

长期施肥对菜地土壤磷素积累的影响

于群英 李孝良 陈世勇 汪建飞

(安徽科技学院 资环系 安徽 凤阳 233100)

摘要:以温室、大棚和菜粮轮作3种不同类型菜地土壤为材料,研究了菜地土壤全磷、有机磷、有效磷、无机磷组分含量变化及其土体分布特征。结果表明,菜地土壤磷素积累量大、积累速度快,10年左右的温室菜地和大棚菜地土耕层全磷含量增加1 000 mg/kg左右,积累速度约100 mg/kg年,菜粮轮作土壤磷素积累数量相对较少。菜地土壤积累的磷主要是无机磷,0~20 cm土层中无机磷含量占土壤磷素总量的90%以上,菜地土壤有机磷积累数量较少,其含量为130~170 mg/kg。菜地土壤磷素主要分布于0~20 cm耕作层中,其含量一般为0~80 cm土体磷素总量的50%。与母质土壤相比,菜地土壤中下部土层也有磷素积累现象,种菜时间越长,其积累量越多,特别是有机磷在菜地土壤中有较明显的淋溶特征。菜地土壤无机磷组分与母质土壤相比变化很大,而且不同类型菜地土壤无机磷组分变化不同,潮菜地土无机磷组分以 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 和 O-P 为主,与母质土壤相比, $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 和 Al-P 含量增加较多, $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 含量仅有微量增加。黑姜菜地土无机磷组分以 Al-P 、 O-P 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 为主,与母质土壤相比,含量均增加较多。菜粮轮作土壤无机磷组分以 Fe-P 和 O-P 为主,与母质土壤相比, Fe-P 含量增加较多。菜地土壤 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 和 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 绝大部分积累于耕作层,占0~80 cm土体中 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 和 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 总量的70%~80%。菜地土壤有效磷含量普遍较高,10年左右的典型菜地耕作层土壤有效磷含量为200 mg/kg左右。

关键词:菜地土壤;有机磷;无机磷组分;有效磷;长期施肥

中图分类号:S153.6;S155.4⁺1 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)06-0196-06

Effect of Long-term Fertilization on Phosphorus Accumulation in Vegetable Soils

YU Qun-ying, LI Xiao-liang, CHEN Shi-yong, WANG Jian-fei

(Department of Resources and Environmental Sciences, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: This paper reported the content of total phosphorus (P), organic P, available P and inorganic phosphorus (Pi) fractions in three type of vegetable soils. The results showed that the total P content in 10-year greenhouse vegetable soils was 1 000 mg/kg higher than that of cereal crop soils. The accumulation rate of total P was nearly 100 mg/kg per year, and the content of P accumulation in the vegetable-crop rotation soils was lower. The main P form accumulated in the vegetable soils was Pi, which was above 90% of the total P, while organic P content was 30–170 mg/kg. Most of the P accumulated in vegetable soils was distributed in plough layer (0–20 cm in depth). But compared with the cereal crop soils, P accumulation was observed in middle and subsoil in vegetable soils. It is especially that organic phosphorus showed relatively serious leaching characteristics. Different types of vegetable soils changed differently in Pi fractions. Pi in alluvial vegetable soil was mainly Ca-P and O-P , and the contents of $\text{Ca}_8\text{-P}$, $\text{Ca}_2\text{-P}$, Al-P increased much more and $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ increased slightly. Pi content in black clay vegetable soil was mainly Al-P , O-P , $\text{Ca}_8\text{-P}$, and $\text{Ca}_2\text{-P}$, while content of Al-P , O-P , $\text{Ca}_8\text{-P}$ and $\text{Ca}_2\text{-P}$ increased much more. Pi content in vegetable-crop rotation soils was mainly the form of Fe-P and O-P , while content of Fe-P increased much more. Most of $\text{Ca}_2\text{-P}$ and $\text{Ca}_8\text{-P}$ accumulated in plough layer soil, and 70% of the total amount of the Pi fractions accumulated in 0–80 cm in depth in soil profile. Available P (AP) content in typical old vegetable soils was about 200 mg/kg.

