

吴旗县不同植被类型土壤干层特征分析

刘 刚, 王志强, 王晓岚

(北京师范大学资源与环境科学系, 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

摘 要: 吴旗县位于黄土高原暖温带半干旱地区, 由于降雨量较少以及地表的蒸发和植物的蒸腾, 使土壤水亏损严重, 部分植被下的土壤中出现了土壤干层。为了系统比较不同植被类型下土壤干层特点, 通过对吴旗不同植被 0~9.0 m 土壤水分的实地测量和分析, 得出以下结论: 除农地外, 其它植被类型下都不同程度的存在着土壤干层, 干层严重程度: 林地大于灌木林地, 灌木林地大于草地; 草地存在临时干层和永久干层, 永久干层深度可以达到 4.0 m。测量当时, 灌木林没有临时干层, 存在永久干层, 深度 3.0~8.4 m; 杏树林不存在临时干层, 油松林临时干层则很严重, 杏树林和油松林永久干层深度分别在 8.0 m 和 9.0 m 以上。临时干层的出现取决于降水的补充, 因此可能与采样时间有关。通过对吴旗县土壤干层的分析可以为进一步研究土壤干层和植被建设提供借鉴。

关键词: 黄土高原; 土壤水分; 土壤干层

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)01-0126-04

Analysis of Dried Soil Layer of Different Vegetation Types in W uqi County

L U Gang, WANG Zhi-qiang, WANG Xiao-lan

(Department of Resource and Environmental Sciences, Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster,
Ministry of Education of China, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract W uqi County lies in the warm temperate zone and semi-arid area. Because of less precipitation, soil evaporation and vegetation transpiration, the soil water is seriously lost and dried soil layer appears in parts of vegetation's ground. In order to systematically compare the characteristic of dried soil layer in different vegetation types, according to the local investigations and analysis of 0~9.0 m soil water of different vegetations, the following conclusions are drawn. Except the farm ground, other vegetations' grounds have dried soil layers of different degree. To the dried extent of layer, arbor ground is drier than shrub ground and shrub ground is drier than grass ground. At the time of investigation, it is found that there are temporary and perpetual dried soil layer in grass ground and the depth of perpetual dried soil layer is 4.0 m, and shrub ground has no temporary but perpetual dried soil layer and the depth of perpetual dried soil layer is 3.0~8.4 m, and almond ground has no temporary dried soil layer but the perpetual dried soil layer of pine is seriously dry and the perpetual dried soil layer depth of almond is over 8.0 m and the pine's is over 9.0 m. Precipitation determines the existence of temporary dried soil layer, so the temporary dried soil layer is related to the sampling time. This analysis of the dried soil layer in W uqi will provides references for further study of dried soil layer and vegetation planting.

Key words: the Loess Plateau; soil moisture; dried soil layer

黄土高原是我国水土流失最严重的地区, 目前大力开展的退耕还林还草措施对防治水土流失具有重要意义。由于黄土高原地处半干旱地区, 降雨量少并且集中, 加之地下水埋藏深, 使土壤水在黄土高原的植被建设中显得尤为重要。地表的蒸发和植物的蒸腾, 使土壤水亏损严重, 部分植被下的土壤中出现了利用型土壤干层^[1,2], 尤其在人工林草植被土壤中的表现尤为突出。土壤干层不仅影响植被的生长和更新, 而且威胁后续植被建设, 越来越受到人们的重视。

土壤干层是 60 年代中期在陕西东部旱塬(蒲城)发现的, 1965 年在蒲城塬区实测到 3 m 土层以下存在有“低湿度层”, 接近毛管破裂湿度^[3], 形成了干燥化土层, 此时尚没有对干层给予明确定义。在此以后对土壤干层的研究逐步展开和深入, 李玉山^[3]根据土壤干层的形成原因把黄土区土壤干层划分为利用型干层和地区型干层, 此时仍然没有明确给出土壤干层的定量指标。随着研究的深入, 李玉山^[4]在研究中对黄土高原下伏干层的形成和分布给予了解释, 并且对土

收稿日期: 2003-06-25

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018605)“草地与农牧交错带生态系统重建机理及优化生态-生产范式”资助; 教育部骨干教师项目资助

