

## 西藏主要农区农田土壤肥力状况研究

钟国辉<sup>1</sup> 田发益<sup>1</sup> 旺姆<sup>2</sup> 张红锋<sup>2</sup> 刘翠花<sup>2</sup> 次白<sup>2</sup>

(1 西藏农牧学院生物技术中心 西藏林芝 860000; 2 西藏农牧学院农学系 西藏林芝 860000)

**摘要** 西藏由于其特殊的地理位置、气候类型和地质历史以及耕作习惯,使其具有特殊的土壤特征。在 2002~2004 年间,我们对西藏主要农业区的林芝、拉萨、日喀则、山南等 4 地(市)的农田土壤进行了采样分析,分析结果显示:4 地(市)农田土壤酸碱性由弱酸性至弱碱性(pH 6.5~9.0);养分的基本状况是有机质含量在 5~50 g/kg 之间,变幅较大,N 素少(全 N 0.2~2 g/kg,速效 N 20~80 mg/kg),P 素缺(全 P 0.22~1.42 g/kg,速效 P 1~133 mg/kg),K 素(全 K 1.9~12.2 g/kg,速效 K 80~1290 mg/kg)和微量元素比较丰富(Cu 10~443 mg/kg,Zn 47~266 mg/kg,Fe 1880~7550 mg/kg,Mo 0.2~6.6 mg/kg,Mn 196~736 mg/kg,B 0.5~138 mg/kg)。

**关键词** 土壤肥力状况;农田;主要农区;西藏

**中图分类号** S158.2

西藏地质历史比较年轻,因而土壤的形成也较晚。由于喜马拉雅山造山运动和多次的冰期和间冰期的发生,青藏高原不断加速抬升,气候变干变冷。洪积物、坡积物、冰积物、湖积物和冰水沉积物在气候、生物、物理、化学和人类活动的作用下不断演变,在不同的地型部位形成多种类型的土壤,且具有鲜明的高原特色。耕地是土壤资源的精华,它是在自然土壤的基础上,经过长期的人类耕作、灌溉、施肥等措施逐步演化而成的,由于各地气候、成土母质、成土条件、耕作方式、栽培历史等的不同,耕地的类型、质量、肥力状况差异较大。成土母质是土壤形成的物质基础,母质因素在土壤形成上具有极重要的作用,它直接影响土壤的矿物组成和土壤的颗粒组成,并在很大程度上支配着土壤的物理、化学性质以及土壤生产力的高低;地形因素对土壤形成的作用也很明显,山地和平原的土壤迥然不同,山地的海拔越高,山体越大,分异越显著,高大的山脉和高原常常成为气流的屏障,直接影响太阳的辐射量、热量和水分在地表面的分布,并影响着植被的演替和土壤内物质的运动,因而常使山体两侧的土壤差异显著;而气候是成土因素中最活跃的因素,影响母岩风化,支配成土过程的水分和热量,制约植物和微生物的生长和群落组合,关系到有机质的合成、分解和复合,及营养物质循环的

速度和范围,直接或间接影响土壤物质和能量的转化和迁移,从宏观上控制着土壤类型及其分布,微观上制约着土壤属性的发展和变化<sup>[1~11]</sup>。

西藏全区共有耕地约 32 万  $\text{hm}^2$ ,日喀则、拉萨、山南、林芝约占 77%,其中日喀则约占 39%,拉萨约占 16%,山南约占 15.4%,林芝约占 7%<sup>[2]</sup>;西藏是青藏高原的主体,素有“世界屋脊”之称,整体海拔高,境内高山耸立,江河贯流其间,切割深度较大,地势多起伏且高差悬殊,气候类型多样,由藏东南河谷至藏西北高原地带,温度由高至低,气候带由湿润、半湿润向半干旱、干旱过渡,土壤水平分布类型各异,拉萨、山南、日喀则宽谷地带以耕种亚高山草原土、耕种山地灌丛草原土和耕种草甸土为最多,耕种棕壤、黄棕壤、耕种淋溶褐土主要分布在林芝地区,在山南、日喀则等地也有分布。土壤养分是指土壤有机质含量和植物生长发育所需的 N、P、K 三大元素和 Cu、Zn、Fe、Ca、Mg、Mo、Mn、B 等各种微量元素。而土壤肥力受土壤质地、砾石含量、土体厚度、水分、养分、有机质和气候、植被、海拔高度等因素的影响;西藏耕地多数土层薄,砂砾成分多,保水、保肥性能差。充分了解西藏主要农区耕地的土壤肥力状况,对科学用地,合理施肥,提高农作物产量和品质,有极其重要的指导意义。

