

不同时期典型塬土剖面肥力特征与耕层肥力指数比较分析^①

摄晓燕¹, 谢永生^{1,2*}, 王辉¹, 张应龙¹

(1 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘要: 利用历史典型剖面土样及资料, 采用原位采样及相同测定方法研究 30 年来不同时期塬土剖面的肥力特征及演变。结果表明: 30 年来塬土耕层的综合肥力水平在不断提高, 耕层土壤中全氮含量增加 40.7%, 由四级水平提高到三级水平; 碱解氮含量增加 56.1%, 由五级水平提高到四级水平; 全磷含量增加 44.5%, 由三级水平提高到一级水平; 速效磷含量增加 204.0%, 由四级水平提高到二级水平; 速效钾含量累积 57.6 mg/kg, 由三级水平提高到二级水平; 有机质含量由 12.42 g/kg 增加到 18.98 g/kg, 但还一直处于四级水平。由此, 提出该区土壤培肥的对策是控磷、控钾, 增氮、增施有机肥。

关键词: 不同时期; 塬土; 剖面; 肥力特征

中图分类号: S158.2

土壤是农业生产的基础^[1], 它在自然因素与人为因素的综合作用下, 处于不断的变化与更新之中^[2-3]。土壤的本质属性是具有肥力, 而土壤养分含量状况又是土壤肥力的物质基础^[4]。多年来人们从不同角度对土壤肥力进行了研究^[5-8], 但基于土壤剖面肥力演变方面的报道甚少。我国曾于 20 世纪 50 和 80 年代进行过两次土壤普查, 摸清了当时我国土壤肥力的基本状况, 但之后没再进行类似的工作。现在除部分地区进行了土壤调查外, 我们使用的土壤肥力数据大都是第二次土壤普查的资料。那么, 近 30 年来我国不同区域土壤肥力的演变取向及趋势如何, 是广大土壤工作者关注的热点问题。目前, 一些学者通过调查分析, 对个别土类耕层土壤养分状况及历史演变进行了探索研究, 提出了部分土类土壤养分的分布状况及时空演变规律^[9-11]。黄健等^[9]通过对黑土土壤肥力变化的研究发现, 黑土中有机质、N、P 有了明显的改善。王茹等^[10]的研究结果表明, 潮土区 N、P 养分略有盈余, K 素处于亏缺状态。也有一些学者通过对典型区域的调查研究来揭示土壤肥力演变状况, 李新举等^[11]调查研究发现, 黄河三角洲耕地土壤有机质基本不变或增加, 碱解 N 变化不一, 有效 P 增加, 速效 K 呈下降趋势。王明录等^[12]研究发现, 宝鸡市耕地土壤中速效 K 含量在 1985 年到 2004 年的 20 年间增加了 13.5 mg/kg, 且川道塬区土壤中的速效 K 增加量最大, 为 39.9 mg/kg。由前

人的研究结果发现, 不同区域、不同类型的土壤肥力演变规律不尽不同, 需进行具体的调查研究。

塬土是在黄土母质上发育的一种古老的耕作土壤, 其主要分布于陕西关中平原区, 总面积达 97.7 万 hm^2 。在陕西省境内, 北至渭北台塬海拔 850 m 以下地区、南至秦岭北麓地带均有分布^[13]。塬土是我国土壤科学家鉴定命名的土壤类型, 是人类以长期使用土粪堆垫为主, 伴有黄土自然沉积作用, 经反复旱耕熟化过程而形成的一种优良农业土壤。塬土分布区具有悠久、连续的农耕历史, 人为活动对土壤的影响极其强烈, 同时塬土分布区又处黄土高原南部, 几千年来一直继续着黄土的沉积。对这样一种具有独特成土过程的高肥力土壤, 对其肥力演变的研究是十分重要的^[1]。但由于目前对土壤肥力的演变研究仅局限于耕层变化, 对剖面肥力演变的分析较少, 所以本试验在选取典型剖面, 原位采样的基础上, 研究在常规的耕种管理模式下, 不同历史时期塬土剖面的肥力特征, 从而探索其演变状况, 为充分发挥该土壤的生产潜力、指导合理施肥及促进该区农业的可持续发展提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

