

# 杉木、马尾松人工林土壤物理性质 及水分含量变化的研究\*

马雪华 杨光滢

(中国林业科学研究院林业研究所)

**摘要** 1984~1988年,在江西省分宜县山下林场的亚热带人工杉木林和马尾松林中,对土壤的水分—物理性质及其水分含量的变化进行了测定,结果表明:本试验区土壤为重壤土,其水分—物理性质较差,有林地土壤含水量较无林地高,且变幅较小。土壤含水率与当地的主要气象要素(气温、空气湿度、降雨量、蒸发量)呈多元回归相关。据回归分析,杉木林土壤水分含量受气候变化影响的土层深度较浅,达0~20 cm,而皆伐迹地受气候影响的土层较深,达0~40 cm。

**关键词** 杉木;马尾松;土壤水分含量;多元回归

## 一、自然概况和研究方法

### (一) 自然概况

试验区位于江西省分宜县山下林场,地处丘陵山地,海拔85~100 m,属中亚热带湿润气候,年平均气温17.9℃,气温变化剧烈,1月平均气温5℃,7月为29℃,降雨集中在4~6月,9月至次年1月雨量最少,年降雨量为1100~1700 mm,上半年各月的雨量均大于蒸发量,下半年各月雨量均小于同月的蒸发量。由于人为活动频繁,该区原生植被大部分遭到破坏。目前,主要是人工栽植的杉木、马尾松和毛竹林。土壤属于低山丘陵黄红壤类型,质地为重壤土,土层和腐殖质层较薄,粒状、块状结构,酸性,成土母质主要是页岩或页岩的变质岩类。

### (二) 研究方法

为了研究人工林的水文作用,设置了2个杉木林试验小集水区和2个坡面迳流场。2个小集水区面积分别为1.63 ha、0.63 ha,集水沟为南北走向,平均坡度15°~20°,20年生的杉木林,郁闭度0.7。

皆伐迹地迳流场,面积10m×20 m,在坡的中部,坡向西北,坡度43°30'。1981年采伐,火烧整地,植被盖度100%。马尾松林迳流场(10m×20 m)在坡的上部,坡向北偏东,坡度15°,栽有20年生的马尾松林,地表植被盖度30%。

本文于1989年2月14日收到。

\* 山下林场刘和文参加土壤水分的测定工作。

在上述试验区内,除测定水文要素外,1984~1988年,对林地的土壤水分—物理性质及土壤含水量进行了测定。考虑到小地形变化对土壤水分含量的影响,测点的布设横跨集水区的不同坡向、坡位。每个小集水区设置6个样区。在迳流场设置2个样区。每月定时采样一次。采样深度0~50 cm,间隔10 cm,重复1次,用烘干法称重,测得土壤含水率。用环刀法测定容重,间隔10 cm,采样2个。采用直径10 cm、高20 cm的渗透筒,采集土层深10 cm的原状土柱,浸入水中8~12 h后,测定土壤渗透速度。并用达西定律计算渗透系数,土壤物理性质用常规法测定。

## 二、研究结果和分析

### (一) 土壤水分物理性质

1. 土壤容重、孔隙度及通气度 林地及采伐迹地的土壤容重由上层土壤向下呈递增趋势(表1)。人工林土壤容重为0.77~1.35,这是由于杉木林采用火烧整地、抚育等措施,多次扰动土壤,使上层土壤的容重偏大。此外,由于杉木林是在火烧整地后栽植起来的,因而,在土壤的10~20 cm深度,有一明显的呈灰黑色、疏松的草木灰夹心层,这一层的容重较其上、下层土壤容重小,介于0.82~0.98。该层埋藏深度因坡位不同而有一定差别,在坡的上部,该层埋藏得浅而薄,在坡的下部,则深而厚。马尾松林的枯落物层的厚度较杉木林大,有机质含量多,0~10 cm土壤的容重较小(0.84)。由于采伐多年的皆伐迹地的植被已全部恢复,0~20 cm土层的容重较小(0.78, 0.84)。随着土壤深度的增加,有机质含量的减少,矿质成分比例的增加,土壤容重也随之增大。土壤孔隙度随着土层深度的增加,呈递减趋势,并与土壤容重成反相关。表层土壤的总孔隙度为60~70%。