2002~2004 年期间,我们对区内主要农业区的日喀则、山南、拉萨和林芝等地(市)的耕地土壤进行了采样,分析了它们的肥力状况,具体情况总结如下。

## 1 土壤的采集和分析方法

### 1.1 土壤样品的采集

在不同地区选取成片农田区,随机布点,采取耕作层土壤样品,分别测定它们的 pH 值、速效 N、速效 P、速效 K、全量 N、全量 P、全量 K、有机质和全量 Cu、Zn、Fe、Ca、Mg、Mo、Mn、B。采样点主要分布于林芝地区的林芝县、工布江达县(海拔 2900~3100 m);拉萨市的达孜县、墨竹工卡县、林周县、堆龙德庆县、曲水县(海拔 3600~4000 m);日喀则地区的日喀则市、白朗县(海拔 3800~4100 m);山南地区的贡嘎县、扎囊县、琼结县(海拔 3600~3700 m)等。

### 1.2 室内分析方法

pH 值用酸度计法,全 N 用半微量凯氏定氮法,速效 N 用锌-硫酸亚铁还原半微量凯氏定氮法,全 P 用氢氟酸-高氯酸消煮钼锑抗比色分光光度法,速效 P 用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色分光光度法,全 K 用氢氟酸-高氯酸消煮火焰光度法,速效 K 用乙酸铵浸提火焰光度法,有机质用重铬酸钾-硫酸氧化外加加热法,Cu、Zn、Fe、Ca、Mg、Mo、Mn、B 用浓硫酸-高氯酸消化原子吸收分光光度法<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤酸碱性

土壤的酸碱性是土壤的基本化学性质之一,对矿物质的风化、盐基淋溶、养分形态转化和有效性以及微生物活动、土壤的物理性质、植物的营养和生长都有极其重要的影响<sup>[10]</sup>,土壤的酸碱反应常用土壤溶液的 pH 值来表示。因此,了解土壤的酸碱性,对于合理施肥和科学种植有非常重要的指导作用<sup>[1]</sup>。

从测定所采集的林芝、拉萨、日喀则、山南 4 地(市)的土壤的酸碱度来看,林芝地区的土壤显中性偏弱酸性(pH 6.5~7.0),由于受孟加拉暖湿气流的影响,是西藏暖湿气流最活跃,水气来源最充沛的地区<sup>[4]</sup>,农田土壤又主要以耕种棕壤、黄棕壤和耕种淋溶褐土为主,使其具有一定的淋溶条件,因此,土壤偏酸性。拉萨市土壤显中性偏弱碱性

(pH 7.0~7.3),日喀则地区为碱性偏强碱性土壤(pH 8.1~9.0),山南地区为碱性土壤(pH 8.3~8.7),这些地区由于海拔高度变化,水热条件的差异,森林分布少,植被类型简单,土壤带谱属温带半干旱型,耕种土壤主要以耕种亚高山草原土、耕种山地灌丛草原土、和耕种草甸土为主,土体淋溶较弱。因此,广泛分布着中性至碱性土壤,尤其是日喀则地区,由于钙盐等强碱性盐类的沉积(表 1),因而形成了局部的强碱性土壤。

### 2.2 土壤有机质

有机质是土壤的重要组成部分,植物所吸收的各种营养元素(如 N、P、K、Ca、Mg、S 及微量元素)都被固定在植物体内,或通过取食作用被转移至其他生物体内,生物残体及排泄物被微生物分解使其养分元素被释放出来,以供作物生长吸收利用;在富含有机质的土壤中,有机质分解所释放的养分往往是土壤有效养分的最主要来源<sup>[6]</sup>;同时,有机质也是微生物活动的能源。它在改善土壤的通透性、吸附性、缓冲性,协调土壤水、肥、气、热状况等方面起着异常重要的作用<sup>[1,9]</sup>。因此,积极创造条件来恢复和提高土壤有机质的含量和品质,保持和恢复腐殖质的生理活性,是提高土壤肥力的关键措施和基本手段。