研究区域选取塬土广泛分布的陕西关中平原区,

^① 基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2006BAD05B10, 2006BAD09B10)、中国科学院方向性项目 (KSCX1-YW-N-15-04) 和中国科学院知识创新工程重大项目 (KSCX-YW-09-07) 资助。

* 通讯作者 (ysxie@ms.iswc.ac.cn)

作者简介: 摄晓燕 (1983—), 女, 山西岢岚人, 博士研究生, 主要从事土壤肥力演变方面的研究。E-mail: sxy0418@163.com

关中平原位于陕西省中部,即黄土高原南缘,西起宝鸡,东到潼关,南界秦岭,北接渭河北山,西窄东宽,东西长约 360 km,总面积 3.9 万 km²,约占全省面积的 19%。该区地势平坦,平均海拔 520 m,年平均气温 11℃~13℃,年平均降水量 500~700 mm,降水主要集中在夏、秋两季,光照条件较好,土壤肥沃,水源丰富,机耕、灌溉条件都很好,主要的土壤类型为壤土,地貌主要是黄土台塬和黄土覆盖阶地,人口密度高,盛产小麦、棉花,是陕西主要的农业生产区域^[14]。

1.2 研究材料与方法

1.2.1 数据来源 20 世纪 80 年代的资料来源于全国第二次土壤普查时陕西省的土壤普查报告及相应的出版刊物等,包括:武功县、扶风县和岐山县第二次土壤普查报告。2001 年的资料来源于中国科学院水利部水土保持研究所的资料库,包括:武功县、扶风县和岐山县未公开出版的土壤调查资料。2008 年的资料来源于本试验研究。

1.2.2 样品采集及处理 以陕西关中平原区(选取武功县、杨陵区、扶风县、岐山县)20 世纪 80 年代第二次土壤普查报告和 2001 年土壤剖面分析报告资料为依据(中国科学院水土保持研究所资料库),在历史时期参与采样调查的老师指导下,选取壤土典型剖面样点 18 个(图 1),并于 2008 年夏玉米收获后、冬小麦种植之前进行土样的采集。采样时用 GPS 定位,采集与资料记载相同或相近田块的剖面样品。土壤剖面按发生学层次分层采集,未采集母质层样品;耕层样采用网格布点法,采集同一地块 5 个样品的混合样。土壤剖面的挖掘、记载、描述,按土壤学的常规方法进行。土样经拣根、风干后,分别过 1 mm 和 0.25 mm 筛备用。

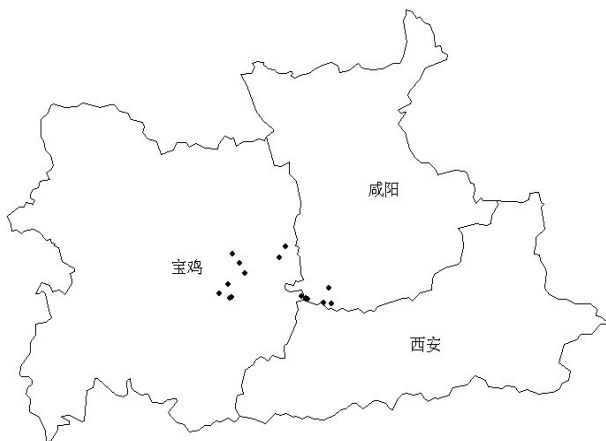


图 1 采样地理位置示意图

Fig. 1 The position of sampling sites

1.2.3 样品分析^[15] 选取与 20 世纪 80 年代第二次土壤普查和 2001 年土壤剖面分析时资料所记载的相同测定方法。土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定;全 N 采用半微量开氏法测定;碱解 N 采用碱解扩散法测定;全 P 采用 HClO₄-H₂SO₄ 消煮-钼锑抗比色法测定;速效 P 采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定;速效 K 采用 1 mol/L NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定,测定结果均以风干基表示。

1.3 数据处理

使用 Microsoft Office Excel 2007 软件进行数据处理及作图;使用 SPSS16.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA)、相关分析及因子分析。

