

# 滇西北藏区不同土地利用方式对土壤养分的影响<sup>1)</sup>

王 君 沙丽清

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明, 650223)

**摘 要** 选取与滇西北藏区地域毗邻的、具有相似气候条件和土壤母质发育类型的 4 种不同土地利用方式, 对土壤养分进行调查, 结果表明: 草甸土壤有机质、土壤全 N、有效 N 的含量是林地与灌丛地的 3~5 倍; 季节性放牧草甸的土壤有机质、全 N、全 P、有效 N、有效 K 以及 3 种土壤酶, 均显著大于常年放牧草甸; 针叶林地与高山栎灌丛地具有相似的土壤养分特征; 各项养分指标之间存在一定相关性, 尤其是有机质与全 N、有效 N 呈极显著正相关, 土壤 pH 值与土壤全 Ca、全 Mg 含量呈显著的正相关关系, 土壤酶与土壤有机质、土壤全 N、有效 N 呈极显著正相关关系。

**关键词** 土地利用; 土壤养分; 滇西北; 土壤性质; 土壤质量

**分类号** S154.1

**Effects of Land Use on Soil Nutrients in Tibetan Region, Northwest Yunnan, China** Wang Jun, Sha Liqing (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, P. R. China) // Journal of Northeast Forestry University - 2007, 35(10), - 45~ 47, 66

Soil nutrients affected by four different land-use types (forestland, shrubland, perennial grazing meadow and seasonal grazing meadow) were studied by selecting the soil under similar climatic conditions and parent materials in Tibetan region, Northwest Yunnan. Results show that soil organic matter (SOM), total N and available N in the two meadows are three to five times higher than those in forestland and shrubland. The SOM, total N, total P, available N, available K and three soil enzymes in seasonal meadow are all significantly higher than those in perennial grazing meadow. Coniferous forestland and *Quercus aquifolioides* shrubland have similar soil nutrients characteristics. Certain correlation between different soil nutrient indices was found, especially between SOM and other indices. There is a significant positive correlation between SOM and total N, available N and a highly significant positive correlation between soil enzymes and SOM, total N and available N.

**Key words** Land uses; Soil nutrients; Tibetan region; Soil properties; Soil quality

土壤养分不仅是土壤生态系统的重要组成部分和生态因子, 而且为地上植物的生长提供了必需的营养元素, 直接影响着土壤健康与生态系统的生产力。不同的土地利用方式以及不同的管理措施等将直接影响到土壤养分, 必然导致土壤性质的变化以及土地生产力的改变<sup>[1]</sup>, 并影响着不同的土地单元中 N、P 等重要营养成分的滞留和转化, 其规律也是生态学家与土壤学家研究的重点<sup>[2]</sup>。因而, 研究不同土地利用方式下的土壤养分状况, 有助于了解土地利用变化对土壤质量的影响, 从而为制定合理的土地管理措施, 实现土地利用的可持续发展提供基础科学依据。

中国西南横断山脉地区是全球生物多样性热点地区之一<sup>[3]</sup>, 可能对人类活动导致的生态效应的响应更为敏感。这一生态敏感脆弱地区居住着众多的少数民族, 长久以来他们形成了自己独特的土地利用与管理措施。然而随着人口的增长与社会经济的发展, 给自然生境施加了压力, 土地利用和土地覆被出现了较大变化, 必然给当地生态环境带来很大的影响。目前, 针对中国西南高山地区土地利用变化, 对土壤养分性质以及其它生态过程的影响研究还很少。本研究选取滇西北藏区高原地区, 通过对当地 4 种典型的土地利用类型的土壤

养分调查研究, 旨在探究该区土地利用方式和管理措施对土壤性质的影响及其优化管理措施。

## 1 研究区概况与方法

选择滇西北迪庆藏族自治州香格里拉县红坡村达拉社作为研究区域。香格里拉位于迪庆州东部, 属青藏高原南缘横断山脉腹地, 本区属寒温带山地季风气候, 夏秋多雨, 冬季干旱, 年均温度为 6.3℃, 平均最高温度为 14℃, 平均最低温度为 -1.6℃, ≥10℃的积温为 1200~1556℃, 年均降雨量为 800~1000mm, 主要集中在 6~9 月份, 占全年降水量的 75%。干湿季分明, 日温差大, 太阳辐射强烈。研究地点海拔 3300~3500m, 属低纬度高海拔地区。植被主要以高山针叶林为主, 组成森林的树种主要有高山松 (*Pinus densata*)、云杉 (*Picea asperata*)、冷杉 (*Abies fabri*) 以及一些高山栎类矮灌丛。主要土壤类型为棕壤、暗棕壤、漂灰土和草甸土等。