林芝地区地处藏东南低海拔地区,气候湿润,植物生长茂密,每年都有大量的动、植物残体通过微生物分解,形成有机质进入土壤,加之土壤潮湿,呈厌气状态,有机物积累多,分解少,因此,相对其余 3 地(市)土壤有机质含量普遍较高,最高达 50 g/kg 以上,最低也在 20 g/kg 以上。拉萨、山南地处西藏中部地区,海拔升高,气候半干旱,植物生长量较低,有机质积累较少,土壤有机质含量较林芝地区低,拉萨在 25~40 g/kg 之间,山南在 10~40 g/kg 之间(表 1)。日喀则地处藏西北地区,海拔高,气候极端干旱,基本已无森林分布,另外土壤砂黏比大,砂性重,矿化度高,有机质积累少,因此,土壤有机质含量较其余 3 地(市)低,在 5~25 g/kg 之间(表 1)。

### 2.3 土壤 N 素

土壤 N 素由有机态 N 和无机态 N 组成。有机态 N 为与 C 结合的含 N 物质,其组成复杂,目前已知的含 N 化合物单体有:氨基酸、氨基糖、嘌呤、嘧啶以及微量存在的叶绿素及其衍生物、磷脂、各种胺、维生素等;无机态 N 为未与 C 结合的含 N 物

表 1 林芝、拉萨、日喀则和山南农田土壤肥力分析结果（常量）

Table 1 Soil fertility of croplands in Linzhi, Lhasa, Rikaze and Shannan (routine composition)

		pH	Av. N (mg/kg)	T-N (g/kg)	Av. P (mg/kg)	T-P (g/kg)	ex-K (mg/kg)	T-K (g/kg)	O-M (g/kg)	Ca (mg/kg)
林芝	1	6.77	169.0	1.26	130.0	0.71	153.1	4.63	33.09	54.604
	2	6.76	53.2	0.97	37.3	0.49	140.3	3.47	24.01	17.941
	3	6.45	53.0	0.65	119.5	0.42	86.8	3.48	27.62	15.491
	4	7.08	110.6	1.69	133.0	1.42	379.9	5.49	50.97	101.177
	5	6.88	95.2	1.59	57.8	0.91	118.6	6.27	35.85	22.127
	6	6.73	224.1	3.66	100.3	1.15	154.6	5.04	57.52	15.466
拉萨	1	7.25	116.9	2.50	37.9	0.86	207.0	4.98	40.32	131.687
	2	6.96	87.2	1.89	73.8	0.22	146.6	3.48	39.17	52.136
	3	7.54	92.0	1.06	27.1	0.70	255.9	4.58	31.54	84.823
	4	7.97	127.9	1.03	29.2	0.27	155.9	4.39	26.59	112.269
	5	7.12	79.1	1.57	56.12	0.69	144.1	4.18	37.54	35.878
	6	7.21	133.9	0.93	38.0	0.39	88.6	4.94	25.50	13.360
日喀则	1	8.95	41.1	0.25	16.4	0.32	251.5	2.23	5.54	109.759
	2	8.45	101.4	0.46	19.4	0.38	1079.85	5.47	13.78	290.073
	3	8.37	76.8	0.68	18.1	0.49	1290.08	5.75	24.81	1314.862
	4	8.13	30.2	0.27	14.6	0.46	208.9	1.89	6.28	102.914
	5	8.16	79.5	0.73	3.1	0.50	32.3	2.74	11.16	5386.617
	6	8.32	27.7	0.55	1.1	0.39	27.5	2.36	8.49	6701.506
山南	1	8.71	43.8	0.73	63.7	0.67	255.7	11.13	18.24	55.036
	2	8.69	74.0	0.92	54.8	0.79	483.5	12.23	21.00	54.853
	3	8.61	46.6	0.32	22.3	0.55	296.6	6.95	10.64	39.953
	4	8.48	27.4	0.67	30.4	0.61	362.9	9.85	10.82	31.571
	5	8.46	75.5	1.60	7.8	0.75	39.2	11.95	27.03	247.293
	6	8.34	89.5	2.30	11.4	0.82	38.6	10.43	38.82	226.525