2 结果与分析

2.1 壤土剖面肥力特征

壤土是在母质、气候、生物、地形和时间等自然因素及人类农业生产活动等人为因素的综合作用下形成的^[16],不同地点采集的土壤剖面在层次厚度及典型层次的划分上不尽相同,为了便于研究,以所有样品的平均值来构建典型剖面,进行不同历史时期肥力特征的对比分析^[17]。典型壤土剖面从上到下依次分为耕层、犁底层、古熟化层、古耕层、黏化层、钙积层和母质层 7 个层次^[12]。不同养分在土壤剖面中的含量分布状况不同(图 2),有机质、全 N、碱解 N、速效 K 呈“S 型”分布;速效 P 和全 P 为“中低型”分布。壤土剖面的肥力状况从整体来看,有机质、全 N、碱解 N、速效 K 含量随深度增加呈下降趋势,但在黏化层出现一个小峰值。速效 P 含量在犁底层中迅速减少,犁底层到黏化层趋于平衡,黏化层以下略有升高。全 P 含量在耕层、犁底层、古熟化层和古耕层中由上到下逐渐减少,古耕层以下呈增加趋势。不同养分在土壤剖面中的分布特点与关中平原区壤土特定的形成条件、气候因素及多年来土地利用、管理方式等有关。

2.2 不同时期壤土剖面养分含量的变化

2.2.1 壤土剖面有机质含量的时间变异 有机质是土壤的重要组成部分,也是反映土壤肥力高低的重要指标^[18-19]。在近 30 年常规的耕种、管理模式下,壤土剖面中有机质含量发生了明显的变化(表 1),耕层、犁底层、古熟化层中有机质含量呈现不断增加趋势,其中耕层变化最大,增加幅度达 52.8%,且增加效果显著。在土壤耕层,2001 年有机质含量比 20 世纪 80 年代第二次土壤普查时增加 10.7%,增加效果不显著;2008 年有机质含量又比 2001 年增加 38.1%,增幅较大,