作者简介: 刘刚(1978-), 男, 山东潍坊人, 硕士生, 研究方向为土壤侵蚀。

壤干层给予了定义,“它是位于降雨渗透以下,因植物蒸散导致土壤水分负平衡,形成长期存在的干燥化土层,其土壤湿度处在萎焉湿度至 75% 田间持水量之间”。杨文治、余存祖^[2]也对土壤干层进行了较深入的研究,分析了土壤干层的涵义、形成和危害。在划分土壤干层时与李玉山^[4]的研究既有相同点又有不同点。相同之处都把土壤干层的上限定为土壤稳定湿度或毛管联系破裂湿度,下限定为凋萎湿度,不同点是杨文治等指出土壤稳定湿度随土壤质地的不同而不同,范围相当于田间持水量的 35%~80%,在这一点上本文采用了杨文治等的观点。侯庆春、韩蕊莲等^[5]对土壤干层的危害进行了分析,指出干层影响树木生长、生存和天然更新,而且对后续草种选择和造林种草的实施也是一种潜在的威胁。李裕元、邵明安^[6]从全球气候要素周期性变化和地球构造运动导致黄土的堆积研究了黄土高原植被的演替与干层的形成,指出土壤干层的形成是气候干旱化过程中出现的现象,人工植被激发并强化了土壤干层的形成。王力、邵明安等^[7]根据影响水分性质的土壤质地因素及水分动态分布规律,探讨了土壤干层量化指标和分级。根据降水补充深度不超过 2.0 m,将 0~0.2 m 范围内的干层称为临时性干层,2.0 m 以下的干层称为永久干层。并且将干层划分为三个等级。王力、邵明安等分析了延安试区植被下 0~5 m 深度范围内的土壤干层特点,对不同林草植被下的干层状况做了比较,得出人工植被比天然植被干层严重,不同条件下干层严重程度不同,植被耗水是土壤干层形成的重要原因的结论^[8];还分析了人工刺槐林在不同坡度和坡向以及不同林龄下,5 m 深度范围内的土壤干层特点。研究结果显示,阳坡干层比阴坡严重,坡度越大土壤干化愈剧烈,林龄对土壤干层的影响不明显^[9]。付明胜、钱卫东等^[10]研究了连续干旱导致干层加重以及由此导致的植物衰退和死亡,并且分析了降水量减少和有效性差以及气候变暖是造成土壤干层的气候原因,不足之处是测量土壤水分深度浅(林地 1.8 m,农作物和二年生草地 1.0 m)。以上研究从不同角度对土壤干层进行了分析和研究,但尚缺少对同一地区多种植被类型下的土壤干层研究;尤其是研究测量的土壤水分深度一般都比较浅。由于乔木的根系伸展深度较深,因此系统比较多种植被类型下深层土壤水分,尤其是土壤干层水分变化特点,将对进行植被建设起借鉴作用。从这一目的出发,在黄土高原的吴旗县,通过实地测量不同植被类型下不同深度的土壤含水量,分析了它们的变化特点,尤其对不同植被类型下的土壤干层深度和干燥化程度进行深入的分析。

1 资料和方法

吴旗县位于延安地区西北部,属陕北黄土梁状丘陵沟壑区。气候为暖温带大陆性干旱季风气候,多年平均降雨量为 450 mm,降水年变化率大,降水季节分配不均,5~10 月降水量占全年降水量的 80% 以上。自然植被属于暖温带森林草原。天然植被遭到破坏,存在着大量的人工植被。土壤为地带性黑垆土剥蚀后广泛发育在黄土母质上的黄绵土,质地为轻壤,田间持水量为 20.9%,凋萎湿度 4.7%,具有较好的持水性能。

根据吴旗县植被类型的分布特点,分别选择了农地、草地、灌木林和乔木林进行土壤水测量。其中草地包括天然草

地和人工草地(沙打旺),灌木林为人工种植柠条和沙棘。乔木林为人工杏树林和油松(表 1)。土壤水分测量时间为 8 月 1 日至 2 日。用土钻取土样,天然草地深度为 7.2 m,其它植被为 9.0 m,其中深度 3 m 以内每 20 cm 取一土样,3 m 以下深度每 30 cm 取一土样。用烘干法计算土壤重量含水量。同时测量不同植被类型下 1.0 m 深度内不同深度土层下的土壤容重,每层取三个重复,求其平均值(表 2),1 m 以内土层中各植被类型的土壤容重取实测值,1 m 以下深度由于土壤质地基本一致,均取 1.33 g/cm³。