注：Av. N、Av. P、ex-K 分别为速效 N、P、K；T-N、T-P、T-K 分别为全量 N、P、K。

质，它包括  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$  等， $\text{NH}_4^+\text{-N}$  分为土壤溶液中的  $\text{NH}_4^+$ 、交换性  $\text{NH}_4^+$  和黏土矿物固定态  $\text{NH}_4^+$ <sup>[1]</sup>。

**2.3.1 土壤速效态 N** 交换性  $\text{NH}_4^+$ 、土壤溶液中的  $\text{NH}_4^+$  及  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  总称为速效态 N，是植物 N 素的直接来源。对 4 地（市）所采集的农田土壤进行分析发现，土壤中速效态 N 在 20~80 mg/kg 之间，个别土壤高达 100~200 mg/kg。总体评价，林芝地区土壤速效态 N 含量高于其余 3 地（市），尤以日喀则地区土壤速效 N 含量为最低（表 1）。不同土类的耕种土壤，速效 N 的含量不同，一般以棕壤、暗棕壤、灰褐土为高，亚高山草原土、潮土、灌淤土含量较低，另外土壤酸碱性、种植制度、土壤有机质等对速效 N 含量均有影响。

**2.3.2 土壤全 N** 土壤全 N 是土壤中各种形态

N 素含量之和，在一定程度上可代表土壤的供 N 水平。从表 1 可以看出，林芝地区土壤全 N 在 1~3 g/kg 之间，拉萨的在 1~2 g/kg 之间，山南的在 0.3~2 g/kg 之间，而日喀则的在 0.2~0.7 g/kg 之间，其含量变化与各地（市）有机质含量变化呈正相关。土壤全 N 含量相对比较稳定，它的消长决定于 N 的积累和消耗的强弱，特别取决于土壤中有机质的生物积累和分解作用的相对强弱。土壤中 N 素绝大部分以有机态形式存在，它的含量和分布与土壤有机质密切相关。而有机质的积累与分解又受气候、生物等自然因素的影响<sup>[12]</sup>。

## 2.4 土壤 P 素

土壤 P 素来自于成土矿物、有机物质和所施用的肥料。根据 P 素化合物的形态，土壤中的 P 可分为有机态 P 和无机态 P，主要是无机态 P。有机态 P

主要有磷酸肌醇、磷脂和核酸<sup>[5]</sup>；无机态 P 几乎全部是正磷酸盐，主要为钙（镁）磷酸盐、铁铝磷酸盐和闭蓄态 P，另外有少量偏磷酸盐和水溶性磷酸盐（钾、钠磷酸盐）。大部分矿物态的 P 作物难以吸收，对作物有效的 P 一般含量很低。

**2.4.1 土壤速效 P** 土壤中的有机态 P 和水溶性磷酸盐以及磷酸一钙能够被作物吸收，是速效 P。从表 1 中可以看出林芝地区土壤速效性 P 普遍较高，在 37~133 mg/kg 之间，拉萨市的在 16~74 mg/kg 之间，山南的在 11~64 mg/kg 之间，日喀则的在 1~20 mg/kg 之间；影响 P 有效性的因素很多，如 P 的形态、土壤性质、土壤有机质含量和氧化还原状况等。一般土壤都具有很强的固 P 能力，土壤固定 P 的机制一般认为主要有化学固定、吸附固定、闭蓄固定和生物固定，其中主要是化学固定和吸附固定；土壤 pH 值对 P 的有效性影响很大，过酸或过碱都会发生很强的化学固定而使 P 失去有效性，在酸性土壤中 P 以铁磷和铝磷为主，石灰性土壤则以钙磷为主；而土壤中的 Ca 含量以日喀则普遍偏高，变幅 100~6700 mg/kg，然后是山南 31~247 mg/kg，拉萨 13~131 mg/kg，林芝 15~101 mg/kg。