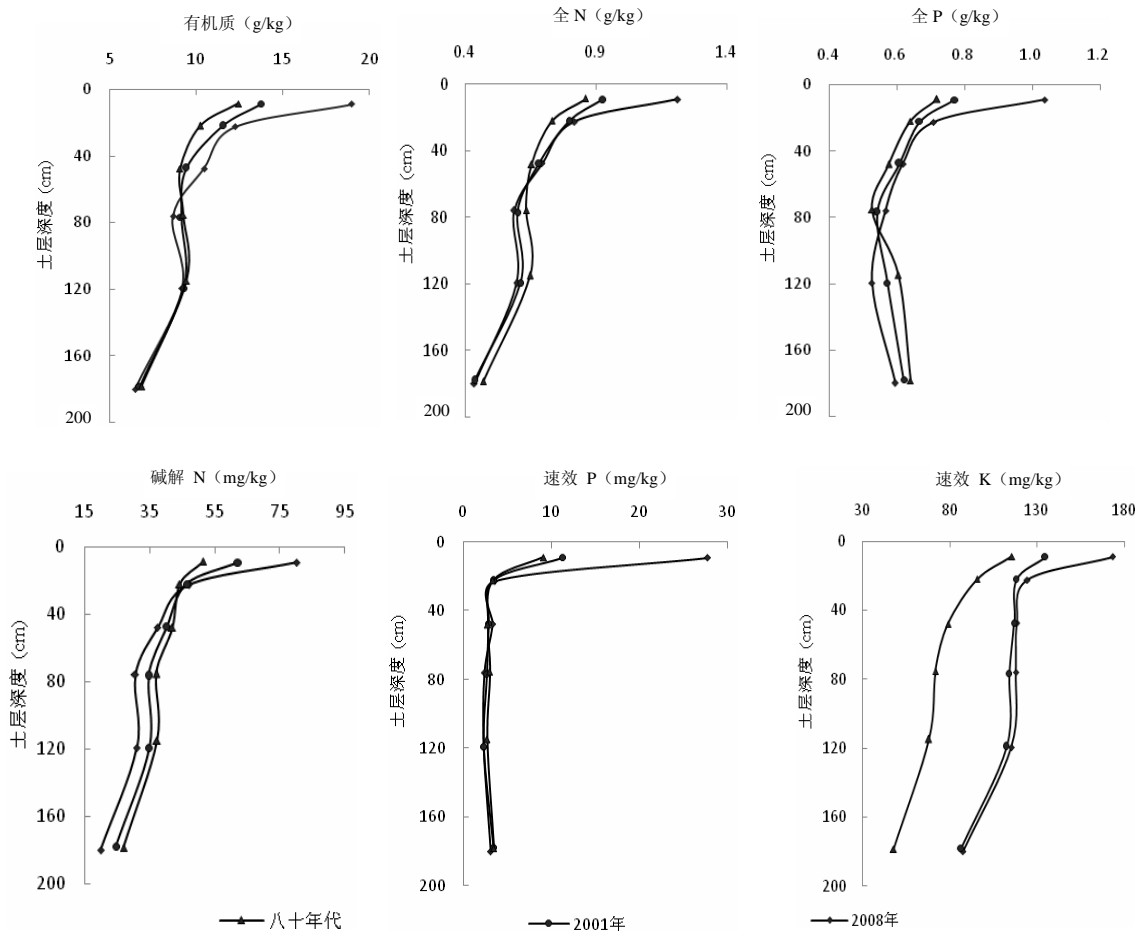


图 2 养分的土壤剖面分布

Fig. 2 Distribution of nutrients in soil profiles

增加效果显著。这主要是由于关中平原区持续投入人畜粪尿等有机肥, 化学肥料施用也日益科学化, 使土壤中的有机质不断累积; 同时, 20 世纪 90 年代末该区小麦品种由丰产 3 号更替为小偃 22 号后作物的生物量大幅度增加, 随着生物量增多, 留茬量不断增加, 进而促进土壤中有机质增加较多。土壤有机质含量在古耕层、黏化层、钙积层中有减少的趋势, 但不同时期差异不显著。说明近 30 年来塿土剖面中古熟化层以上有机质含量一直处于上升状态, 这对于提高土壤基础肥力极为有利。

2.2.2 塿土剖面 N 素含量的时间变异 近 30 年中, 塿土剖面中的全 N、碱解 N 含量与有机质含量的变化趋势基本一致 (表 1), 耕层、犁底层中 N 素呈不断累积状态, 耕层累积效果达显著水平, 累积幅度分别为 40.7% 和 56.1%。与 20 世纪 80 年代第二次土壤普查资料相比, 2001 年耕层全 N、碱解 N 的累积

幅度分别为 7.7%、21.3%, 累积效果不显著; 2008 年较 2001 年全 N、碱解 N 含量分别增加 30.6% 和 28.7%, 增加效果达显著水平。这可能是由于第二次土壤普查之后, 关中平原区开始广泛施用 N 肥; 同时, 施肥量增多可以增加作物的生物量, 从而增加留茬量以及根系、根分泌物的量, 使土壤中根系密布的耕层中 N 素含量增多。并且, 近年来当地秸秆还田也有助于土壤中 N 素含量的增加^[20-21]。近 30 年来, 塿土剖面中古熟化层的全 N 含量呈累积趋势, 碱解 N 含量呈降低趋势, 但变化幅度均不显著。古耕层、黏化层、钙积层中 N 素含量呈减少趋势, 30 年来, 碱解 N 含量在钙积层中减少幅度达显著水平。这是由于关中平原区大都为小麦-玉米一年两熟的轮作制度, 玉米根系下扎较深, 可以吸收土壤下层的有效 N 素^[22], 但却得不到施肥的有效补充, 所以使得下层土壤中 N 素含量相对较低。

表 1 不同时期壤土剖面养分含量

Table 1 Nutrient contents of Lou soil (cumulic cinnamon soils) profiles in different years

