 2　菜园土壤和大田土壤养分状况比较(n = 200, 1994)

Table 2 Comparison of nutrients content between vegetable soils and crop fields

土壤类型 Soil type		有机质 OM %	全氮 T—N %	碱解氮 Ava. N $mgkg^{-1}$	全磷 T—P %	速效磷 Ava. P $mgkg^{-1}$	全钾 T—K %	速效钾 Ava. K $mgkg^{-1}$	代换量 CEC cmol/kg
菜园土壤	X	3.07	0.145	85.28	0.277	83.93	2.490	156.17	17.95
	±sd.	1.49	0.051	35.65	0.104	10.04	0.581	60.72	6.36
大田土壤	X	1.20	0.053	64.21	0.187	12.17	2.530	162.40	14.62
	±sd.	0.25	0.120	20.42	0.092	5.09	0.478	48.20	6.52
差　值		1.87	0.915	21.07	0.09	71.16	-0.04	-6.23	3.33
富集系数		2.55	2.72	1.32	1.48	6.59	0.98	0.96	1.22

(三)剖面养分分布特征

选不同种菜年限代表菜田，按发生层次和等剖面深度进行养分分布状况调查(图2,3)。结果表明，菜园土壤剖面养分表现出深层富集的特征，富集顺序大体与耕层一致。与新开发菜田对比，土壤有机质、全N、速效N、速效P含量各层次均高2～6倍，速效P深层富集量最大。表层土壤全K与下层对比有下降倾向，老菜园土壤全K略有降低。

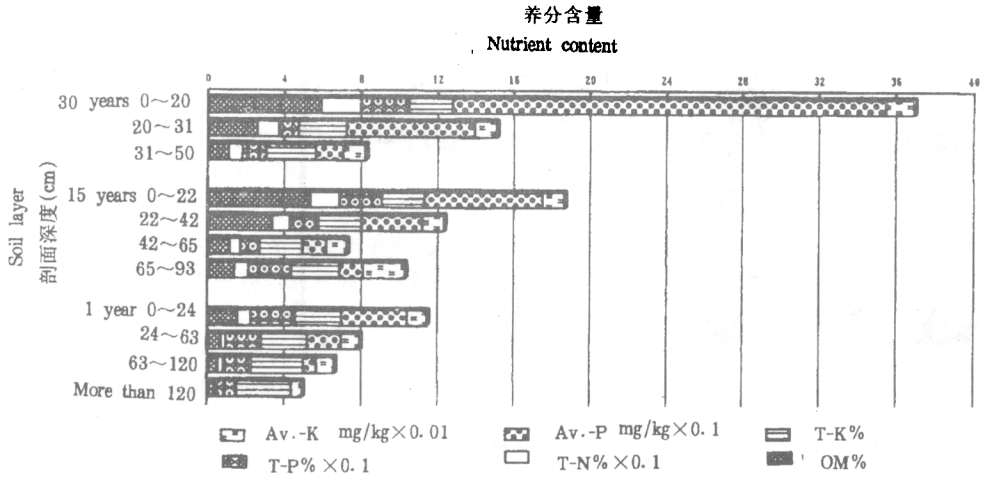


图2 不同种菜年限菜园土壤剖面养分分布

Fig.2 Distribution of nutrients in profile of vegetable soils(1988)

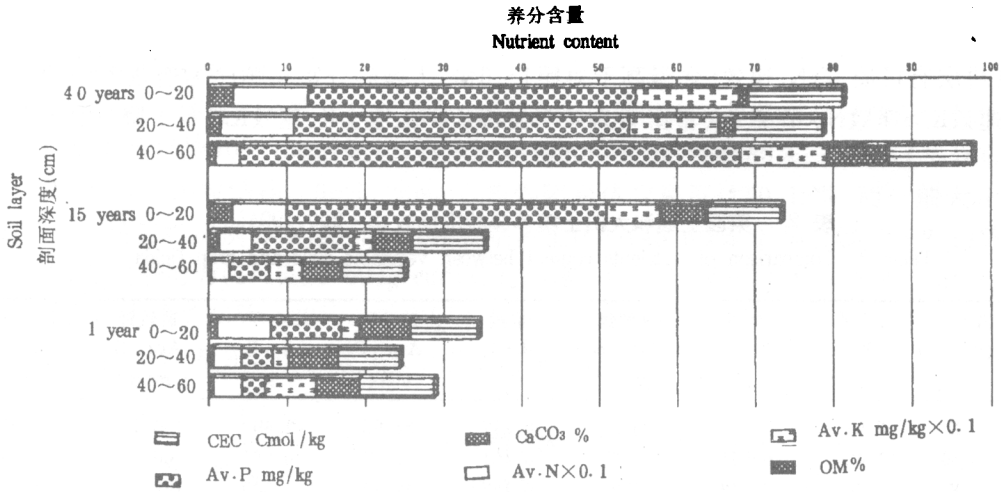


图3 不同年限菜园土壤等深剖面土壤养分分布

Fig.3 Nutrients distribution at the same depth in vegetable soils(1988)