收稿日期:2012-08-21

基金项目:安徽省科技攻关项目(08010302161);安徽科技学院重点学科项目(YZD201002)

作者简介:于群英(1958-),男,河北沧州人,教授,主要从事土壤环境质量研究。

Key words: Vegetable soil; Organic phosphorus; Inorganic phosphorus Fractions; Available phosphorus; Long-term fertilization

菜地土壤的母质土壤多种多样,土壤理化性质变化很大,但由于长期受到施肥、灌溉、耕作以及特殊环境条件的影响,土壤逐步演变成较为一致的新的成土过程,如土壤酸化、盐分积累、养分积累等,形成新的土壤类型。至今,虽有一些关于菜地土壤理化性质等方面的报道^[1-7],但总的来说,人们对菜地土壤形成过程、演化规律、菜地土壤物质积累和转化规律等认识还比较肤浅。在菜地土壤养分积累中,土壤磷素积累是最为特殊的,其积累量大,土体分布集中,可以认为是菜地土壤的最重要特征之一。近年来,已有一些这方面的报道^[3-7],但对菜地土壤磷素积累规律,特别是对不同类型的菜地土壤无机磷组分的积累规律研究较少。安徽省沿淮淮北地区,菜地土壤面积很大,有日光温室、塑料大棚等典型菜地,也有连片种植的菜粮轮作土壤。这些菜地土壤主要是在潮土、砂姜黑土、黄褐土、石灰土等类型土壤上经过长期种植蔬菜而逐步形成的,尽管本地区菜地土壤种植时间长短不一,有的只有10年左右,有的长达30多年,但菜地土壤特征是非常明显的,对研究菜地土壤物质积累与转化、菜地土壤形成、演变及其分类都是很好的材料。本研究分析了其中3种典型菜地土壤的磷素积累特征。

1 材料和方法

1.1 土壤样品及其采集

土壤样品采自蚌埠、怀远、固镇等地,菜地土壤包括日光温室、塑料大棚和菜稻轮作菜地土壤。日光温室和塑料大棚主要种植番茄和黄瓜,N、P、K施用量分别为750、450、600 kg/hm²,优质有机肥22.5 t/hm²,菜稻轮作菜地土壤N、P、K施用量分别为300、225、300 kg/hm²,优质有机肥22.5 t/hm²,均为常年连续施用。日光温室和塑料大棚土壤样品的采样时间为5~6月,菜稻轮作土样采样时间为10月(此时小麦、水稻刚刚收获,菜地已经清棚,土壤尚没有耕翻,能够获得较为准确的分层样品)。粮田土壤均采自与菜地相邻的普通农田土壤,是经过调查分析而确定的,可以作为对照样品,每个土壤样品均为3~5块相邻农田的混合样,每块农田5点土样混合。菜地土壤样品按种菜时间和起源土壤不同采集,每个土壤样品均为3~4个大棚或温室的混合样,温室面积一般为600 m²,大棚面积一般为700~1 300 m²,每个温室的土样5点混合,每个大棚的土样6~8

点混合。0~20 cm土样用土铲采集,20 cm以下用土钻采集。土样采回后及时风干,磨细过筛备用。

1.2 测定方法和土壤磷积累率计算

土壤全磷采用碱溶-钼锑抗比色法、土壤有机磷采用灼烧法、土壤无机磷采用蔣柏藩-顾益初法、土壤有效磷采用pH值8.5 0.5 mol/L NaHCO₃浸提钼锑抗比色法^[8]。