层次	年份	土层深度 (cm)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	全 P (g/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
耕层	80年代	0~18	12.42 ± 1.44 b	0.86 ± 0.12 b	51.35 ± 10.12 b	0.72 ± 0.13 b	9.11 ± 5.94 b	115.67 ± 14.20 b
	2001	0~18	13.74 ± 2.60 b	0.93 ± 0.16 b	62.28 ± 11.94 b	0.77 ± 0.17 b	11.28 ± 3.66 b	134.78 ± 29.62 ab
	2008	0~18	18.98 ± 3.39 a	1.21 ± 0.17 a	80.16 ± 13.25 a	1.04 ± 0.28 a	27.69 ± 11.25 a	173.26 ± 48.90 a
犁底层	80年代	18~27	10.23 ± 1.62 a	0.73 ± 0.10 a	44.21 ± 9.94 a	0.64 ± 0.08 a	3.39 ± 2.03 a	95.60 ± 5.68 b
	2001	18~26	11.53 ± 2.10 a	0.80 ± 0.13 a	46.35 ± 8.77 a	0.67 ± 0.11 a	3.42 ± 1.72 a	118.07 ± 12.88 a
	2008	18~27	12.24 ± 3.06 a	0.82 ± 0.17 a	47.02 ± 11.72 a	0.71 ± 0.10 a	3.56 ± 1.04 a	124.40 ± 17.74 a
古熟化层	80年代	27~69	9.07 ± 1.71 a	0.65 ± 0.10 a	41.89 ± 13.29 a	0.58 ± 0.13 a	2.80 ± 0.78 a	79.17 ± 14.58 b
	2001	26~68	9.41 ± 1.90 a	0.68 ± 0.11 a	40.15 ± 6.42 a	0.61 ± 0.09 a	2.91 ± 1.37 a	116.95 ± 21.12 a
	2008	27~68	10.46 ± 1.78 a	0.70 ± 0.12 a	37.47 ± 7.76 a	0.62 ± 0.10 a	3.33 ± 1.52 a	118.43 ± 18.05 a
古耕层	80年代	69~81	9.26 ± 1.71 a	0.63 ± 0.13 a	36.95 ± 6.66 a	0.53 ± 0.09 a	3.04 ± 1.18 a	71.75 ± 23.12 b
	2001	68~84	9.14 ± 1.70 a	0.60 ± 0.06 a	34.68 ± 5.89 a	0.54 ± 0.13 a	2.70 ± 0.98 a	114.01 ± 18.68 a
	2008	68~83	8.67 ± 1.07 a	0.59 ± 0.09 a	30.59 ± 5.66 a	0.57 ± 0.08 a	2.39 ± 2.15 a	117.87 ± 17.07 a
黏化层	80年代	81~147	9.43 ± 2.56 a	0.65 ± 0.15 a	37.20 ± 11.61 a	0.60 ± 0.17 a	2.72 ± 1.11 a	68.00 ± 10.07 b
	2001	84~152	9.29 ± 1.16 a	0.61 ± 0.10 a	34.84 ± 6.30 a	0.57 ± 0.09 a	2.34 ± 1.05 a	112.46 ± 7.72 a
	2008	83~155	9.18 ± 1.62 a	0.60 ± 0.08 a	31.00 ± 7.27 a	0.53 ± 0.08 a	2.32 ± 1.46 a	115.2 ± 14.04 a
钙积层	80年代	147~204	6.84 ± 1.40 a	0.47 ± 0.13 a	27.01 ± 9.72 a	0.64 ± 0.15 a	3.49 ± 1.37 a	47.80 ± 11.36 b
	2001	152~201	6.77 ± 1.44 a	0.44 ± 0.11 a	24.59 ± 7.06 ab	0.62 ± 0.06 a	3.45 ± 1.57 a	86.60 ± 13.22 a
	2008	155~204	6.49 ± 1.11 a	0.44 ± 0.11 a	19.94 ± 4.04 b	0.59 ± 0.04 a	3.10 ± 1.82 a	87.69 ± 14.17 a

注：表中数据为 18 个样点的平均值 ± 标准误差。不同小写字母表示同一土层各养分含量在不同历史时期差异显著 ($p < 0.05$)。

2.2.3 壤土剖面 P 素含量的时间变异 20 世纪 80 年代至今，壤土剖面中各土层 P 素含量均发生了不同程度的变化，耕层变化幅度达显著水平（表 1）。耕层、犁底层、古熟化层、古耕层中全 P 含量增加，增幅为 7.4% ~ 44.5%，除耕层外，增加效果均不显著；速效 P 含量在耕层、犁底层、古熟化层中不断累积，累积幅度为 5.0% ~ 204.0%，除耕层外，累积效果均不显著。这是因为 20 世纪 80 年代后关中平原区开始大量施用 P 肥而导致的，同时，在壤土这种石灰性土壤中，P 常与钙结合成不溶性的磷酸钙，施入有机肥后，土壤中的腐殖质与难溶性 P 反应，生成可溶性磷酸氢钙，增加了 P 的有效性^[23-24]，从而使有机质含量丰富的耕层土壤中速效 P 含量增加较多。黏化层、钙积层中全 P 有减少趋势，减少幅度分别为 12.9%、7.0%；古耕层、黏化层、钙积层中速效 P 含量不断降低，降低幅度依次减小，古耕层中降幅为 21.1%。表明近 30 年，壤土剖面中古熟化层以上土层中 P 素含量增加，由于农作物根系大都分布于古熟化层以上的区域，所以区域内常规的耕种、管理模式有利于促进壤土肥力的提高。