(四)土壤全量分析与粘土矿物类型

新老菜田全量与粘土矿物分析显示,老菜园土的烧失量、CaO整个土体高于对照2～3倍,MgO、MnO、Al_2O_3、Fe_2O_3、P_2O_5高于对照20%～60%;SiO_2、Na_2O下降20%～40%,TiO_2、K_2O变化不大,菜园土壤与对照比较矿物组成变化不大,显示了地带性成土母质特征(表3)。

(五)土壤微生物及酶活性

菜园土壤微生物数量丰富,细菌、真菌数高于对照2.5倍,放线菌高于对照1倍以上(表4)。细菌和真菌数量之比(B/F)低于对照三分之一。但与日本高知大学试验园地土壤对比,我国

土壤微生物数量明显减少，特别是真菌和放线菌数量相差8～10倍。这除与土壤类型、pH、及环境条件有关而外，土壤肥力状况也是一项重要原因。傅积平[6]指出菜园土壤在熟化过程中微生物和细菌总量都有显著的增加，其中固N菌、磷细菌等增加最显著。有机肥料的大量施用，土壤肥力的提高为微生物活动提供了良好的生活空间和食粮，构成了适宜优异的微生物繁殖、竞存的生态环境，使微生物的种群和数量大大超过贫瘠土壤。

表 3　不同种菜年限剖面的元素全量分析(1988)

Table 3　Total elemental analysis of vegetable soils in different years

土壤类型 Soil type	深度 Depth (cm)	烧失量 Ignition loss(%)	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5
			%									
30年	0～20	14.58	51.67	5.24	14.81	6.00	2.23	0.61	0.113	2.23	1.37	0.36
	20～30	11.32	54.26	5.45	14.61	6.37	2.54	0.61	0.117	2.54	1.63	0.25
	31～58	11.31	51.61	6.60	16.11	6.73	2.67	0.67	0.129	2.67	1.17	0.15
1年	0～24	4.55	69.17	4.12	12.21	2.11	1.76	0.57	0.078	2.43	2.13	0.26
	24～62	4.18	68.83	4.26	12.68	2.34	1.91	0.61	0.089	2.64	2.01	0.23
	62～120	4.16	68.79	4.20	12.81	2.38	1.93	0.61	0.091	2.60	2.17	0.18

表 4　菜园土壤和大田土壤微生物状况比较[1)](1995)

Table 4　Comparison of microorganisms between vegetable soils and crop fields

土壤类型 Soil type	样本数 Samples(n)	总量 Total	细菌 Bact.	真菌 Fungi	放线菌 Actinomy.	B/F	pH	土壤湿度 Moisture(%)
菜园土壤	5	160.94	156.8±24.1	1.48±0.93	2.36±0.92	134.6±57.4	8.36±0.14	26.0±5.8
大田土壤	3	70.74	69.0±24.5	0.57±0.38	1.17±0.45	196.3±123.3	8.73±0.37	22.8±6.2

1)　单位为$\times 10^4$ /g，干土。　Unit: $\times 10^4$ per gram of dry soil

为了探讨菜园土壤微生物种类的变化趋向，我们选择同一地点，栽培管理、作物种植大体一致，种菜年限各异的样点，于白菜收获后冬前采集5～15cm深土样分析了土壤微生物变化。结果表明，随着种菜年限的增加，细菌及放线菌的增殖要明显高于真菌，而真菌有减少倾向(表5)。放线颉颃菌率也似有同样倾向。真菌区系类群也由多样向单一发展。这是否与老菜园土壤连作障害及近年来优质有机肥料施入减少，土壤有机质更新减慢等因素有关，值得进一步深入探讨。

土壤酶活性分析结果见表6。4种酶活性均随剖面深度的增加呈梯形减弱；随种菜年限的增加而增高，尤以脲酶和碱性磷酸酶表现出明显的相关。种菜年久的老菜园土壤各层次酶活性水平都大大高于新菜田，这也是菜园土壤区别于一般旱田土壤的一个明显特征。