表1 土壤容重、持水量、孔隙度 (江西省分宜县, 1985-9)

森林类型	土层深度 (cm)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	最大持水量 (%)	毛管持水量 (%)	田间持水量 (%)	非毛管孔隙度 (%)	毛管孔隙度 (%)	总孔隙度 (%)	土壤通气度 (%)	毛管与非毛管孔隙度比			
人工杉木林	0~10	1.02	66.23	67.45	55.81	56.94	51.91	52.94	9.97	56.94	66.91	13.97	5.71:1
	10~20	0.98	64.14	62.43	51.03	49.43	48.57	43.64	13.48	49.43	62.91	14.27	3.07:1
	20~30	1.02	62.87	64.13	57.97	59.13	53.06	54.12	5.00	59.13	64.13	10.01	
	30~40	1.11	50.03	55.53	40.15	44.57	38.35	42.57	10.97	44.57	55.54	12.97	5.06:1
	40~50	1.11	50.36	55.83	38.60	42.85	34.10	37.85	12.90	42.85	55.84	17.99	
	0~50	Σ		305.37		252.92		236.12					
人工马尾松林	0~10	0.84	82.81	69.56	65.97	55.42	63.60	53.42	14.15	55.42	69.57	16.15	3.92:1
	10~20	1.23	41.98	51.63	36.79	42.25	34.68	42.66	6.38	45.25	51.63	8.97	
	20~30	1.22	41.46	50.57	37.24	45.43	34.46	42.04	5.18	45.43	50.61	8.57	6.73:1
	30~40	1.33	34.87	46.37	31.11	41.37	29.60	39.52	5.00	41.37	46.37	6.85	
	40~50	1.39	35.05	48.37	28.58	39.44	27.15	37.46	8.93	39.44	48.32	10.91	
	0~50	Σ		266.50		223.91		215.00					
皆伐迹地	0~10	0.78	87.50	65.97	67.71	50.39	56.86	42.82	15.83	52.42	68.25	25.43	3.31:1
	10~20	0.84	78.41	65.47	60.45	50.49	53.29	44.51	16.12	50.49	66.61	22.10	3.13:1
	20~30	1.02	57.98	60.92	46.55	48.73	43.52	41.39	11.99	48.93	60.92	16.53	4.08:1
	0~30	Σ		192.36		149.61		131.72					

土壤的通气度与非毛管孔隙成正相关, 与土壤容重成反相关, 一般随土层深度的增加呈递减趋势, 但其变化不一。在土壤下层, 由于石砾含量的增加, 也可以出现递增的趋势, 人工林土壤的通气度一般在5%~20%, 低于天然林土壤(20%~40%)<sup>[1]</sup>。

2. 土壤质地和结构 本区土壤以重壤土为主, 小于0.01 mm物理粘粒占45%~60%(表2), 该粒级下移现象不明显。在不同植被条件下, 土壤各层次粒级基本上与天然林土壤机械组成的规律相类似。杉木林0~20 cm深度土壤, 一般为团粒结构, 20~50 cm为块状结构, 较紧实。马尾松林团粒结构土壤局限于0~10 cm土层深度, 10~50 cm深度为块状结构。皆伐迹地10~20 cm深度土壤, 根系盘结, 石砾含量较多, 为粒状结构。

表2 土壤机械组成

森林类型	土层深度 (cm)	颗粒粒径组成百分比(%)						物理粘粒	土壤质地
		1~0.25 mm	0.25~0.05 mm	0.05~0.01 mm	0.01~0.005 mm	0.005~0.001 mm	<0.001 mm		
人工杉木林	0~9	6.0	12.8	20.6	12.0	18.0	30.6	60.6	轻粘土
	9~20	6.0	12.8	24.6	10.0	19.0	27.6	56.6	重壤土
	20~37	8.0	11.8	21.6	11.0	18.0	29.6	58.6	重壤土
	37~55	6.6	12.2	20.6	12.0	18.0	30.6	60.6	轻粘土
马尾松林	0~1.5	4.0	22.8	28.6	12.0	16.0	16.0	44.6	中壤土
	1.5~10	4.8	14.0	30.6	12.0	17.0	21.6	50.6	重壤土
	10~30	3.0	13.8	31.6	11.0	14.8	25.8	51.6	重壤土
	30~60	3.2	17.6	24.6	11.0	17.0	26.6	54.6	重壤土
	60~75	3.8	23.0	18.6	12.0	16.0	26.6	54.6	重壤土
皆伐迹地	0~9	9.2	15.4	22.6	10.0	18.0	26.6	54.6	重壤土
	9~20	4.8	8.0	22.6	13.0	21.0	30.6	64.6	轻粘土
	20~50	6.0	6.8	21.6	11.0	22.0	32.6	65.6	轻粘土