2.2.4 壤土剖面 K 素含量的时间变异 通过 2008 年的调查分析发现，在近 30 年中常规的耕种、管理模

式下，壤土剖面中速效 K 含量呈不断增加趋势（表 1），不同层次增加幅度不同。耕层速效 K 增加幅度最小，但净增加量最多，达 57.6 mg/kg。与 20 世纪 80 年代相比，犁底层、古熟化层、古耕层、黏化层、钙积层中速效 K 含量在 2001 年累积明显，累积效果达显著水平，累积量为 22.47 ~ 44.46 mg/kg；2008 年较 2001 年呈累积趋势，但累积效果不明显，累积量为 1.09 ~ 6.33 mg/kg。表明速效 K 在土壤中移动性较强，施肥有助于土壤剖面中速效 K 含量的提高。但是在关中平原区夏、秋季降雨较为集中，壤土中 K 素是否会淋溶、流失，这对环境有何影响及如何提高壤土中 K 素的利用率等问题将有待进一步研究。

2.3 壤土耕层肥力评价

2.3.1 壤土耕层肥力综合评价 不同时期、不同层次、不同土壤养分指标所反映的土壤肥力状况不完全一致，难以准确地进行客观评判，需对各个评价因子进行处理，得到一个统一的综合指标来比较分析，从而得出壤土综合肥力的演变趋势^[24]。由于壤土耕层是受耕作、施肥等人为因素影响最大的层次，同时也是土壤养分含量变化最大的层次，所以本文通过计算不同时期典型壤土耕层肥力指数，对壤土的肥力状况进

行综合评价。

首先, 对数据进行标准化处理, 采用简化评分函数法进行转换^[25-26], 求得各个指标的隶属度值。然后根据曹承绵等^[27]的方法, 利用各指标之间相关系数来确定权重系数。最后根据加法法则, 在相互交叉的同类指标间采用加法进行合成。从而得到用来反映土壤综合肥力状况的土壤肥力指数 IFI (integrated fertility index)^[25-26], 计算公式如下:

$$IFI = \sum_{i=1}^6 w_i \times F(X_i)$$

式中, W_i 是各个养分指标的权重系数, $F(X_i)$ 是各个养分指标的隶属度值。

计算结果表明, 20 世纪 80 年代、2001 年和 2008 年壤土耕层的综合肥力指数 (IFI) 分别为 0.32、0.42 和 0.76。综合评价指标值越大, 土壤的综合肥力越高, 因此, 在近 30 年常规的种植、管理模式, 壤土耕层的综合肥力是不断提高的, 这主要是由于第二次土壤普查后关中平原区农民不断加大 N、P 肥料投入, 持续施用厩肥, 秸秆还田及主栽小麦品种更替后生物量增多导致留茬量增多等因素的综合作用而促进了壤土耕层养分的累积。

2.3.2 壤土耕层肥力现状评价 目前, 关中平原区壤土耕层有机质含量为 18.9 ± 3.39 g/kg, 全 N 1.21 ± 0.17 g/kg, 碱解 N 80.16 ± 13.25 mg/kg, 全 P 1.04 ± 0.28 g/kg, 速效 P 27.69 ± 11.25 mg/kg, 速效 K 173.26 ± 48.90 g/kg (表 1)。依照全国第二次土壤普查时土壤养分的分级标准^[28], 壤土中全 P 含量丰富 (一级), 速效 P 和速效 K 含量处于稍丰状态 (二级), 全 N 含量中等 (三级), 有机质和碱解 N 含量处于稍缺状态 (四级)。与历史资料相比, 有机质含量一直处于比较缺乏的水平; 全 N 含量由 20 世纪 80 年代和 2001 年的稍缺水平提高到 2008 年的中等水平; 全 P 含量在 20 世纪 80 年代和 2001 年处于中等水平, 到 2008 年达到丰富状态; 碱解 N 由 20 世纪 80 年代的缺乏 (五级) 状态升高到 2001 年和 2008 年的稍缺水平; 速效 P 含量由 20 世纪 80 年代的稍缺水平上升到 2001 年的中等和 2008 年的稍丰水平; 速效 K 含量由 20 世纪 80 年代和 2001 年的中等水平提高到 2008 年的稍丰水平。壤土耕层全 P 和速效 P 含量水平升高明显, 全 N、碱解 N 和速效 K 含量水平有所提高, 有机质含量水平维持不变。总体来说, 壤土耕层土壤中有机质和 N 素含量仍然缺乏; P 素、K 素含量较高, 这与该区黄土母质中含 P、K 较为丰富有关。因此, 日后施肥过程中区域内要注意控 P、控 K, 同时通过增施有机肥、N 肥, 加大秸秆还田