据研究报道，土壤酶活性分布与土壤熟化程度有关，与土壤理化性状、有机质含量呈较好的相关关系[12,13]。对4种酶活性与土壤有机质、全N、全P、有效P含量进行了相关测定表明，4种酶活性均与这些肥力因素呈显著或极显著正相关($r = 0.6242^{*} \sim 0.9504^{**}$, $n = 11$)。

表 5 种菜年限不同菜园土壤微生物变化趋向(1995)

Table 5 Change of microorganism of vegetable soil in different years

地点 Location	微生物种类 Type of Microoganism	种菜年数 Years of continuous planting			变化趋势 Tendency				
		2	20	80					
上辛口	细菌	100	56.1	207.1	0	→	-	→	+
	真菌	100	674.5	54.4	0	→	+ + +	→	-
	放线菌	100	125.0	237.5	0	→	+	→	+
	颉颃菌率[1]	0%	0%	0%					
杨柳青	细菌	100	122.0	139.7	0	→	±	→	+
	真菌	100	43.2	17.1	0	→	-	→	-
	放线菌	100	118.7	124.8	0	→	+	→	+
	颉颃菌率[1]	1.86%	13.77%	9.73%					

1) Antago ratio

表 6 菜园土壤剖面酶活性分布状况

Table 6 Distribution of activity of 4 enzymes in profiles of vegetable soils

种菜年限 Years of planting	深度 Depth (cm)	碱性磷酸酶 Alk. phosphatase	蔗糖酶 Invertase	脲酶 Urease	蛋白酶 Proteinase
1年	0～24	0.45	64.2	0.29	4.52
	24～63	0.19	20.0	0.16	3.01
	63～120	0.16	12.1	0.09	2.85
	<120	0.07	8.2	0.04	2.00
15年	0～22	0.75	62.5	0.63	3.51
	22～42	0.40	37.0	0.61	1.50
	42～65	0.22	18.2	0.25	1.01
	65～93	0.15	8.5	0.29	0.50
30年	0～20	1.27	79.0	1.04	7.95
	20～31	0.68	60.9	0.90	5.75
	31～58	0.43	34.5	0.73	3.36

(六)菜园土壤养分限制因子诊断及生产力比较

我们采用国际农化服务中心 A·Hunter博士推荐的土壤养分状况系统研究法,进行了菜园土壤11种营养元素丰缺诊断。结果表明,新、老菜园土壤养分限制因子差异很大。老菜园土壤养分限制因子很少,限制因子位序为N>K>P>Mn,无肥区相对产量达70%以上;新菜田土壤养分限制因子很多,限制因子位序P>N>K>Zn>Fe>Mn>S,无肥区相对产量仅20%以上(图4)。新老菜田土壤肥力上的不同,在蔬菜产量和产值上表现了巨大差异。为促进蔬菜高产、优质、高效生产,应对新开发菜田快速培肥,提高肥力水平。对老园田亦应注意增施有机肥料,合理施肥,不断更新肥力水平,以期持续利用。