表 1 吴旗主要植被类型调查表

样地	坡度	地貌部位	采样深度/m	地面盖度/%	生长年数/a
农地	27°	梁坡中上	0~9.0	...	...
天然草地	36°	沟坡中部	0~7.2	85	
沙打旺草地	29°	梁坡中上	0~9.0	95	3
柠条灌丛	25°	梁坡中	0~9.0	100	16
沙棘灌丛	24°	梁坡中	0~9.0	100	18
杏树林	30°	梁坡中(水平条)	0~9.0	70	40
油松林	28°	梁坡上(水平条)	0~9.0	75	17

表 2 不同深度土层下的土壤容重 g/cm³

样地	0~0.2 m	0.2~0.4 m	0.4~0.6 m	0.6~0.8 m	0.8~1.0 m
农地	1.28	1.34	1.33	1.33	1.33
草地	1.38	1.31	1.21	1.23	1.33
灌木林地	1.27	1.32	1.33	1.33	1.32
乔木林地	1.3	1.29	1.27	1.28	1.34

本文采用杨文治等关于土壤干层上下限的划分标准,将判断土壤干层的上限指标——土壤稳定湿度定为 7.7%,占田间持水量的 36.8%;将其下限指标——凋萎湿度定为 4.7%^[2]。同时采用王力、邵明安等的观点,将 0~2.0 m 内的干层称为临时干层,将 2.0 m 以下的干层称为永久干层。

2 结果与讨论

农地 0~9 m 的土壤中,最低含水量为 9.1%,最高含水量为 14%,平均含水量为 11.8%,土壤水由表层到 7 m 深度缓慢下降,但从总体来看土壤水在垂直方向的变化不大(图 1a)。按照本文关于土壤干层的划分标准,平均含水量大于稳定含水量 4.1 个百分点,没有形成土壤干层。由此看出,农地具有很高的土壤可利用水,0~9 m 有效储水量为 93.9 mm/m,是灌木林地土壤储水量的两倍还要多(表 3)。

天然草地和人工沙打旺草地是研究区草地的典型代表。土壤剖面含水量从表层开始迅速下降,在 5 m 以内存在着强烈耗水层,5 m 以后土壤含水量逐步回升(图 1b)。天然草地最低含水量为 3.3%,最高含水量 13.4%,0~7.2 m 平均含水量为 9.2%。沙打旺土壤最低含水量为 5.2%,最高含水量 14.9%,0~9.0 m 平均含水量为 10.5%。两种草地都不同程度的存在着临时干层和永久干层,天然草地在当时测量时的临时干层深度为 0.8~2.0 m,其平均含水量为 5.4%,有效储水量为 8.9 mm/m。永久干层深度为 2.0~3.6 m,平均含水量为 6.7%,有效储水量为 26.6 mm/m。

沙打旺土壤当时临时干层深度为 1~2.0 m,平均含水量为 6.0%,有效储水量为 16.9 mm/m,永久干层深度为 2.0~2.6 m,平均含水量为 6.8%,有效储水量为 27.9 mm/m(表 3)。根据杨文治、余存祖^[2]的研究,3 年生沙打旺可以利

用到深度为 3.5 m 的土壤储水。沙打旺根系每年向下延伸 1~2 m, 不断蒸腾土壤水, 使干层进一步强化, 本文研究的沙打旺生长年限为 3 年, 可以断定, 随着沙打旺的生长, 其土壤永久干层将会进一步强化。从以上分析可以看出, 天然草地和沙打旺浅层土壤水消耗很大, 存在临时干层和永久干层。