土壤磷积累率=(菜地土壤含磷量-粮田土壤含磷量)/粮田土壤含磷量。

2 结果与分析

2.1 菜地土壤磷素的基本特征

土壤磷素可分为无机磷和有机磷两大类,其中无机磷又可分为二钙磷(Ca₂-P)、八钙磷(Ca₈-P)、十钙磷(Ca₁₀-P)、铝磷(Al-P)、铁磷(Fe-P)和闭蓄态磷(O-P)4种组分。表1和表2列出了3种菜地土壤及其起源土壤全磷、有机磷和无机磷及其组分含量和分布状况,可以看出,菜地土壤磷素积累明显,如10年和15年潮菜地土(起源于黄潮土的菜地土,下同)耕层土壤全磷含量与其母质相比分别增加了1 140.7、1 377.9 mg/kg,全磷积累率分别达到1.58和1.91。

黑姜菜地土(起源于黑姜土的菜地土,下同)全磷积累率更高,高者达4.0左右。测定了本地区若干个典型菜地耕层土壤全磷含量,10年左右的菜地土全磷含量一般可增加1 000 mg/kg左右,在这一阶段,土壤全磷含量增加很快,其积累速度每年约为100 mg/kg,其后土壤全磷积累速度明显减慢。菜地土壤全磷积累既与种菜时间有关,也受菜地土壤类型影响,本地区菜粮轮作菜地土全磷含量增加就比较少(表2)。从表1还可看出,菜地土壤积累的磷主要是无机磷,如10年和15年棚潮菜地土0~20 cm土层中,土壤无机磷积累率分别为1.71和2.03,而土壤有机磷积累率仅分别为0.53和0.91,黑姜菜地土和菜稻轮作土壤也是如此。从土壤有机磷相对含量也可以看出,菜地土壤有机磷占土壤全磷的比率明显低于粮田土壤,如砂姜黑土表层土壤有机磷含量占土壤全磷的19.2%,而黑姜菜地土有机磷相对含量都低于10%,说明菜地土壤积累的主要是无机磷,这种现象显然是由于长期大量施用化学磷肥、有机肥料使用较少而造成的。菜地土壤磷素主要积累于耕作层,但耕作层以下也有一定数量磷积

累,甚至可以达到 60~80 cm 以下土层,而且主要是有机磷。如 15 年潮菜地土 60~80 cm 土层中无机磷的积累率为 0.23,而有机磷积累率为 0.83,高了 4 倍左右,菜稻轮作土壤也是如此,60~80 cm 土层中无机磷的积累率仅为 0.08,而有机磷积累率高达 1.13,为无机磷积累率的 13 倍左右。水溶态磷进入

土壤后,很容易发生化学固定或吸附固定,所以无机磷在土壤中移动性较差,相比较而言,土壤有机磷移动性要高^[6],因此,出现菜地土壤耕作层无机磷积累率高于有机磷,而底层土壤无机磷积累率低于有机磷的现象。