**2.4.2 土壤全 P** 土壤全 P 是指土壤中所有形态的 P。主要是矿物态的 P，可作为土壤潜在肥力的一项指标。4 地（市）中，林芝地区土壤全 P 含量变幅为 0.43~1.42 g/kg，拉萨市土壤全 P 含量变幅在 0.22~0.86 g/kg，山南土壤全 P 含量变幅为 0.67~0.82 g/kg，日喀则的则在 0.32~0.50 g/kg 之间。土壤 P 素含量有明显的地带性分布，藏东南部森林资源丰富，以热带、亚热带植被为主，年生长量高于中、西部地区，每年有大量的有机物回归土壤，因而土壤有机质含量高，全 P 含量比较丰富；西部地区植被稀疏，生长量少，土壤有机质含量低，全 P 含量也就比较贫乏。

## 2.5 土壤 K 素

K 是植物的基本营养元素，根据对植物的有效性，土壤 K 可分为水溶性 K、交换性 K、非交换性 K（缓效性 K）和矿物态 K<sup>[8]</sup>。

**2.5.1 土壤速效 K** 土壤水溶性 K（土壤溶液中的 K）与土壤交换性 K（被带负电的土壤胶体所吸附的代换性 K，容易通过阳离子的代换作用而解吸，从而不断地补充到土壤溶液中）合称为土壤速效 K。土壤的速效 K 含量是衡量土壤 K 素养分供应能力的现实指标，它标志着目前乃至近期内可供植物吸收

利用的 K 的含量。表 1 显示：林芝、拉萨两地土壤速效 K 含量比较均衡，都在 80~250 mg/kg 之间，山南与日喀则两地土壤速效 K 含量变幅比较大，分别在 38~484 mg/kg 之间和 28~1290 mg/kg 之间。土壤有效 K 与气候、土壤类型、土壤质地、成土母质以及土地的利用方式有着较为密切的关系，气候干旱，则矿物风化产生的 K 基本保留在土壤中，而降雨充沛，则流失量大。不同的土壤类型和土壤中的黏粒含量以及土壤利用中的灌溉、耕种方式、施肥、作物品种等都会影响土壤中的速效 K 含量。

**2.5.2 土壤全 K** 土壤全 K 是土壤中各种形态 K 的总量，土壤全 K 量反映了土壤 K 素的最大潜在供应能力，是 K 素养分的贮备指标。林芝地区土壤全 K 含量在 3.5~6.3 g/kg 之间，拉萨市土壤全 K 含量在 3.5~5.0 g/kg 之间，而日喀则和山南地区土壤全 K 含量分别为 1.9~5.8 g/kg 和 6.9~12.2 g/kg，以山南地区的含量稍高，拉萨和林芝次之，日喀则最低；土壤全 K 含量与成土母质有较为密切的关系，一般风积母质发育的土壤含量最高，其次是湖积物、碳酸盐岩类、中酸性岩类、洪积物、洪冲积物等<sup>[7]</sup>。

## 2.6 土壤微量元素

微量元素是作物需要量相对较少的营养元素，则又是作物生长发育不可缺少的。土壤是农业生态系统中微量元素最大的贮存库，土壤中某些营养素的缺乏会影响作物对其他元素的吸收和利用，微量元素之间以及微量元素与大量元素之间存在互相作用，既可使植物生长发育得到改善，也可使植物生长发育受到抑制，如 B、N 之间的相互拮抗，B、P 之间的相互促进，P 能刺激作物对 Mo 的吸收，Mo 与 Cu、Fe、Mn 之间存在拮抗，N、P、K 可促进植株对 Mn 的吸收等。

**2.6.1 土壤中的 Cu** 土壤 Cu 一般分为水溶态、吸附态、闭蓄态、矿物态、有机螯合态等。水溶性 Cu 和交换性 Cu 对植物有效。土壤有机质、黏土矿物的性质、pH 值和氧化还原的条件是影响 Cu 有效性的重要因素。4 地（市）土壤中 Cu 含量在 10~50 mg/kg 之间（表 2），整体表现 Cu 不缺乏。

**2.6.2 土壤中的 Zn** 土壤中的 Zn 大致可分为有机态、矿物态、沉淀态、代换吸附态和水溶态。一般水溶态和代换吸附态 Zn 对植物有效，土壤有机质与 Zn 的有效性呈正相关。石灰性土壤、淋溶较强的酸性土壤、以及过量施用 P 肥等都有可能诱化植物缺 Zn；另外，温度、通气性、黏土矿物类型等也会