根据土地利用方式的不同, 于 2004 年 11 月 4 日在该村附近选取 4 种典型的土地利用方式: 林地、灌丛地、常年放牧草甸、季节性放牧草甸。常年放牧草甸与季节性放牧草甸相毗邻, 林地与灌丛地分别位于 2 种草甸旁边的山上。由于地域毗邻, 因而, 具有相似气候条件与土壤母质发育类型。各种土地利用方式的样地描述如表 1 所示。

研究方法: 在常年放牧草甸上选取 4 个大样方, 每个大样方里分为 4 个小样方, 共 16 个小样方; 其余 3 种土地利用方式均随机选取 4 个小样方。在小样方内, 用 5cm × 10cm 的环刀取 0~10cm 土样 4 个, 混合装入聚乙烯塑料袋中作为 1 个样品。土样采好后, 带回实验室自然风干, 过筛, 待测。

1) 云南省自然科学基金项目 (2004C0052M) 和中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-SW-123-5)。

第一作者简介: 王君, 男, 1982 年 10 月生, 中国科学院西双版纳热带植物园; 中国科学院研究生院, 硕士研究生。

通讯作者: 沙丽清, 中国科学院西双版纳热带植物园, 副研究员。

收稿日期: 2006 年 12 月 27 日。

责任编辑: 潘 华。

表 1 4种不同土地利用方式的样地描述

土地利用类型	土壤类型	植被优势种	利用管理措施
林地	黄棕壤	高山松 ( <i>Pinus densata</i> )、云杉 ( <i>Picea asperata</i> )	天然林, 林龄大约 100~150 a 为当地神山, 50 年代择伐过, 目前严格禁止砍伐树木, 因而植被保护较好。
灌丛	黄棕壤	刺叶高山栎 ( <i>Quercus pinosa</i> )	灌丛较矮, 高约 20~50 cm, 片状分布, 人为干扰少。
常年放牧草甸	亚高山草甸土	羊茅 ( <i>Festuca ovina</i> )、圆穗蓼 ( <i>Polygonum macrophyllum</i> )	常年放牧草甸上没有围栏, 各个季节均可自由放牧, 主要的放牧牲畜有牦牛、黄牛、犏牛、猪、绵羊、马等, 只有牦牛在夏季被迁往高山牧场。
季节性放牧草甸	亚高山草甸土	羊茅 ( <i>Festuca ovina</i> )、车前 ( <i>Plantago asiatica</i> )、灯芯草 ( <i>Juncus efusus</i> )	设有围栏, 一般是在 5 月份进入生长季时将围栏出口关闭, 禁止牲畜进入。待 9 月份进行刈草完成后, 才将围栏出口打开供放牧。放牧牲畜种类与常年性放牧草甸相同。

有机质含量的测定采用重铬酸钾氧化-外加热法; 全 N 含量的测定采用开氏定氮法; 全 P、K、Ca、Mg 含量的测定采用 HCD<sub>4</sub>-HF 消解和 ICP-AES 测定; 有效 N 含量的测定采用碱解扩散法; 有效 P 含量的测定采用 0.03N NH<sub>4</sub>F-0.025N HCl 浸提, 钼锑抗比色法; 有效 K 含量的测定采用 1 mol/L CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 浸提和 ICP-AES 测定; pH 值的测定采用电位计法 ( $V_{\pm}: V_{\text{水}} = 1:0.25$ ), 参见《森林土壤分析方法》<sup>[4]</sup>。土壤脲酶、酸性磷酸酶与碱性磷酸酶的方法见《土壤酶及其研究法》<sup>[5]</sup>。