表 1 菜地土壤全磷、有机磷和无机磷组分含量状况

Tab. 1 Content of total P, organic P and Pi fractions in the vegetable soils

采样地点 Place	母质 Parent material	棚龄/年 Planting years	种植方式 Planting model	土层/cm Depth	全磷 /(mg/kg) Total P	有机磷 /(mg/kg) Organic P	无机磷 /(mg/kg) Pi	无机磷组分含量/(mg/kg) Pi fractions content					
								Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Ca ₁₀ -P	Al-P	Fe-P	O-P
怀远 Huaiyuan	黄潮土	0	小麦大豆	0~20	721.8	80.1	641.7	7.4	61.3	397.6	30.7	37.7	107.0
				20~40	570.1	52.6	517.5	3.6	8.4	378.4	18.7	16.7	91.7
				40~60	564.6	40.1	524.5	3.3	9.4	395.2	14.0	19.9	82.7
				60~80	524.6	22.9	501.7	1.6	5.3	388.2	9.5	11.7	85.4
		10	大棚	0~20	1 862.5	122.6	1 739.9	266.3	681.1	408.3	83.6	76.1	224.5
				20~40	700.6	65.7	634.9	21.3	56.2	382.7	26.1	35.4	113.2
				40~60	622.4	51.2	571.2	9.4	20.1	396.3	16.2	35.7	93.5
				60~80	541.9	27.9	514.0	2.8	8.6	388.7	10.7	11.8	91.4
		15	大棚	0~20	2 099.4	152.6	1 946.8	363.9	681.9	427.3	175.2	81.3	217.2
				20~40	897.8	97.5	800.3	72.3	97.0	394.1	51.9	48.5	136.5
				40~60	734.9	70.2	664.7	22.4	48.2	399.4	38.7	35.8	120.2
				60~80	617.8	41.3	576.5	9.6	15.7	398.6	30.2	23.7	98.7
固镇 Guzhen	黑姜土	0	小麦玉米	0~20	397.8	75.1	322.7	16.5	9.3	115.4	26.6	43.1	111.8
				20~40	279.1	43.2	235.9	3.8	1.9	109.2	15.3	15.3	90.4
				40~60	268.5	36.7	231.8	2.7	0.8	115.7	10.2	17.2	85.2
				60~80	233.2	26.2	207.0	0.6	0.2	120.8	9.6	10.1	65.7
		5	温室	0~20	1 028.0	92.0	936.0	118.0	281.0	124.1	138.5	66.5	208.0
				20~40	482.5	59.1	423.4	38.2	84.1	117.2	46.8	37.8	99.3
				40~60	308.2	41.4	266.8	5.6	9.2	115.8	28.6	21.4	86.2
				60~80	245.2	29.8	215.4	1.7	2.4	121.6	10.7	13.7	65.3
		12	温室	0~20	1 622.3	139.0	1 483.3	214.5	312.2	147.1	416.0	152.5	240.9
				20~40	701.6	87.9	613.7	52.6	116.5	126.1	116.5	91.7	110.3
				40~60	417.7	52.7	365.0	18.7	25.8	118.6	56.1	50.2	95.6
				60~80	290.7	36.6	254.1	3.4	9.6	123.7	20.3	25.4	71.7
		23	温室	0~20	1 970.4	156.0	1 814.3	260.1	338.4	167.7	517.2	171.7	359.2
				20~40	945.4	115.3	830.1	114.8	148.5	133.3	171.0	124.8	137.7
				40~60	526.0	78.6	447.4	21.4	27.3	127.3	96.2	62.5	112.7
				60~80	367.5	56.5	311.0	13.6	11.5	132.7	47.8	30.8	74.6

表 2 菜粮轮作土壤全磷、有机磷和无机磷组分含量状况

Tab. 2 Content of total P, organic P and Pi fractions in the vegetable-grain soils

采样地点 Place	母质 Parent material	棚龄/年 Planting years	种植方式 Planting model	土层/cm Depth	全磷 /(mg/kg) Total P	有机磷 /(mg/kg) Organic P	无机磷 /(mg/kg) Pi	无机磷组分含量/(mg/kg) Pi fractions content					
								Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Ca ₁₀ -P	Al-P	Fe-P	O-P
蚌埠 Bengbu	黄白土	0	水稻小麦	0~5	392.8	116.7	276.1	11.6	5.6	75.2	14.6	45.6	123.5
				5~10	379.8	115.2	264.6	10.6	5.3	70.1	14.2	42.1	122.3
				10~20	369.9	114.8	255.1	9.1	5.1	65.8	14.3	35.8	125
				20~40	237.8	82.6	155.2	2.8	1.3	36.7	2.6	15.3	96.5
				40~60	176.7	36.5	140.2	1.6	1.8	29.8	0.9	11.4	94.7
				60~80	164.8	25.7	139.1	0.5	0.7	39.1	0.6	4.3	93.9
		12	水稻蔬菜	0~5	645.4	148.6	496.8	41.2	21.6	89.6	42.6	153.2	148.6
				5~10	611.9	149.2	462.7	37.6	19.1	84.4	38.8	140.0	142.8
				10~20	575.1	146.7	428.4	28.3	13.5	82.1	32.7	135.1	136.7
				20~40	272.0	78.6	173.4	3.3	2.3	35.6	3.1	15.5	113.6
				40~60	212.8	61.2	151.6	1.6	1.9	31.8	0.9	9.7	105.7
				60~80	205.4	54.7	150.7	0.7	0.8	38.2	0.6	6.2	104.2