影响 Zn 的有效性。4 地（市）土壤中 Zn 含量变幅在 47~266 mg/kg 之间（表 2）。

**2.6.3 土壤中的 Fe** 土壤中的 Fe 大多以矿物态的形式存在，如辉石、角闪石、黑云母以及 Fe 的氧化物、硫化物和磷酸盐等所含的 Fe，这些 Fe 植物都难利用，只有代换性 Fe 和水溶性 Fe (Fe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup> 及 Fe 的有机络合离子) 可供植物吸收利用。影响土壤中 Fe 有效性的因素主要是 pH 值、Eh 值、螯合作用、石灰及 P 肥的施用等。酸性土壤使 Fe<sup>3+</sup> 活性增加，碱性条件促使 Fe(OH)<sub>3</sub> 形成，从而降低 Fe 的有效性，向土壤中施用大量的石灰和 P 肥会使 Fe 产生

沉淀而使 Fe 不同程度地失效。表 2 中 4 地（市）土壤中 Fe 的变幅在 1880~7550 mg/kg 之间，含量非常丰富。

**2.6.4 土壤中的 Mo** 土壤中的 Mo 主要来源于含 Mo 矿物，以难溶态（原生矿物、硅酸盐黏土矿物和铁铝氧化物所固定的 Mo）、有机结合态、吸附代换态和水溶态等形式存在。水溶态和吸附代换态对植物有效。土壤 Mo 的有效性与 pH 值呈现正相关，施用石灰和 P 肥可减少 MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的吸附，从而增加 Mo 的有效性。林芝、拉萨、日喀则与山南 4 地（市）土壤中 Mo 含量在 0.2~6.6 mg/kg 之间（表 2）。

表 2 林芝、拉萨、日喀则和山南农田土壤微量元素分析结果（全量, mg/kg）

Table 2 Soil trace elements of the croplands in Linzhi, Lhasa, Rikaze and Shannan

		Cu	Zn	Fe	Mo	Mn	B
林芝	1	30.314	71.685	5769.755	3.097	366.625	20.982
	2	22.654	51.678	4849.054	0.123	218.908	24.420
	3	19.490	266.267	4585.102	0.858	195.812	1.003
	4	54.630	105.040	5704.352	0.748	547.460	24.286
	5	41.658	163.225	6602.628	2.543	425.875	40.554
	6	49.461	424.635	7112.335	3.334	471.990	2.592
拉萨	1	56.736	98.399	7552.206	0.315	342.093	23.292
	2	23.005	71.887	3732.424	0.222	205.684	22.439
	3	35.412	82.322	4797.680	0.452	330.523	9.937
	4	25.512	60.611	4567.210	0.361	300.657	0.786
	5	27.864	69.639	5477.991	0.408	271.967	0.456
	6	30.628	69.072	5337.369	0.344	206.414	0.882
日喀则	1	17.171	44.990	2226.318	3.500	471.602	83.902
	2	25.124	69.332	2877.442	3.228	691.731	112.821
	3	28.351	106.233	2478.956	1.406	650.485	109.805
	4	14.281	46.072	1883.922	0.992	394.826	80.257
	5	20.394	67.671	7018.828	1.228	735.908	12.023
	6	21.278	65.288	7089.151	0.860	679.808	13.826
山南	1	16.131	74.038	2464.799	5.950	471.915	110.614
	2	19.342	79.517	3138.491	6.641	409.190	137.854
	3	12.975	68.001	2710.740	6.494	425.569	128.652
	4	9.406	62.090	2610.766	6.001	382.302	108.097
	5	208.562	69.920	3717.304	5.293	128.025	26.106
	6	443.436	114.909	5814.651	7.548	296.810	28.036

**2.6.5 土壤中的 Mn** 土壤中的 Mn 来源于岩石矿物，它可分为矿物态、易还原态、有机结合态、交换态和水溶态等，水溶态 Mn、交换态 Mn 和易还

原态 Mn 为活性 Mn，是对植物有效的 Mn。土壤总 Mn 含量不能作为 Mn 对植物有效性的指标，因为不少因素可影响它的吸收。其中最重要的是土壤 pH

值和氧化还原状况, 主要是因为 Mn 在土壤中的存在形态和它们有明显的相关性。另外, 土壤有机质特别是易分解的有机质, 有利于微生物的活动, 促进 Mn 的生物化学还原, 可提高 Mn 的有效性。我国土壤 Mn 含量在 42 ~ 3000 mg/kg 之间, 表 2 中林芝的 Mn 含量为 196 ~ 547 mg/kg、拉萨 206 ~ 342 mg/kg、日喀则 395 ~ 736 mg/kg、山南 128 ~ 472 mg/kg。