吴旗灌木林主要有柠条和沙棘, 两种灌木的土壤垂直剖面含水量在 2.0 m 以内得到了较好的恢复, 2.0 m 以下土壤含水量降低, 其中在 2.5~8.0 m 存在强烈耗水层(图 1c)。柠条 0~9.0 m 最高含水量为 14.0%, 最低含水量为 5.2%, 平均含水量为 8.0%, 有效储水量为 43.2 mm/m; 沙棘 0~9.0 m 最高含水量为 13.9%, 最低含水量为 5.6%, 平均

含水量为 8.2%, 有效储水量为 45.5 mm/m。两种灌木测量时都不存在临时干层, 1.0~2.0 m 柠条土壤水恢复到 10.1%, 沙棘恢复到 10.8%。柠条永久干层深度为 3.0~8.4 m, 平均含水量为 6.7%, 有效储水量为 26.6 mm/m; 沙棘永久干层深度为 3.0~8.1 m, 平均含水量为 6.3%, 有效储水量为 21.3 mm/m(表 3)。通过以上分析可以看出, 灌木林的表层水能够得到较好的恢复, 在 2.5 m 以后出现了强烈耗水层, 随着生长年限的增加, 耗水深度也不断增加, 据杨文治, 余存祖^[2]的研究, 固原 4 年生的柠条的根系入土深为 3.5~4.0 m, 相应的土壤耗水也随着根系的发展而逐步加深。