数据采用 SPSS 统计分析软件作单因素方差分析及相应

表 2 4种不同土地利用方式对土壤养分的影响

土地利用	全 N/ g·kg <sup>-1</sup>	有效 N/ mg·kg <sup>-1</sup>	全 P/ g·kg <sup>-1</sup>	有效 P/ mg·kg <sup>-1</sup>	全 K/ g·kg <sup>-1</sup>	有效 K/ mg·kg <sup>-1</sup>	有机质/ g·kg <sup>-1</sup>	pH 值	全 Ca/ g·kg <sup>-1</sup>	全 Mg/ g·kg <sup>-1</sup>
林地	1.92 c (0.11)	152.7 b (13.5)	1.01 b (0.29)	3.15 ab (1.93)	14.54 a (0.73)	96.65 b (7.97)	67.78 c (7.95)	5.26 c (0.12)	1.82 b (0.24)	4.53 a (0.28)
灌丛	2.16 c (0.24)	154.5 b (15.0)	1.29 b (0.25)	5.00 a (1.84)	16.38 ab (0.63)	262.75 a (37.98)	61.18 c (9.34)	5.76 a (0.08)	2.14 b (0.30)	4.67 a (0.08)
常年放牧草甸	8.61 b (0.87)	574.5 a (50.0)	1.19 b (0.06)	1.43 b (0.34)	15.13 ab (0.41)	148.78 b (16.97)	181.24 b (19.48)	5.53 b (0.03)	4.68 a (0.57)	4.97 a (0.20)
季节性放牧草甸	13.94 a (1.38)	755.6 a (67.3)	1.83 a (0.06)	0.50 b (0.00)	12.95 c (0.73)	288.45 a (29.07)	324.90 a (31.92)	4.98 d (0.04)	2.10 b (0.24)	2.86 b (0.24)

注: 括号里数字表示标准误差; 相同字母表示无显著差异, 不同字母表示有显著差异 ( $\alpha = 0.05$ )。

土壤磷: 季节性放牧草甸全 P 含量显著高于其它 3 种土地利用方式, 且常年放牧草甸、针叶林、灌丛土壤相差不大, 3 者之间并无显著差异。土壤有效 P 的变化趋势与全 P 截然不同, 灌丛具有最高的有效 P, 其次是针叶林, 而 2 种草甸土壤则很低, 尤其是在季节性放牧草甸, 有效 P 含量低于分析仪器检测限 (0.50 mg/kg), 故以 0.50 mg/kg 表示 (见表 2)。这揭示了当地草甸土壤普遍缺磷的养分状况。在有机质含量较高的土壤上, 会增加微生物对磷的固定<sup>[6]</sup>。因而, 草甸土壤的有效磷含量很低。因为土壤磷的有效性影响因素很复杂, 如土壤酸碱性、土壤氧化还原状况以及有机质含量等都影响磷的有效性有重要影响, 使土壤磷的变化规律不明显。

土壤钾: 4 种不同的土地利用方式下, 全 K 含量只有季节性放牧草甸与灌丛、常年放牧草甸存在显著差异, 其余的均无显著差异。季节性放牧草甸与灌丛具有较高的有效 K 含量, 显著高于常年放牧草甸和林地。

土壤有机质: 土壤有机质含量是土壤质量状况的重要指标。从表 2 中可以看出, 草甸土壤的有机质含量较高, 且季节性放牧草甸显著高于常年放牧草甸, 而针叶林与灌丛地土壤有机质含量较低, 只有草甸土壤的 1/5~1/3 且 2 者相差很小, 表明针叶林与灌丛具有相似的土壤养分特征。这种变化趋势与土壤全 N、有效 N 的变化趋势相同。

土壤 pH 值: 4 种不同的土地利用方式下, pH 值偏弱酸性, 且表现出显著差异, 其高低顺序依次是: 灌丛 > 常年放牧草甸 > 针叶林 > 季节性放牧草甸。土壤 pH 值的大小往往与土壤水分含量有显著相关关系, 湿润地区的 pH 值明显低于干旱半干旱地区<sup>[7]</sup>。取样时 4 种土地利用方式的土壤容积

的相关分析。

## 2 结果与分析

土壤氮: 土壤氮素是植物吸收的大量元素之一, 是土壤养分最重要的指标。不同土地利用方式下, 土壤全 N、有效 N 含量不同, 季节性放牧草甸最高, 其次是常年放牧草甸, 2 者显著高于针叶林、灌丛地, 而针叶林与灌丛地土壤全 N、有效 N 含量几乎相等。一般来说, 有效 N 受全 N 的影响较大, 因此 2 者在 4 种土地利用方式中的变化趋势相同 (见表 2)。