**2.6.6 土壤中的 B** 土壤中的 B 以矿物态、吸附态、有机复合态及水溶态等形态构成, 土壤溶液中水溶性的  $\text{HBO}_3^{2-}$  和  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$  离子是可被植物吸收利用的有效态 B, 土壤含 B 量与成土母质和土壤类型密切相关。植物缺 B 多发生于  $\text{pH} > 7$  的土壤上。我国土壤 B 含量为 0 ~ 500 mg/kg, 土壤有效 B 含量一般变动于 100 ~ 300 mg/kg 之间。表 2 中, 林芝土壤中 B 含量为 1 ~ 41 mg/kg, 拉萨 0.5 ~ 23 mg/kg, 日喀则 12 ~ 112 mg/kg, 山南 26 ~ 138 mg/kg。

### 3 结论

(1) 土壤的酸碱性是气候、植被及母质条件共同影响的结果。林芝、拉萨、山南、日喀则 4 地(市)由藏东南河谷向藏西北高原地带, 由湿润向半湿润、半干旱、干旱过渡, 土壤由黄壤、黄棕壤、褐土、棕壤、山地灌丛草原土、亚高山草甸土、高山草甸土过渡, 土壤淋溶条件由强至弱, 土壤 pH 值由低至高。

(2) 气候、海拔、植物生长量、土壤质地以及耕作方式是土壤有机质含量的影响因素, 尤其以气候、海拔和植物生长量影响最大<sup>[13]</sup>。林芝地区海拔相对较低, 气候温暖、湿润、多雨, 植物生长量大, 有机质积累丰富, 土壤中有机质含量相对较高, 拉萨和山南次之, 而日喀则最低。

(3) 土壤 N 素的含量和分布与土壤有机质的积累和分解密切相关, 影响进入土壤有机物质的数量和有机物质分解速率的因素都将对土壤有机质和 N 素含量产生显著影响。因此, 林芝、拉萨、山南、日喀则 4 地(市)土壤全 N 含量与其有机质含量呈现正相关。

(4) 一般土壤都有很强的固定 P 的能力, 酸性和石灰性土壤的化学固 P 能力更强。另外, 土壤有机质含量与土壤中的有效 P 呈正相关。因此, 4 地(市)中林芝地区土壤有效 P 含量最高, 拉萨、山南次之, 日喀则为最低。

(5) 土壤有机质含量高、熟化程度高、质地黏重, 全 P 含量比较高。由藏东南至藏中、西部地区, 森林资源和植被生长量的变化, 影响土壤中有机质的积累, 因而使得全 P 含量由高向低逐渐变化。

(6) 西藏土壤中微量元素比较丰富, 基本能满足植物对微量元素的需要, 但影响微量元素有效性的土壤因素很多, 主要有 pH 值、Eh 值、吸附作用、固定作用(不可逆吸附和沉淀)、有机络合、石灰与 P 肥的施用等, 因此, 无论是土壤因素的调节或是微量元素肥料的使用都必须注意这些因素。

(7) 西藏耕种土壤养分基本状况为 N 素偏低, 缺乏 P 素, K 素和微量元素比较丰富。土壤中主要营养元素的协调状况对各元素的有效利用影响很大, 如 P 素的缺乏, 影响 N 素的利用。因此, 必须采取有利措施, 促进各养分的协调平衡, 合理地满足作物对各种营养元素的需求。另外, 影响土壤耕性最主要的因素是土壤质地、土壤水分与土壤有机质的含量。土壤质地决定着土壤比表面积的大小; 水分决定着土壤一系列物理机械性的强弱; 土壤有机质除影响土壤的比表面积外, 其本身疏松多孔, 又影响土壤物理机械性的变化; 所以应当通过增施有机肥、合理排灌、适时耕作等方法改良土壤耕性。