3. 土壤的渗透性是土壤水分再分配的主要指标, 与土壤物理性质有关, 尤其与非毛管孔隙的关系较为密切。在不同林分、同一土壤类型的0~10 cm、10~20 cm深度, 进行土壤渗透性试验, 结果表明: 人工杉木林、马尾松林土层0~10 cm、10~20 cm的渗透系数分别为3.18~5.37 mm/min, 皆伐迹地为3.61 mm/min。人工林土壤的渗透过程见图1。

4. 土壤的持水性能 本区20年生人工杉木林、马尾松林枯枝落叶层的平均厚度为1~3 cm, 贮量分别为15.86 t/ha、25.47 t/ha。马尾松林的叶面积虽小, 但其腊质层厚, 较难分解, 其枯枝落叶层的厚度和贮量均较杉木林高。杉木林和马尾松林枯枝落叶层的最大持水量分别为4.09 mm、5.12 mm。

试验结果表明(表1)土壤的持水性能, 随着土层深度的递增, 孔隙度的减少, 林地的

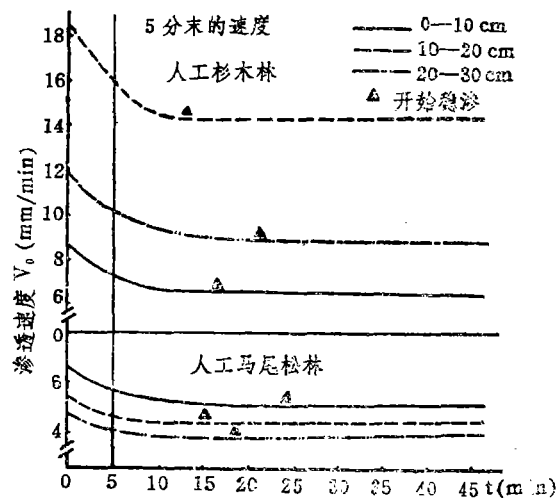


图1 人工林土壤各层次渗透过程线

各种持水量,均有所减少。0~50 cm土层深度的最大持水量,杉木林为305.37 mm,马尾松林为266.50 mm,皆伐迹地0~30 cm土层的最大持水量为192.36 mm。0~50 cm土层的毛管持水量:杉木林为252.92 mm,占最大持水量的82.82%,马尾松为223.91 mm,占最大持水量的84.02%,皆伐迹地的毛管持水量为149.61 mm,占最大持水量的77%。0~50 cm土层的非毛管持水量:杉木林为52.45 mm,马尾松林为42.59 mm,各占最大持水量的17.2%、16.0%。上述情况说明,本区人工杉木林和马尾松林土壤中,毛管持水量的比例大,非毛管持水量占的比例小,人工杉木林、马尾松林土壤蓄水量分别为524.1 t/ha、396.4 t/ha,显著低于我国西南高山林区的土壤<sup>[4]</sup>。

## (二) 土壤的多年平均含水率、蓄水量及其与气候因素变化的从属关系

1. 土壤含水率、蓄水量 人工林土壤含水率一般从土壤剖面的上层向下逐渐减少(表3、图2),0~10 cm土层的含水率较高,达28.67%~32.80%,至土层20 cm,土壤含水率按深度的递增而逐渐减少,至土层30~40 cm、40~50 cm,各林地土壤含水率没有显著的差别。人工林土壤的一般含水率为21%~32.8%,0~50 cm土壤多年平均蓄水量,以杉木最高,达142.597~144.482 mm,其次是马尾松林,为138.479 mm,皆伐迹地最低,达134.220 mm,这主要是由于迹地无林冠覆盖,直接受太阳辐射的影响,蒸发水分较多,因而,土壤蓄水量较低。同时,据计算,杉木林常年的土壤蓄水量只占田间持水量的61.119%,占最大持水量的47.314%。马尾松林的多年平均蓄水量只占其田间持水量的64.379%,占最大持水量的51.962%。