2.2 菜地土壤无机磷组分含量和分布特征

综上所述,菜地土壤无机磷在耕作层积累是菜地土壤形成的最重要特征,从表1和表2可以看出,菜地土壤中各种形态的无机磷不具有一致的积累性,菜地土壤无机磷组分积累存在较大差异,而且不同类型菜地土无机磷组分积累状况也不同。怀远菜地虽然地处淮河北岸,但其成土母质并不是淮河冲积物,而是黄河泛滥南侵形成的近代黄泛沉积物,形成典型的黄潮土,土壤碳酸钙含量高,pH值都在8以上,是典型的石灰性土壤,在这种土壤上形成的潮菜地土与其起源土壤相比,无机磷组分含量有的增加很多,有的增加较少,有的几乎没有发生什么变化。黄潮土 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 含量很高,远远高于相同地区的其他土壤类型,是黄潮土独具的土壤无机磷组成特征,成为菜地后, $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 含量并没有发生明显变化,即使连续种菜15年,投入大量无机磷肥的条件下,土壤 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 含量也仅有微量变化(表1),所以在石灰性土壤中, $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 是最为稳定的无机磷形态,不易升高也不宜降低,一些长期定位试验结果也说明了这一点^[9-12]。在潮菜地土壤中,积累了大量的 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 和 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 。如15年潮菜地土耕层 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 和 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 含量分别为363.9,681.9 mg/kg,而相邻粮田其含量仅为7.4,61.3 mg/kg。 Al-P 积累率也较高,达到4.73,而 Fe-P 和 O-P 积累率仅为1.22和0.91,说明 Al-P 也是一种活性较高的无机磷形态。从潮菜地土无机磷组分相对含量(图1)也可以看出,潮土变为菜地土后, $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 和 Al-P 相对含量都明显增加了,而 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 、 Fe-P 和 O-P 相对含量减少了。

黑姜菜地土各种形态无机磷都有积累现象,按积累率大小排序为 $\text{Ca}_8\text{-P} > \text{Al-P} > \text{Ca}_2\text{-P} > \text{Fe-P} > \text{O-P} > \text{Ca}_{10}\text{-P}$ 。从无机磷组分相对含量(图2)看,与母质相比,黑姜菜地土表层土壤 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 和 Al-P 含量逐步升高, $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 含量逐步降低, $\text{Ca}_8\text{-P}$ 含量先升高再降低。与潮土菜地土相比,黑姜菜地土无机磷组分还有如下特点:第一,黑姜菜地土的钙磷积累量小于潮菜地土。第二,黑姜菜地土和潮菜地土的母质 Al-P 、 Fe-P 含量基本相同,但形成菜地土之后黑姜菜地土 Al-P 、 Fe-P 含量明显高于潮菜地土。这2种菜地土在肥料种类和肥料用量基本一致,由于土壤性质不同而演化为2类不同的土壤无机磷组分状况,这种现象在菜地土壤分类上应该有指导意义。第三,黑姜菜地土也存在 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 最大固定量问题,只是黑姜菜地土 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 最大固定量要明显小于潮菜地土。第四,黑姜菜地土和潮菜地土无机磷相对含量变化趋势基本一致,即与粮田土壤相比,菜地土壤

$\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 和 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 相对含量降低, $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 和 Al-P 相对含量增加(图1、2)。