### 参考文献

- 1 陈爱莲主编. 土壤监测修复技术与有毒有害物质残留分析改良评价标准实用手册. 北京: 北京伯通电子出版社, 2002, 54 ~ 82, 121 ~ 124, 683 ~ 812
- 2 胡颂杰主编. 西藏农业概论. 成都: 四川科学出版社, 1995, 107 ~ 127
- 3 刘光崧主编. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996, 53 ~ 68, 123 ~ 125, 154 ~ 167, 171 ~ 173
- 4 林芝地区气象台, 林芝地区科学技术委员会. 西藏林芝地区农业气候资源分析及区划. 北京: 气象出版社, 1993, 8 ~ 36
- 5 裴海崑. 不同草甸植被类型下土壤有机磷类型及含量探讨. 土壤, 2002, 34 (1): 47 ~ 50
- 6 钦绳武, 刘芷宇. 土壤-根系微区养分状况的研究 VI. 不同形态肥料氮素在根际的迁移规律. 土壤学报. 1989, 26 (2): 117 ~ 123
- 7 赵斌, 李静, 马丽, 郑耀. 土壤不同形态钾含量与土壤颗粒的关系. 土壤, 2002, 34 (3): 164 ~ 169
- 8 杨振明, 闫飞, 韩丽梅, 鲍士旦, 史瑞和. 我国主要土壤不同粒级的矿物组成及供钾特点. 土壤通报, 1999, 30

- (4): 163 ~ 167
- 9 李忠佩, 程励励, 林心雄. 红壤腐殖质组成变化特点及其与肥力演变的关系. 土壤, 2002, 34 (1): 9 ~ 15
- 10 刘世全, 张世熔, 伍钧, 庞学勇, 袁大刚. 土壤 pH 与碳酸钙含量的关系. 土壤, 2002, 34 (5): 279 ~ 283
- 11 李萍, 藏东南耕作棕壤养分模糊综合评价. 土壤, 2003, 35 (5): 435 ~ 437
- 12 Zhang SX, Li XY Li XP, Yuan FM, Yao ZH, Sun YL, Zhang FD. Crop yield, N uptake and nitrates in a Fluvo-Aquic Soil profile. *Pedosphere*, 2004, 14 (1): 131 ~ 136
- 13 Tian GM, Wang FE, Chen YX, He YF, Fu QL, Kumar S, Lin Q. Effect of different vegetation systems on soil erosion and soil nutrients in red soil region of southeastern China. *Pedosphere*, 2003, 13 (2): 121 ~ 128

## SOIL FERTILITY OF CROPLANDS IN MAJOR AGRICULTURAL AREAS OF TIBET

ZHONG Guo-hui<sup>1</sup> TIAN Fa-yi<sup>1</sup> WANG Mu<sup>2</sup> ZHANG Hong-feng<sup>2</sup> LIU Cui-hua<sup>2</sup> CI Bai<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> *Bio-Technology Center, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000;*

<sup>2</sup> *Department of Agriculture, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000*)

**Abstract** Tibetan croplands possess their unique soil characteristics due to the special geographical location, climate type, and geological records of Tibet and the cultivation practices of the local farmers. Soil samples from farmlands in Linzhi, Lhasa, Ricaze and Shannan, the major agricultural areas of Tibet, were collected and analyzed in the period from 2002 to 2004. The results showed that the soils varied from weakly acidity (pH 6.5) to weakly alkalinity (pH 9.0), and from 5 to 50 g/kg in organic matter contents, were inadequate in soil N (total N 0.2 ~ 2 g/kg, and readily available N 20 ~ 80 mg/kg), deficient in P (total P 0.22 ~ 1.42 g/kg, and readily available P 1 ~ 133 mg/kg), but rich in K (total K 1.9 ~ 12.2 g/kg, and readily available K 80 ~ 1290 mg/kg) and microelements (Cu 10 ~ 443 mg/kg, Zn 47 ~ 266 mg/kg, Fe 1880 ~ 7550 mg/kg, Mo 0.2 ~ 6.6 mg/kg, Mg 196 ~ 736 mg/kg, B 0.5 ~ 138 mg/kg).

**Key words** Soil fertility, Cropland, Major agriculture areas, Tibet