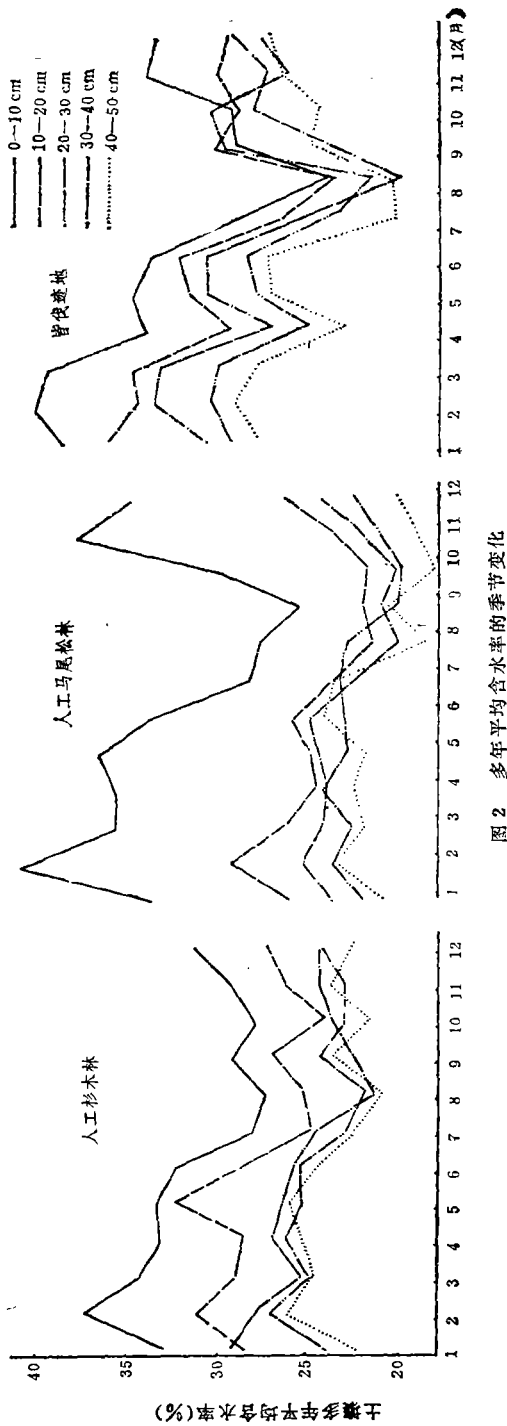
表3

土壤多年平均含水率、蓄水量

(江西分宜山下林场, 1984.5~1988.6)

土层深度 (cm)	人工杉木林 №1			人工杉木林 №2			马尾松林			皆伐迹地		
	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	蓄水量 (mm)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	蓄水量 (mm)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	蓄水量 (mm)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	蓄水量 (mm)
0~10	1.040	32.807	34.119	1.040	28.667	29.814	0.84	29.729	24.850	0.780	32.265	25.167
10~20	0.990	26.951	26.681	1.080	25.455	27.491	1.23	23.416	28.802	0.840	29.634	24.893
20~30	1.200	24.986	29.983	1.200	23.924	28.709	1.22	22.078	26.935	1.020	27.039	27.580
30~40	1.100	24.265	26.692	1.200	23.179	27.815	1.33	21.958	29.204	1.100	25.129	27.642
40~50	1.150	23.984	27.007	1.250	23.014	28.768	1.37	20.940	28.688	1.200	24.115	28.938
0~50			144.482			142.597			138.479			134.22