含水量分别为: 灌丛 19.2%、常年放牧草甸 36.3%、林地 23.5%、季节性放牧草甸 82.2%, 因而, 我们的结果也反映了土壤水分对 pH 的影响。

土壤中全 Ca、全 Mg 含量: 土壤中全 Ca 常年放牧草甸最高, 约是其它 3 种土地利用方式的 2 倍以上, 其它 3 种土地利用方式之间无显著差异。对于全 Mg, 也是常年放牧草甸最高, 但针叶林与灌丛也出现了较高的 Mg 含量, 且无显著差异。和常年放牧草甸相比, 季节性放牧草甸的全 Ca、Mg 含量均很低, 这可能是常年放牧草甸具有较长的放牧时间, 因而, 放牧家畜排泄物进入土壤的量也较多, 从而造成全 Ca、Mg 含量比季节性放牧草甸高。

土壤酶: 土壤酶对环境或管理因素引起的变化较为敏感, 并具有较好的时效性, 是反映土壤质量或土壤健康较为敏感的指标<sup>[8]</sup>。我们取样并分析了常年放牧草甸与季节性放牧草甸的土壤脲酶、酸性磷酸酶、碱性磷酸酶, 如图 1 所示。这 3 种酶的含量都是季节性放牧草甸显著高于常年放牧草甸。这表明在牧草生长季节围栏育草, 禁止放牧, 减轻了放牧强度, 有利于土壤酶活性的提高。3 种土壤酶之间在 0.01 水平上存在极显著的正相关关系, 脲酶-酸性磷酸酶  $r = 0.857$  脲酶-碱性磷酸酶  $r = 0.877$  酸性磷酸酶-碱性磷酸酶  $r = 0.923$ 。

土壤养分的相关分析: 如表 3 所示, 土壤有机质作为土壤养分最重要的指标, 与其它土壤测定指标之间均存在显著的相关关系。土壤有机质与全 N、有效 N 的相关性最大, 相关系数分别达到 0.988、0.955, 与有效 K、全 P、全 Ca 呈显著的正相关关系, 而与有效 P、全 K、全 Mg 则呈极显著的负相关关系。

土壤有效 N 作为土壤全 N 的一部分, 与全 N 含量存在极

显著的正相关关系 ( $r = 0.983$ ), 有效 P 与全 P 也存在相关关系 ( $r = 0.386$ ), 而有效 K 与全 K 之间不存在相关关系。

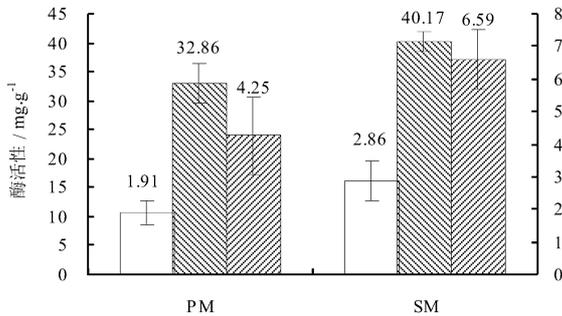


图 1 常年放牧草甸 (PM) 与季节性放牧草甸 (SM) 的土壤酶活性

直方图上方数据表示平均值, 误差线表示标准误差

土壤 pH 值与土壤全 Ca 全 Mg 含量呈显著的正相关关系。

土壤脲酶、酸性磷酸酶、碱性磷酸酶与其它土壤养分指标之间也存在一定的相关关系, 尤其是与土壤有机质、土壤全 N、

有效 N 的相关性达极显著。

### 3 讨论

近年来, 有关土地利用方式与变化对土壤性质和肥力的影响研究逐渐增多。不同的土地利用方式对土壤养分有显著的影响。

高山草甸土壤的养分积累效应: 放牧家畜在采食过程中, 除践踏影响草地的物理结构外, 还通过采食牧草及排泄影响草地营养物质的转化, 从而使草地土壤的化学成分发生变化<sup>[9]</sup>。本研究中 2 种不同管理措施的草甸土壤有机质、土壤全 N、有效 N 均显著高于林地与灌丛地, 原因可能是一方面, 草地植被层盖度大, 植被残体和凋落物对土壤的归还量较大, 使土壤中积累了较多的有机质; 放牧家畜排出的粪尿增加了土壤中易分解的有机物, 从而对土壤起到了一定的培肥作用。另一方面, 2 种不同管理措施的草甸处于针叶林和灌丛所在的两山之间的坝子里, 地势较低, 土壤水分含量高, 尤其是在雨季出现连续降雨时, 草甸基本上处于淹水状态, 氧化还原电位较低, 有机质分解缓慢, 在草甸土壤中得到积累。