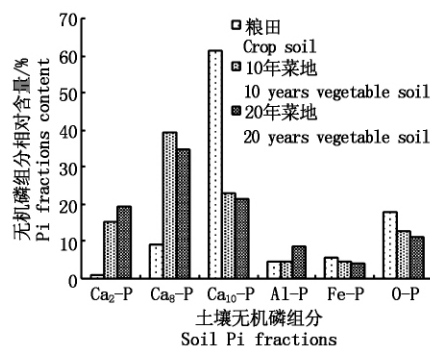


图1 潮菜地土无机磷组分相对含量

Fig.1 Relative content of Pi fractions in alluvial vegetable soil

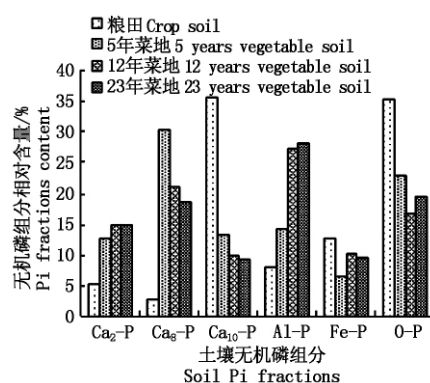


图2 黑姜菜地土无机磷组分相对含量

Fig.2 Relation content of Pi fractions in black clay vegetable soil

菜粮轮作土壤及其起源的黄白土无机磷组分含量列于表2。从表2可以看出,菜粮轮作土壤主要积累的是 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 和 Al-P ,但其积累率要比前面两种菜地土少得多。从土壤无机磷组分相对含量(图3)看,黄白土的无机磷组分相对含量大小排序为 $\text{O-P} > \text{Ca}_{10}\text{-P} > \text{Fe-P} > \text{Al-P} > \text{Ca}_2\text{-P} > \text{Ca}_8\text{-P}$,闭蓄态磷相对含量最高,但其菜地土无机磷组分相对含量大小排序发生改变,变为 $\text{Fe-P} > \text{O-P} > \text{Ca}_{10}\text{-P} > \text{Al-P} > \text{Ca}_2\text{-P} > \text{Ca}_8\text{-P}$,可以看出,这种菜地土利于发生 Fe-P 和 O-P 的积累。