力度等措施来提高土壤有机质和 N 素含量, 以提高壤土的综合肥力水平。

3 结论与讨论

本研究利用原位采样的方法, 从供肥能力 (狭义的土壤肥力概念) 研究典型壤土剖面肥力特征, 进而分析近 30 年来的演变状况, 得出以下几点主要结论:

(1) 典型壤土剖面有机质、全 N、碱解 N、速效 K 在剖面中呈“S 型”分布; 速效 P 和全 P 呈“中低型”分布。壤土剖面的肥力状况从整体来看, 有机质、全 N、碱解 N、速效 K 含量随深度增加呈下降趋势; 速效 P 含量在犁底层中迅速减少, 犁底层到黏化层趋于平衡, 黏化层以下略有升高; 全 P 含量在古耕层中最低。

(2) 在过去近 30 年常规的耕种、管理模式, 壤土剖面中大量营养元素含量发生了明显的变化, 有机质、全 N、速效 P 含量在古熟化层以上处于不断累积状态, 其中耕层累积幅度最大, 分别为 52.8%、40.7% 和 204.0%, 古熟化层以下含量有减少趋势。碱解 N 含量在耕层、犁底层中不断增加, 其中耕层增加最多, 达 56.1%, 犁底层以下含量不断减少。全 P 含量在耕层、犁底层、古熟化层、古耕层中呈增加趋势, 耕层增幅最大, 达 44.5%, 黏化层、钙积层中含量呈降低趋势。速效 K 含量在整个剖面中呈现不断累积趋势, 耕层净累积量最大, 达 57.6 mg/kg。2008 年壤土耕层各养分含量均有所提高, 但有机质和 N 素含量仍然缺乏, P 素、K 素含量较高。未来施肥过程中该区要注意控 P、控 K, 同时通过增施有机肥、N 肥, 加大秸秆还田力度等措施来提高土壤有机质和 N 素含量, 以提高壤土的整体肥力水平。

参考文献:

- [1] 徐明岗, 梁国庆, 张夫道. 中国土壤肥力演变. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 259-301
- [2] 孔祥斌, 张凤荣, 王茹, 徐艳. 基于 GIS 的城乡交错带土壤养分时空变化及格局分析——以北京市大兴区为例. 生态学报, 2003, 23(11): 2 210-2 218
- [3] 自由路, 金继运, 杨俐平, 梁鸣早. 基于 GIS 的土壤养分分区管理模式研究. 中国农业科学, 2001, 34(1): 46-50
- [4] 方琳娜, 赵庚星, 李秀娟, 王绍艳. 基于 GIS 的土壤养分时空动态变化分析——以山东省茌平县为例. 山东农业大学学报(自然科学版), 2006, 37(1): 57-64
- [5] Doran JW. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*, 1996, 56: 1-54