2. 土壤含水量的季节变化及其与气候要素的相关性 在雨季,土壤含水量较高,0~50 cm深度多年平均土壤含水量:杉木林为149.297~169.649 mm,马尾松林为145.258~168.08 mm,皆伐迹地为135~166.159 mm,至7~9月,随着气温升高,雨量减少,进入干旱季节,在此期间,植物生长正处于旺盛季节,土壤水分消耗较多,因而,土壤含水量较低。杉木林0~50 cm土壤多年平均含水量为116.558~117.635 mm(土壤含水率为21%~22%),马尾松林为105.676~111.029 mm(土壤含水率为17.505%~18.35%)。10月至次年3月,植物生长季节接近结束,有少量雨水渗入土壤,蒸发量相应减少,土壤含水量处于中等状态,且较稳定。从多年平均土壤含水量的最大与最小值的差额比较,杉木林土壤含水量的差额较小,为48~54.863 mm。马尾松林较大,为62.04 mm,皆伐迹地土壤的含水量变幅最大,为82.413 mm。总之,人工林土壤水分含量的变幅较皆伐迹地小。



鉴于上述林地土壤水分含量与气象要素变化的相互关系，把影响土壤水分含量的主要气象要素与土壤含水率进行多元回归分析，结果良好(表4)。土壤含水率与气温和蒸发量呈负相关，而与降雨量和空气湿度呈正相关。同时，据回归式说明：在人工杉木林0~10 cm、10~20 cm深度的土壤含水率与上述气象要素的相关性较密切。土深大于20 cm，这种相关性并不密切。皆伐迹地由于没有森林覆盖，其土壤含水率与上述气象要素的相关性较有林地更为密切，而且，这种显著的相关性可延伸到深达40 cm的土层中。

3. 小地形对土壤水分含量的影响 由于试验集水区地处丘陵山地，小地形的变化必然引起小气候的变化，因而影响林地土壤含水率的变化。测试结果表明：杉木林小集水区多年平均土壤含水量以集水沟沟底部最高，0~50 cm深度土壤含水量为162.073 mm，阴坡中部的土壤含水量次之，达150.667 mm，再次之是阴坡坡顶部(146.136 mm)，土壤含水量较少的是阳坡中部(143.325 mm)，最少的是阳坡坡顶(114.67 mm)。根据小地形的起伏，按土壤多年平均含水率的多少顺序排列：沟槽底部>阴坡中部>阴坡坡顶>阳坡中部>阳坡坡顶(图3)。

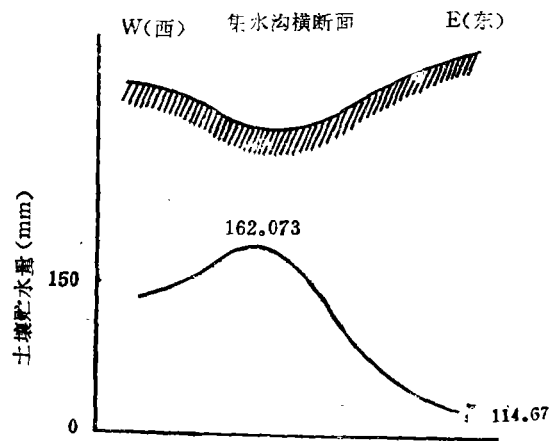


图3 杉木林小集水区土壤多年平均含水量按小地形变化情况

表4 土壤含水率(%)与主要气象因子的回归相关式

(江西分宜山下林场, 1985)

林分	土层深度 (cm)	多项回归式	数据组数	相关系数
			(n)	(R)
人工杉木林 集水区1	0~10	$y_{0-10} = 24.13713 - 0.23624x_1 + 0.09693x_2 + 0.02757x_3 - 0.02747x_4$	20	0.59342
	10~20	$y_{10-20} = 16.47408 - 0.35301x_1 + 0.15941x_2 + 0.03026x_3 - 0.17956x_4$	20	0.68350
人工杉木林 集水区2	0~10	$y_{0-10} = 0.10642 - 0.03793x_1 + 0.32597x_2 + 0.02719x_3 - 0.09831x_4$	20	0.61856
	10~20	$y_{10-20} = 7.31565 - 0.06563x_1 + 0.21935x_2 + 0.01844x_3 - 0.07586x_4$	20	0.61826
皆伐迹地	0~10	$y_{0-10} = 19.39576 - 0.39628x_1 + 0.20899x_2 + 0.04245x_3 - 0.3001x_4$	20	0.69557
	10~20	$y_{10-20} = 13.75620 - 0.50887x_1 + 0.25899x_2 + 0.03265x_3 - 0.06452x_4$	20	0.69185
	20~30	$y_{20-30} = 22.34816 - 0.10942x_1 + 0.14539x_2 + 0.00851x_3 - 0.58261x_4$	20	0.56736
	30~40	$y_{30-40} = 7.07366 - 0.20456x_1 + 0.30502x_2 + 0.00182x_3 - 0.32397x_4$	20	0.6914