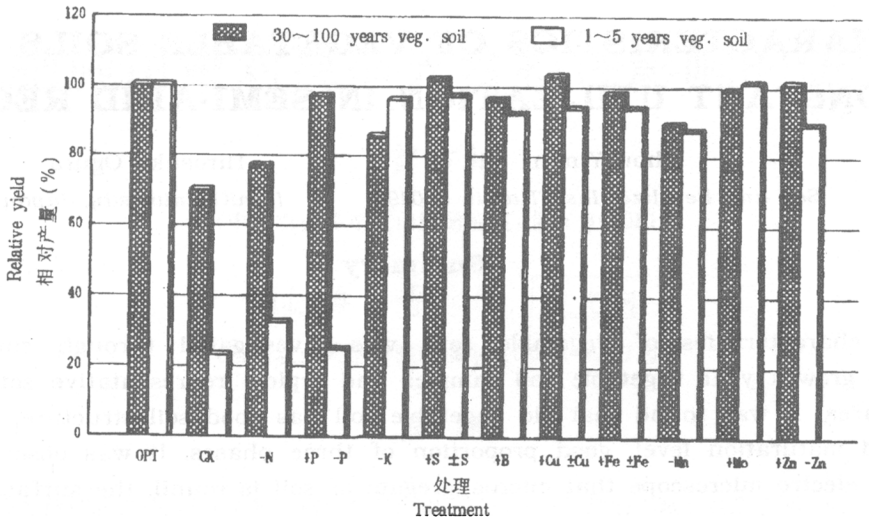


图4 不同种植年限菜园土壤养分限制因子诊断结果

Fig.4 The diagnosis of nutrients deficiency in two kinds of vegetable soils

参 考 文 献

1 天津市农村社会经济调查队．天津市农村社会经济统计资料1985～1995．天津人民出版社．

2 周艺敏等．天津市菜园土壤培肥及存在问题．土壤肥料，1986，5：18～23．

3 Zhou Yimin，Jin Haichen．Characteristics and nutrient dignoses of vegetable soil in Tianjin．AVTA Agriculture Borei-sinic，1993，1：98～108．

4 王雪冲等．菜园土壤肥力特性的变化及其培肥措施．土壤通报，1985，4：180～183．

5 嶋田永生．菜田土壤老朽化及其改良．蔬菜营养生理与土壤（日文）．农山渔村文化协会，1976，10～96．

6 傅积平等．菜园土是人工培育的肥沃土壤．土壤，1960，6：15～18．

7 吴海潮．对园田土壤高度熟化问题的几点认识．1961．

8 沈汉．京郊菜园土壤元素累积与转化特征．土壤学报，1990，27(1)：104～113．

9 中国土壤学会农业化学专业委员会编．土壤农业化学常规分析方法．科学出版社，1983．

10 小仓宽典．土壤病害手册（日文）．日植防协会，1984，23～65．

11 关松荫等．土壤酶及研究法．农业出版社，1986，12～13，53～54，171～172．

12 Hunter AH．Laboratory and greenhouse techniques for nutrient survey to determine the soil amendments required for optimum plant growth．Mineograph，Agro，Service International，Florida，USA 1988．

13 关松荫等．我国主要土壤剖面酶活性状况．土壤学报，1984，21(4)：370～373．

CHARACTERISTICS OF VEGETABLE SOILS AND CONSTANT UTILIZATION IN SEMI-ARID REGION

Zhou Yimin
(Soil and Fertilizer Inst. Tianjin 300192)

Hirosuke Ogura
(KinKi University, Japan)

Summary

The characteristics of vegetable soils was investigated through surveying 200 different growth year vegetable soil samples and typical representative soil profiles in Tianjin area. It was found that old vegetable soil has good soil structure, thick arable level and maturation level, good proportion of three phases. It was observed through scanning electro microscope that microaggregate of soil is round, the surface is coarse, the bonds among them are loose, and has more pores compared to the new cultivated vegetable soils whose microaggregate has a tighter bonds among them, less pores, smoother surface and has no interrelated channels each other. The nutrient accumulation in soil arable level is obvious, the characteristic of accumulation is readily availible P>total N>OM>total P>readily availible N, and soil total potassium difference is not obvious. The distribution of nutrients in soil profiles showed the characteristic of deep level accumulation of nutrients, the order of accumulation is approximately same with the arable level. The analytical results of soil total elements and clay minerals showed that ignition loss and CaO content of total soil body is twice or three times higher than that of control treatment; the content of MgO, MnO, Al_2O_3, Fe_2O_3, P_2O_5 is 20%～60% higher and the content of SiO_2, Na_2O is 20%～40% lower than that of control; the content of TiO_2, K_2O has almost no change. The total vegetable soil body mainly comprises of water-mica along with some quartz, mont morillolite and a little kaolonite. The mineral composition of the total soil body has no change compared to the control treatment. Bacterias and fungi in soils are 2～3 times higher and actinomycetaceae is one time higher than control; soil enzyme activity is high, the activity of enzyme in 4 soils is 2～5 times higher than that of control. The changing trends of microflora in vegetable soils of different development ages showed that old vegetable soil has a trend that amount of bacteria, actinomycetaceae is more and amount of fungi is less. The diagnostic results of eleven nutrients abundance/ deficiency by using method of soil nutrients systematic approach indicated that in old vegetable soils, the order of limiting factors is N>K>P>Mn, the relative yield in no fertilizer plot reached over 70%, in new vegetable soils, the order of limiting factors is P>N>K>Zn>Fe>Mn>S, the relative yield in no fertilizer plot reached only over 20%. There is a great difference in vegetable yield and productivity due to the different soil fertility. It's an urgent need to improve fertility of new cultivated vegetable fields for high yielding, good qualities, and high efficiency of vegetable production.

Key words Semiarid region Vegetable soil Characteristics of fertility