表 3 各种土壤养分指标之间的相关关系

	有效 N	有效 P	有效 K	pH 值	有机质	全 N	全 P	全 K	全 Ca	全 Mg
有效 N	1	-0.516**	0.268	-0.207	0.955**	0.983**	0.430	-0.598**	0.673**	-0.419*
有效 P	-0.516**	1	0.115	0.485**	-0.525**	-0.515**	0.386	0.439*	-0.296	0.346
有效 K	0.268	0.115	1	0.026	0.407*	0.354	0.597*	-0.256	0.039	-0.551**
pH 值	-0.207	0.485**	0.026	1	-0.375*	-0.292	-0.089	0.405*	0.404*	0.530**
有机质	0.955**	-0.525**	0.407*	-0.375*	1	0.988**	0.510*	-0.720**	0.516**	-0.637**
全 N	0.983**	-0.515**	0.354	-0.292	0.988**	1	0.501**	-0.667**	0.583**	-0.549**
全 P	0.430	0.386	0.597*	-0.089	0.510**	0.501**	1	-0.349	0.072	-0.439*
全 K	-0.598**	0.439*	-0.256	0.405*	-0.720**	-0.667**	-0.349	1	-0.292	0.773**
全 Ca	0.673**	-0.296	0.039	0.404*	0.516**	0.583**	0.072	-0.292	1	0.046
全 Mg	-0.419*	0.346	-0.551**	0.530**	-0.637**	-0.549**	-0.439	0.773**	0.046	1
脲酶	0.851**	-0.527*	0.444†	-0.279	0.865**	0.881**	0.535*	-0.805**	0.346	-0.698**
酸性磷酸酶	0.877**	-0.591**	0.596*	-0.211	0.866**	0.888**	0.517	-0.795**	0.480*	-0.717**
碱性磷酸酶	0.917**	-0.607**	0.524	-0.216	0.909**	0.942**	0.568*	-0.813**	0.541*	-0.704**

注: 表中显示 Pearson 相关系数, 除土壤酶  $n = 20$  其它为  $n = 28$  \* 表示在 0.05 水平 (两尾测验) 上显著; \*\* 表示在 0.01 水平 (两尾测验) 上显著。

草甸土壤的不同管理措施 (季节性休牧与围封) 对土壤养分的影响: 草地放牧和围封对土壤肥力有显著的影响, 阿拉善荒漠灌草地土壤有机 C、全 N、全 P 的含量和富集率均为围封 6a > 围封 2a > 自由放牧<sup>[10]</sup>。本研究中高山草甸在长久形成 (百年尺度) 传统管理方式下的区别主要是放牧强度、时间的不同和刈草与否。季节性放牧草甸在 5~10 月份围栏禁牧, 减少了放牧压力, 增加了植物生产量及归还土壤的凋落物量, 从而增加了土壤中的养分含量。虽然当地藏民在季节性放牧草甸刈草也减少了植物残体的归还量, 但刈草只是一次性收获地上生物量比常年放牧草甸增长的部分, 而且收获的同时还留有残茬, 所以家畜采食、排泄作用对植物归还量的影响可能更大。因此, 对于土壤有机质、全 N、全 P、有效 N、有效 K 以及 3 种土壤酶, 均有季节性放牧草甸 > 常年放牧草甸。而 pH、全 K、全 Ca、全 Mg 含量则相反。放牧对土壤理化和生物性质的影响并没有单一和一致的结论, 特别是在化学性质方面。这反映了草原土壤系统具有滞后性和容量性 (弹性); 更反映了气候、地形、土壤性质、植物组成、放牧动物类型、放牧历史等因素对土壤化学性质有重要的影响<sup>[11]</sup>。

林地与灌丛地土壤养分的相似性: 林地、灌丛地除有效 K、pH 值的差异显著, 其余的各项指标之间并不存在明显的差异, 这表明针叶林地与高山栎灌丛地具有相似的土壤养分特征, 即针叶林和高山栎灌丛植被对土壤的培肥效应相似。也有研究

认为灌丛具有明显的肥力岛屿效应<sup>[12]</sup>, 灌木植被对土壤的培肥作用高于乔木<sup>[13]</sup>, 是较好的土壤恢复植被类型<sup>[14]</sup>。