注:  $x_1$ ——月平均气温( $^{\circ}\text{C}$ ),  $x_2$ ——月平均湿度(%),  $x_3$ ——月降雨量(mm),  $x_4$ ——月平均蒸发量(mm),  
 $y_{0-n}$ ——月平均土壤含水率(%)。

### 三、结 论

1. 本试验区林地土壤较薄, 一般为50~60 cm, 质地较粘重, 主要为重壤土, 上层(0~20 cm)土壤为团粒结构, 中、下层(20~50 cm)形成较紧实的块状结构。土壤容重0.77~1.35。总孔隙度55%~70%, 其中毛管孔隙度为40%~50%, 通气度5%~20%, 土壤的稳定渗透系数为3.18~5.37 mm/min, 有林地0~50 cm深度土壤最大持水量达266.00~305.37 mm, 毛管持水量为223.91~252.92 mm, 非毛管持水量为39.64~52.41 mm。

2. 人工杉木林、马尾松林的多年平均含水率较低(21%~32.8%)。但是, 均高于皆伐迹地。

3. 人工林土壤水分含量受季节变化影响较皆伐迹地小, 且年内变幅较小。土壤含水率与气温、空气湿度、蒸发量、降雨量呈多元回归相关。据此相关式分析, 人工林土壤水分含量受气候变化影响的土层较浅, 达0~20 cm, 而皆伐迹地受影响的土层较深, 可达0~40 cm。

总之, 本区土壤表层的枯枝落叶层厚度小, 土层较薄, 土壤水分一物理性质较差, 直接影响土壤的透水、蓄水性能, 并对土壤的水分养分供应条件产生不良影响。鉴于上述情况, 为了减少人为活动对地面植被的破坏, 建议逐步改变现行的火烧整地方式, 用混交林代替杉木纯林的林分结构, 同时, 采用深耕细作等措施, 改善土壤结构, 增加有机质的来源, 逐步改善人工杉木林土壤的水分养分供应状况, 提高人工林的生产量及其调节水分的生态功能。

## 参 考 文 献

- [1] 马雪华, 1987, 四川米亚罗地区高山冷杉林水文作用的研究, 林业科学, 23(3):256~259。  
[2] 中国科学院南京土壤研究所, 1978, 土壤理化分析, 上海科学技术出版社。  
[3] 罗汝英, 1983, 森林土壤学, 科学出版社, 222~273。  
[4] 中野秀章, 1973(李云森译, 1983), 森林水文学, 中国林业出版社。

A STUDY ON SOIL-PHYSICAL PROPERTIES AND  
CHANGE OF SOIL MOISTURE CONTENT IN  
MAN-MADE FORESTS OF *CUNNINGHAMIA*  
*LANCEOLATA* AND *PINUS MASSONIANA*

Ma Xuehua Yang Guangying

(The Research Institute of Forestry CAF)

**Abstract** This study was made in the yellow-red earth of man-made forests *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana* in 1984~1988. There is a loam in soil texture. The depth of soil is thinner. The volume weight of soil ranges 0.78~1.35. The total porosity of soil is about 55%~77%, including capillarity porosity about 40%~50%. The coefficient of soil permeability 3.18~5.37 mm/mun. The mean annual soil moisture content in 5 years is about 21%~32% of water. The soil moisture content in forests is more than that in the clear-cutting land, but the seasonal variation of soil moisture content in the forest is less than that in the clear-cutting land. The effect of climatical factors on soil moisture content is obvious. According to the mathematical statistics analysis, soil moisture( $y$ ) approximates precipitation ( $x_1$ ), air temperature ( $x_2$ ), air humidity ( $x_3$ ), air evaporation ( $x_4$ ) in polyromial regression, its equation is  $Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5$ . According to the analysis of this polyromial regression, the depth of soil moisture content, obviously effected by climatical factors, reaches to 20 cm of the soil in the forests and reaches to 40 cm of the soil in the clear-cutting land.

**Key words** *Cunninghamia lanceolata*; *Pinus massoniana*; soil moisture content; polyromial regression