- [6] Kennedy AC, Papendick RL. Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1995, 50: 243-248
- [7] Rosek MJ, Gardner JG. Soil quality in response to the conservation reserve program // Ankenk IA. *Converting CRP Grass-land to Cropland and Grazing: Conservation Technologies for the Transition*. New York: Soil and Water Conservation Society, SAS Institute, 1995: 39-40
- [8] Smith JL, Doran JW. *Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis*. Washington, DC: Soil Science Society of America, 1996: 775-826
- [9] 黄健, 张惠琳, 傅文玉, 马兵, 李萱, 王爱文. 东北黑土区土壤肥力变化特征的分析. *土壤通报*, 2005, 36(5): 659-663
- [10] 王茹, 张凤荣, 王军艳, 贾小红, 张彩月. 潮土区不同质地土壤的养分动态变化研究. *土壤通报*, 2001, 32(6): 255-257
- [11] 李新举, 胡振琪, 刘宁, 赵庚星, 田素峰. 黄河三角洲土壤肥力质量的时空演变——以垦利县为例. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(6): 778-783
- [12] 王明录, 梁英英, 强红妮. 宝鸡市耕地土壤钾素历史演变状况分析. *陕西农业科学*, 2009, (4): 73-76
- [13] 陕西省地方志编纂委员会. *陕西省志 (第三卷)*. 西安: 陕西人民出版社, 2000: 541-551
- [14] 刘引鸽. 关中平原土地利用及农业气候生产潜力分析. *水土保持研究*, 2005, 12(6): 21-22
- [15] 鲍士旦. *土壤农化分析*. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-107
- [16] 黄昌勇. *土壤学*. 北京: 中国农业出版社, 2000: 7-8
- [17] 张仁铎. *空间变异理论及应用*. 北京: 科学出版社, 2005: 4-7
- [18] 李绍良, 陈有君, 关世英, 康师安. 土壤退化与草地退化关系的研究. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(1): 92-95
- [19] 王春明, 包维楷, 陈建中, 孙辉, 谢嘉穗. 岷江上游干旱河谷区褐土不同亚类剖面及养分特征. *应用与环境生物学报*, 2003, 9(3): 230-234
- [20] 孔宏敏, 何圆球, 吴大付, 李成亮. 长期施肥对红壤旱地作物产量和土壤肥力的影响. *应用生态学报*, 2004, 15(5): 782-786
- [21] 孙瑞莲, 朱鲁生, 赵秉强, 周启星, 徐晶, 张夫道. 长期施肥对土壤微生物的影响及其在养分调控中的作用. *应用生态学报*, 2004, 15(10): 1 907-1 910
- [22] 吴永成, 周顺利, 王志敏, 罗延庆. 华北地区夏玉米土壤硝态氮的时空氮的时空动态与残留. *生态学报*, 2005, 25(7): 1 620-1 625
- [23] 赖庆旺, 黄庆海, 李茶苟, 熊春桂. 无机肥连施对红壤性水稻土有机质消长的影响. *土壤肥料*, 1991(1): 4-7
- [24] 孙星, 刘勤, 王德建, 张斌. 长期秸秆还田对剖面土壤肥力质量的影响. *中国生态农业学报*, 2008, 16(3): 587-692
- [25] 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. *土壤学报*, 1995, 32(4): 362-368
- [26] 吕晓男, 陆允甫, 王人潮. 土壤肥力综合评价初步研究. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 1999, 25(4): 378-382
- [27] 曹承绵, 严长生, 张志明, 周礼恺. 关于土壤肥力数值化综合评价的探讨. *土壤通报*, 1983, 14(4): 13-15
- [28] 许宗林, 苟曦, 李昆, 叶德宪. 四川省耕地土壤养分分布特征与动态变化趋势探讨. *西南农业学报*, 2008, 21(3): 718-723

Comparison of Fertility Characteristics of Typical Cumulic Cinnamon Soils Profiles and Soil Fertility Index of Topsoil in Different Years

SHE Xiao-yan¹, XIE Yong-sheng^{1,2}, WANG Hui¹, ZHANG Ying-long¹

(1 College of Resources and Environment Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to know the fertility characteristics of typical cumulic cinnamon soil profiles in different years, the soil nutrients and the temporal variation in recent 30 years were studied through the situ sampling method and historical materials. The results showed that the fertility of cumulic cinnamon soil has been improved since the 1980s. The nutrient accumulation of soil total nitrogen (TN) increased by 40.7% from the fourth class to the third class. Available nitrogen (AN) increased by 56.1% from the fifth class to the fourth class. Total phosphorus (TP) increased by 44.5% from the third class to the first class. Available phosphorus (AP) increased by 204.0% from the fourth class to the second class. Soil available potassium (AK) content accumulated 57.6 mg/kg from the third class to the second class. Soil organic matter (OM) content increased from 12.42 g/kg to 18.98 g/kg, but still insufficient (the fourth class). In order to keep the balance of soil fertility, OM content should be increased and nitrogen input should be enhanced while phosphorus and potassium should be controlled.

Key words: Different years, Cumulic cinnamon soil, Profile, Fertility characteristics