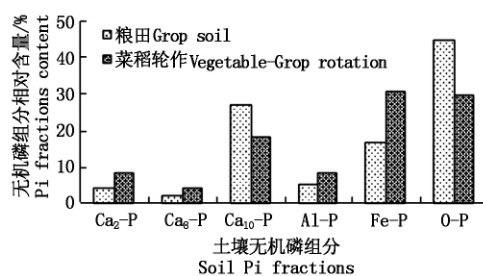


图3 粮菜轮作土壤土无机磷组分相对含量

Fig.3 Relative content of Pi fractions in vegetable-grain soil

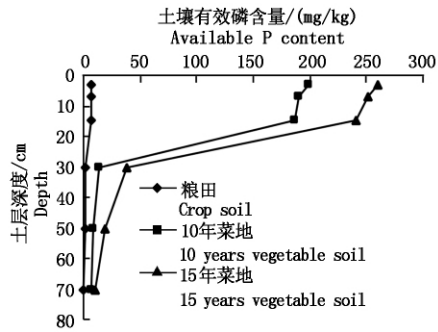


图4 潮菜地土有效磷土体分布

Fig. 4 Content of AP in alluvial vegetable soil profile

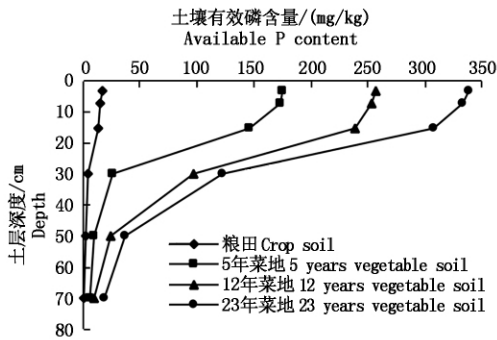


图5 黑姜菜地土有效磷土体分布

Fig. 5 Content of AP in black caly vegetable soil profile

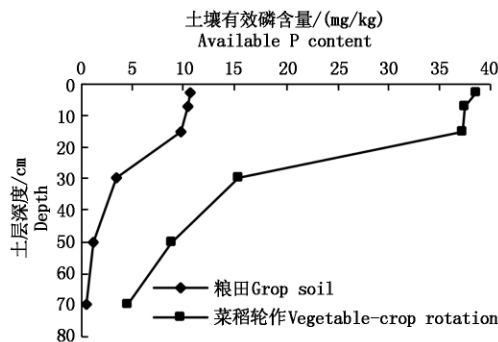


图6 粮菜轮作菜地土有效磷土体分布

Fig. 6 Content of AP in vegetable-grain soil profile

2.3 菜地土壤有效磷含量变化

菜地土壤有效磷含量及其在土体中的分布状况如图4~6所示。从图4~6可以看出,菜地土壤与其相邻粮田土壤相比,土壤有效磷含量都明显增加了。种菜时间越长,土壤有效磷含量增加就越多。如在黄潮土上形成的15年大棚菜地土表层土壤中有有效磷含量分别达到260.2 mg/kg,而其母质有效磷含量仅为7.8 mg/kg,有效磷积累率32.4。在黑姜土上形成的5、12、23年温室菜地土表层土壤有效磷含量分别达到175.2、256.7、338.3 mg/kg,其母质有效磷含量为16.7 mg/kg,3种菜地土壤有效磷积累率分别为9.5、14.4和19.3,菜稻轮作土壤有效磷含量增加较少,其表层土壤有效磷积累率仅为2.6。在土体中,菜地土壤有效磷主要积累于0~20 cm土层中,20 cm以下土壤有效磷含量急剧减少,各种菜

地土都是这样,如15年潮菜地土0~20 cm土层中有效磷平均含量为248.4 mg/kg,占0~80 cm土体中有效磷总量的78.4%;23年黑姜菜地土0~20 cm土层中有效磷平均含量为321.9 mg/kg,占0~80 cm土体中有效磷总量的64.6%,菜稻轮作土壤这一比例也达到56.7%,1/4的土层积累了2/3左右的有效磷。

3 讨论

菜地土壤最主要的形成特征就是土壤磷素积累,而且主要是无机磷积累,很多报道都说明了这一点^[3-7]。由于土壤无机磷是由多种组分组成的,而且不同组份无机磷的形成、转化及其生物有效性等都存在差异,所以,仅仅了解菜地土壤无机磷总量状况是不够的。我们对潮菜地土和黑姜菜地土无机磷组分测定结果表明,这2类菜地土壤无机磷组分存在很大差异,潮菜地土无机磷以 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 为主,其次为 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 和 $\text{Ca}_2\text{-P}$,黑姜菜地土无机磷主要为 Al-P 、 O-P 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 和 $\text{Ca}_2\text{-P}$,菜地土壤中 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 含量还基本保持其母质的含量特征。菜地土壤有机磷也有不同程度的积累,但与无机磷积累量相比要少得多,我们测定了本地区若干个典型菜地耕层土壤有机磷含量,含量主要分布在130~180 mg/kg,其含量水平比有关资料报道的菜地土壤有机磷含量少^[3,7]。菜地土壤有机磷含量主要受土壤有机质含量制约,而土壤有机质含量又受到有机肥料使用量、种类以及土壤有机质矿化率等因素影响,菜地土壤耕作频繁、土壤温度高、水分条件好,土壤有机质矿化率高,有机肥施用量又较少,所以土壤有机质难于积累,绝大多数菜地耕层土壤有机质含量分布在15~19 g/kg范围,属于低含量水平,在这种情况下,土壤有机磷含量自然也不会高。

磷在土体中垂直移动问题一直为人们所关注,一些研究表明,在一定条件下,如土壤质地较轻、上部土层磷素含量高、土壤有机质丰富、水量大等都可以促进磷素在土体中的垂直移动^[8-9]。有长期定位试验表明,即使在富含碳酸钙的石灰性土壤中,在配施有机肥料条件下,土壤磷素下移数量也是不容忽视的^[9-10]。在我们调查的地区,菜地土壤磷肥用量普遍较高,一般要比普通粮田高5~10倍,再加上灌水频繁,灌水量大,土壤质地较轻等,菜地土壤磷素下移现象非常普遍。不过,应该指出,磷素在土体中的下移数量在不同类型菜地、菜地形成的不同阶段以及不同磷肥用量条件下是有所不同的,潮菜地土富含碳酸钙、土壤pH值高,水溶磷主要为钙体系所