土壤养分之间的相关性: 许多研究表明, 各种土壤性质指标之间存在一定的相关性<sup>[15-17]</sup>。一般来说, 土壤有机质与其它土壤养分指标之间均存在一定的相关性, 尤其是与全 N、有效 N 呈极显著的正相关关系, 是土壤质量状况的重要指标。有效养分与全量养分之间, 有效 N 与全 N 的相关性较好, 而磷、钾的规律不明显。我们的研究结果正说明了这一点。

土地质量性状与土地利用方式之间的关系很复杂, 不同性状指标受土地利用方式的影响不同, 存在空间差异性<sup>[18]</sup>。同时, 土壤养分还受到气候、土壤母质、地形、植被等因素影响。因此, 不能单纯从土壤养分的角度来评价土地利用方式的优劣, 应该结合其它因素如土壤物理和生物学性状、植被演替状况、水土流失状况等作综合分析。

### 4 结论

本文研究了 4 种不同土地利用方式下的土壤养分, 对于土地利用方式对土壤质量性状的影响, 具有一定的借鉴意义。现将主要结论概括如下:

2 种不同管理措施的草甸的土壤有机质、土壤全 N、有效 N 均大大高于林地与灌丛地, 表明草甸土壤具有较好的养分积累效应; 从土壤有机质、全 N、全 P、有效 N、有 (下转 66 页)

综合冬季与夏季节能的需要,大庆地区可采用南至南偏西  $7.4^\circ$  的建筑朝向为节能住宅的设计朝向。

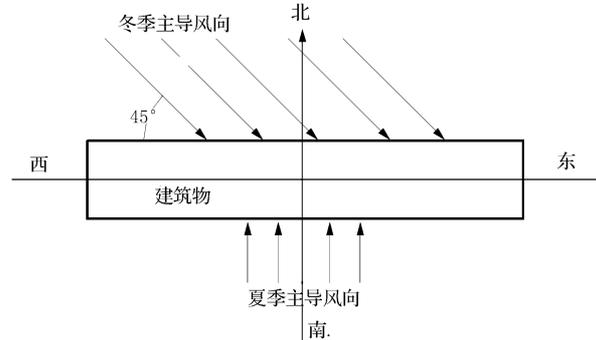


图 4 冬季得热最多的住宅朝向

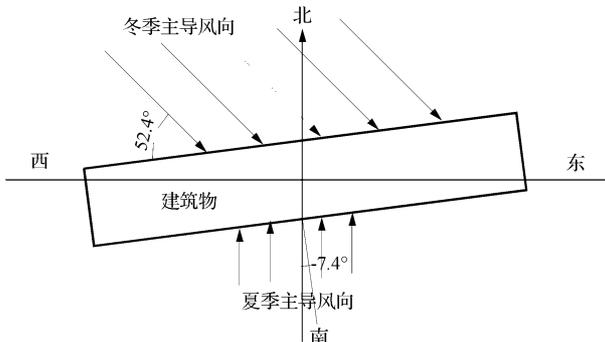


图 5 夏季宜采取的住宅朝向 A

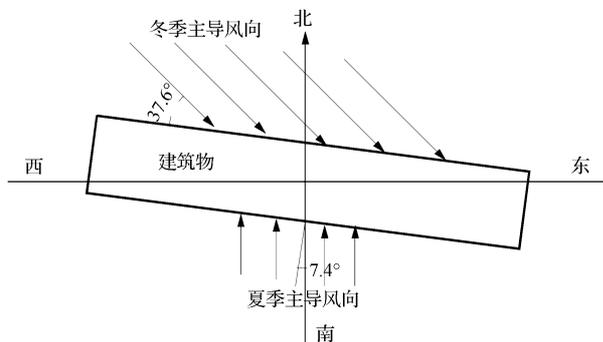


图 6 夏季宜采取的住宅朝向 B

### 3 结论

高寒地区(以大庆地区为例)节能住宅体型与朝向可按如下原则确定: 应将建筑宽度扩大到  $9.6\text{m}$  以上,以  $9.6\sim 12.0\text{m}$  为宜,住宅长度以  $60\text{m}$  较为适宜,高度以  $17\text{m}$  (6层)为宜; 住宅建筑朝向宜选择南至南偏西  $7.4^\circ$  的建筑朝向为节能住宅的设计朝向。