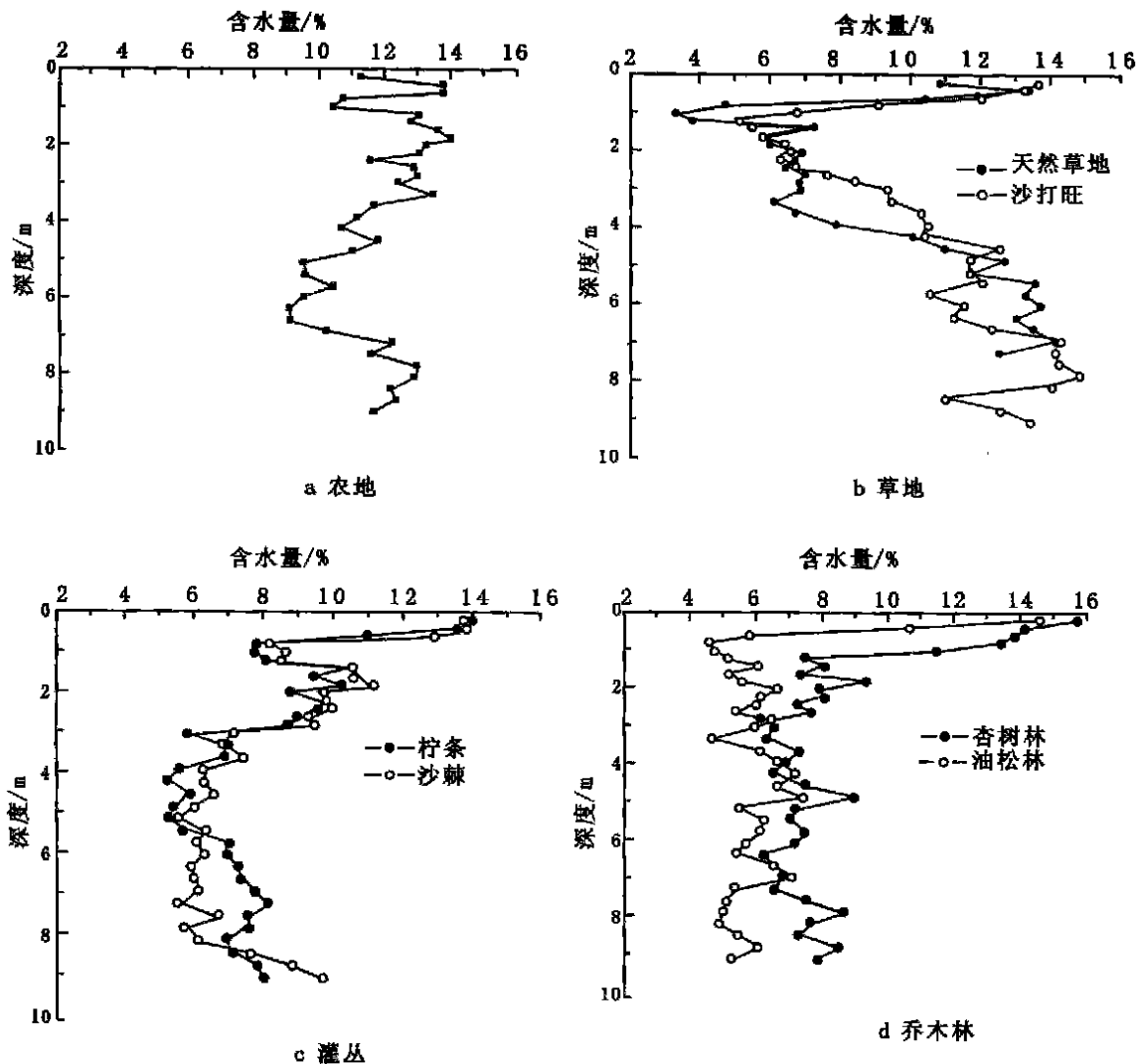


图 1 不同植被类型土壤垂直剖面湿度分布

油松林和杏树林作为研究区乔木林的典型代表, 两个树种的土壤垂直剖面含水量在表层的变化较大, 但在 2.0 m 以后的变化较小(图 1d)。在 0~9.0 m 深的土层中, 杏树林的最高含水量为 15.8%, 最低含水量为 6.1%, 平均含水量为 8.3%。油松相对于杏树林来说其土壤含水量要低, 0~9.0 m 土层中, 最高含水量为 14.6%, 最低含水量为 4.6%, 平均含水量为 6.2%。杏树林在当时不存在临时干层, 表层水得到了较好的恢复, 其中 1.0 m 以内土壤水恢复到 13.8%, 1.0~2.0 m 土壤水恢复到 8.0%, 在 2.0 m 以后出现干层, 深度为 2.0~8.4 m,

平均含水量为 7.3%, 有效水储量为 34.6 mm/m。油松林存在临时干层, 深度为 0.6~2.0 m, 平均含水量为 5.5%, 有效储水量为 10.4 mm/m。2.0~9.0 m 存在永久干层, 平均含水量为 6.0, 有效储水量为 17.3 mm/m, 部分样本土壤水含量接近或达到凋萎湿度, 形成了重度干层(表 3)。从以上分析可以看出, 乔木林对土壤水的消耗强烈, 永久干层不仅深度厚度大, 并且含水量低, 油松林尤为突出。杏树林土壤水分条件好于油松林, 油松林不仅使土壤下形成了深厚的干层, 而且其生长状况也一般, 原因可能是油松林的密度大于杏树林, 并且树下长有杂草

所致。生长 17 年的油松高度仅为 5 m 左右, 杏树林生长年限在 40 年以上, 土壤下虽然也有干层存在, 但土壤含水量高, 实际调查结果也显示, 在定边、环县和会宁等降水量较少地区, 杏树林依然能够存活, 而其它乔木树种则不易存活。

表 3 不同植被类型下土壤干层分析表

样地	0~ 9.0 m 土层(天然草地 0~ 7.2 m)		深度/m	临时干层		深度/m	永久干层	
	平均含水	有效储水		平均含水	有效储水		平均含水	有效储水
	量/%	量/(mm·m ⁻¹)		量/%	量/(mm·m ⁻¹)		量/%	量/(mm·m ⁻¹)
农地	11.8	93.9	...	...	...	...	...	...
天然草地	9.2	59.5	0.8~ 2.0	5.4	8.9	2.0~ 3.6	6.7	26.6
沙打旺草地	10.5	76.3	1.0~ 2.0	6.0	16.9	2.0~ 2.6	6.8	27.9
柠条灌丛	8.0	43.2	...	...	...	3.0~ 8.4	6.7	26.6
沙棘灌丛	8.2	45.5	...	...	...	3.0~ 8.1	6.3	21.3
杏树林	8.3	45.1	...	...	...	2.0~ 8.4	7.3	34.6
油松林	6.2	19.1	0.6~ 2.0	5.5	10.4	2.0~ 9.0	6.0	17.3