控制,磷的下移数量就没有微酸性的黑姜菜地土高,尽管2种菜地土其他条件基本一致。菜粮轮作土壤磷肥用量少,磷素下移数量最低。磷素在土体中的下移数量还受到菜地土壤形成阶段影响,在菜地土形成的初始阶段(10年以下的新菜地土),由于土壤对磷的缓冲作用,磷在土体中的下移数量相对较少,而在种菜时间较长的老菜地土中,磷在土体中的下移数量明显增多,所以,应该加强对老菜地土壤磷素移动问题的研究。另外,还应该指出,菜地土壤有机磷淋溶也是不容忽视的,如15年潮菜地土60~80 cm土层中有机磷增加量占了磷素增加总量的19.7%,23年黑姜菜地土则更高。

一般把普通农田土壤有效磷临界指标定为10~15 mg/kg,在目前生产水平条件下,对绝大多数作物来说是适宜的,按此标准指导磷肥施用基本可行,但对蔬菜生产来说,这一标准则相差甚远。因此,有人提出,菜地土壤有效磷含量临界指标应提高到60 mg/kg左右,60~90 mg/kg为适宜,超过90 mg/kg为丰富,这一标准对普通菜地一般是可行的,但对蔬菜产量很高的菜地如温室菜地等还可能存在问题,在我们调查的地区,温室菜地主要种植番茄,每个温室面积约为660 m²,番茄产量1万 kg左右,根据番茄单位产量磷素需要量计算,需要磷素(P)22 kg左右,按此计算,菜地土壤上部土层有效磷含量为150 mg/kg左右时才能满足其要求,所以,当地农民反映10年以下的新菜地,磷铵(含P₂O₅ 46%)用量不能小于1200~1500 kg/hm²,否则,番茄产量就会明显降低。所以,菜地土壤有效磷临界指标不能像普通农田那样只有一个临界指标,应该根据菜地土壤类型而定,如温室菜地就应该高些。

参考文献:

- [1] 马茂桐,陈际型,谢建昌.我国菜园土壤的养分状况与施肥[C]//菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥论文集.南京:河海大学出版社,1997:25-31.
- [2] 葛晓光,张恩平,高慧,等.长期施肥条件下菜田-蔬菜生态系统变化的研究[J].园艺学报,2004,31(2):178-182.
- [3] 刘建玲,张福锁,杨奋翮.北方耕地蔬菜保护地的土壤磷素状况研究[J].植物营养与肥料学报,2000,6(2):179-186.
- [4] 宋付朋,张民,于林.石灰性菜园土壤中各形态磷素的富集与变异特征[J].水土保持学报,2005,19(6):65-69.
- [5] 周晓芬,杨军芳,冯伟,等.设施菜田土壤磷、钾养分积累状况与特点[J].华北农学报,2008,23(4):196-200.
- [6] 王朝辉,宗志强,李生秀.菜地和一般农田土壤主要养分积累的差异[J].应用生态学报,2002,13(9):1091-1094.
- [7] 王新民,侯彦林.日光温室土壤磷素形态及空间分布特征[J].农业环境科学学报,2004,23(1):72-75.
- [9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999:166-179.
- [10] 单艳红,杨林章,沈明星,等.长期不同施肥处理水稻土磷素在剖面的分布与移动[J].土壤学报,2005,42(6):970-975.
- [11] 谢林花,吕家珑,张一平,等.长期施肥对石灰性土壤磷素肥力的影响[J].应用生态学报,2004,15(5):790-794.
- [12] 吕加珑,张一平,陶国树,等.23年肥料定位试验0~100 cm土壤剖面中各形态磷之间的关系研究[J].水土保持学报,2003,17(3):48-50.
- [13] 刘树堂,韩晓日,迟睿,等.长期定位施肥对无石灰性潮土磷素状况的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):43-46.