### 参 考 文 献

(上接 47 页)效 K 以及 3 种土壤酶来看,均有季节性放牧草甸 > 常年放牧草甸,表明当地藏民传统的草地管理方式——季节性休牧和围栏育草,既可以有效利用草地资源,又减少了放牧压力,有利于土壤养分的积累与微生物活性的提高,是值得采取的土地利用和管理措施; 针叶林地、高山灌丛地除有效 K、pH 值的差异显著,其余的各项指标之间并不存在明显的差异,这表明针叶林地与高山栎灌丛地具有相似的土壤养分特征; 土壤有机质与各项养分指标之间均存在一定的相关性,尤其是与土壤全 N、有效 N 的相关性最大,有效养分与全量养分之间,以氮的相关性最大,而磷、钾的规律不明显。土壤 pH 值与土壤全 Ca 全 Mg 含量呈显著的正相关关系。土壤酶与土壤有机质、土壤全 N、有效 N 的呈极显著的正相关关系。

致谢: 本研究得到了土壤生态组邹晓明、杨效东、付昀、冯志立老师的悉心指导和香格里拉高山植物园方震东主任、肖茂荣、刘琳老师及香格里拉县红坡村达拉社汪学、林安的热情帮助,在此表示真诚的感谢!

### 参 考 文 献

- [1] Islam K R, Weil R R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh [J]. *Agric Ecosyst Environ* 2000 79(9): 9-16
- [2] 刘世梁,傅伯杰. 景观生态学原理在土壤学中的应用 [J]. *水土保持学报*, 2001 15(3): 102-106
- [3] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities [J]. *Nature*, 2000 403: 853-858
- [4] 国家林业局. LY/T 1210-1275-1999 森林土壤分析方法 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.

- [1] 中国建筑科学研究院. JGJ26-95 民用建筑节能设计标准: 采暖居住建筑部分 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996 1-6
- [2] 唐鸣放,陈璞. 房屋朝向 [J]. *重庆建筑大学学报*, 1998 20(2): 26-29.
- [5] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1986: 294-297, 310-314.
- [6] Seeling B, Zasowski R J. Microbial effects in maintaining organic and inorganic solution phosphorus concentrations in a grassland topsoil [J]. *Plant and Soil* 1993 148 277-284
- [7] Brady N C. The nature and properties of soils [M]. New York: Macmillan Inc, 1984 180-181
- [8] 郭继勋,姜世成,林海俊,等. 不同草原植被碱化草甸土的酶活性 [J]. *应用生态学报*, 1997 8(4): 412-416.
- [9] 裴海昆. 不同放牧强度对土壤养分及质地的影响 [J]. *青海大学学报: 自然科学版*, 2004, 22(4): 29-31
- [10] 裴世芳,傅华,陈亚明,等. 放牧和围封下霸王灌丛对封肥力的影响 [J]. *中国沙漠*, 2004 24(6): 763-767
- [11] 高英志,韩兴国,汪诗平. 放牧对草原土壤的影响 [J]. *生态学报*, 2004, 24(4): 790-797
- [12] 巩杰,陈利顶,傅伯杰,等. 黄土丘陵区小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响 [J]. *应用生态学*, 2004 15(12): 2292-2296.
- [13] 巩杰,陈利顶,傅伯杰,等. 黄土丘陵区小流域植物恢复的土壤养分效应研究 [J]. *水土保持学报*, 2005, 19(1): 93-96
- [14] 刘梦云,安韶山,常庆瑞,等. 宁南山区不同土地利用方式土壤质量评价 [J]. *水土保持研究*, 2005, 12(3): 35-37
- [15] 常凤来,田昆,莫剑锋,等. 不同利用方式对纳帕海高原湿地土壤质量的影响 [J]. *湿地科学*, 2005, 3(2): 132-135
- [16] 耿玉清,孙向阳,亢新刚,等. 长白山林区不同森林类型下的土壤肥力状况的研究 [J]. *北京林业大学学报*, 1999 21(6): 97-101
- [17] 郑华,欧阳志云,王效科,等. 不同森林恢复类型对南方红壤侵蚀区土壤质量的影响 [J]. *生态学报*, 2004 24(9): 1994-2002
- [18] 李阳兵,高明,魏朝富,等. 不同土地利用方式对岩溶山地土壤质量性状的影响 [J]. *山地学报*, 2003, 21(1): 41-49