值得指出的是, 王力、邵明安等^[7]第一次给出了临时干层的定义, 但没有给出临时干层的定量分析和实例。根据我们的研究(表 4), 该区多年平均年降雨量为 450 mm, 小于 0~ 2 m 土层的田间持水量 533.4~ 552.6 mm。假设降雨全部下渗, 则 0~ 2.0 m 土层仍然能够容纳当年的降雨量。本研究采样时测得的土壤实际含水量为 179.1~ 335.0 mm, 截至到采样时的降雨量为 374.2 mm, 除农地含水量与其相当, 基本得到降雨补充外, 其它植被的土壤含水量均小于田间持水量, 也小于截至采样时的降雨量, 说明土壤仍具有容纳降水的能力, 但尚未得到降雨的补充, 因此划分临时土壤干层是有一定意义的。临时干层的出现与否可能与土壤湿度的采样时间有关系, 有必要进行深入研究。

表 4 不同植被类型下 0~ 2.0 m 土壤水量分析

样地	农地	草地		灌丛		乔木	
		天然草地	沙打旺	柠条	沙棘	杏树	油松
田间持水量/mm	552.6	540.1	533.4	547.6	547.6	541.7	541.7
实际含水量/mm	335.0	187.7	215.2	265.5	283.7	282.0	179.1
实际含水量占田间持水量的百分比/%	60.6	34.8	40.3	48.5	51.8	52.1	33.1
是否存在临时干层	否	是	是	否	否	否	是

参考文献:

[1] 李玉山. 黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响[J]. 生态学报, 1983, 3(2): 91- 101.
[2] 杨文治, 余存祖. 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
[3] 西北水土保持研究所土壤水分组. 陕西省旱塬农田墒情调查[J]. 土壤, 1975, (6): 279- 285.
[4] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J]. 自然资源学报, 2001, (5): 427- 432.
[5] 侯庆春, 韩蕊莲, 等. 黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J]. 中国水土保持, 1999, (5): 11- 14.
[6] 李裕元, 邵明安. 黄土高原气候变迁, 植被演替与土壤干层的形成[J]. 干旱区资源与环境, 2001, (2): 72- 77.
[7] 王力, 邵明安, 等. 土壤干层量化指标初探[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 87- 90.
[8] 王力, 邵明安. 延安试区土壤干层现状分析[J]. 水土保持通报, 2000, 20(3): 35, 37.
[9] 王力, 邵明安. 延安试区人工刺槐林地的土壤干层分析[J]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 101- 106.
[10] 付明胜, 钱卫东, 等. 连续干旱对土壤干层及植物生存的影响[J]. 干旱区研究, 2002, (2): 71- 74.
[11] 韩仕峰, 李玉山, 张孝中, 等. 黄土高原地区土壤水分区域动态特征[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1989, (10): 161- 167.
[12] 孙长忠, 等. 黄土高原“林分自创性”有效水分供给体系的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 615- 621.
[13] 梁一民, 李代琼, 从心海. 吴旗沙打旺草地土壤水分及生产力特征[J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 113- 118.
[14] 李代琼, 从心海, 梁一民. 黄土高原半干旱区沙棘林净初级生产量与耗水量研究[J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 91- 97.
[15] 刘增文, 王佑民. 人工油松林蒸腾耗水及林地水分动态特征的研究[J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 78- 84.

3 结 论

以上研究表明, 吴旗县不同植被类型的土壤干层特点有着明显的差异:

(1) 农地不存在土壤干层, 土壤含水量较其它植被高。

(2) 草地存在临时干层和永久干层, 永久干层深度可以达到 4.0 m。

(3) 乔木林中的杏树林不存在临时干层, 油松林临时干层则很严重; 两种林下都有永久干层存在, 深度超过 8.0 m, 油松林干层深度在 9.0 m 以上。

(4) 灌木表层土壤水能够得到较好的恢复, 测量当时没有临时干层, 存在永久干层, 深度 3.0~ 8.4 m。

(5) 干层严重程度, 林地大于灌木林地, 灌木林地大于草地。

(6) 农地不存在临时干层, 但其它植被类型有可能存在临时干层, 临时干层的出现取决于降水的补充, 因此可能与采样时间有关。需要进一步研究。

通过系统比较不同植被类型下土壤干层的特点, 可以为进一步研究土壤干层和为植被建设提供借鉴。