

北京西郊白皮松、油松、柏树林 下土壤动态的研究*

张万儒 许本彤 杨玲
李彬 屠星南 李桂兰

(中国林业科学研究院林业研究所)

摘要 北京西郊白皮松、油松、柏树林下土壤动态研究试验林地的土壤为非石灰性半干润淋溶褐土。这类土壤在北京西郊高位平原区具有广泛的代表性。定位观测从1981年开始至1984年结束。研究表明：试验林地生长季节土壤水分含量保持在10~15 mm左右，属季节性淋溶型的半干润土壤水分状况，年平均土壤温度13℃，属温性土壤温度状况；土壤水分、土壤温度的季节性变化明显，年变化不明显。试验林地土壤养分状况的年、季节性动态不甚明显，不同林分间的年、季节性变化也不甚明显，但干湿季节分明，林木生长季节与雨季同期，因此土壤条件基本能保证白皮松、油松、柏树林分正常生长的需要。

关键词 白皮松；油松；侧柏；土壤动态；北京西郊

北京西郊白皮松林、油松林、柏树林下土壤动态研究的目的是为了找出在非石灰性半干润淋溶褐土中土壤水、肥、气、热因子动态的年、季节性变化规律，为该森林土壤管理提供科学依据。

1 试验林地基本情况

本研究的试验林地设在北京西郊中国林业科学院内，位于116°28' E，39°48' N，属燕山余脉北京西山的大昭山山麓高位平原区，该区的自然植被为暖温带半干旱生松栎林带。

森林土壤动态定位试验工作从1981年开始，连续四年至1984年结束。

试验林地海拔57~62 m，坡度3°。土壤为淋溶褐土，属半干润硅铝土亚纲、硅铝土纲。黄土性母质，中壤土，全剖面无石灰反应，pH>7，持水性能好(0~100 cm土层最大持水量502 mm)，容重1.1~1.4 mg/m³，渗透性能较差($K_{10}=0.87$ mm/min)，因此，土壤中自然含水量不超过30 mm，一年中大部分时期保持在10~15 mm左右，土壤中水解N(5~13 mg/100g)、有效P(0.2~0.6 mg/100g)含量也不高，交换性阳离子以Ca离子为主[12~23 Cmol(1/2Ca)/kg]，土壤粘粒全量化学组成中以SiO₂(43%)和Al₂O₃(24%)含量为主。

本文于1990年9月11日收到。

*参加该项研究定位观测部分工作的还有杨承栋、庞鸿宾、陈道东、姚茂和。

1.1 白皮松人工林试验林地

林木组成:10白皮松(*Pinus bungeana* Zucc.),林龄56年,平均树高12.8 m,平均直径14.8 cm,郁闭度0.95,灌木有孩儿拳头(*Grewia biloba* G. Don var. *parviflora* (Bunge) Hand.—Mazz.)、构树(*Broussonetia papyrifera* (L.))、酸枣(*Ziziphus jujuba* Mill)等。

1.2 油松人工林试验林地

林木组成:10油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)+栎树(*Quercus* sp.),林龄54年,平均树高9.98 m,平均直径17.9 cm,郁闭度0.6。

1.3 侧柏人工林试验林地

林木组成:10侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco),林龄55年,平均树高8.37 m,平均直径11.0 cm,郁闭度0.75。

2 研究项目和方法

共设置试验林地3块,各3次重复^[1~4]。各项定位观察为1981~1984年,每月测定一次。

2.1 森林土壤水热状况的定位研究

2.1.1 土壤含水量的定位观测 每隔10 cm分层采取土样,直到100 cm为止。用烘干法测定。

2.1.2 土壤水分—物理性质的测定 测定项目包括土壤容重、最大持水量、毛管持水量、田间持水量、总孔隙度、非毛管孔隙、毛管孔隙、通气度、最佳含水量下限、排水能力、合理灌溉定额、渗透性等。

2.1.3 土壤温度的定位观测 CO₂含量与温度同时测定。项目有:气温、地表温度及10、20、30 cm处土层温度(℃)。

2.2 土壤养分状况的定位研究^[1,2,5]

取0~20、20~40 cm土样,测定土壤pH、土壤水解N含量、土壤有效P含量。土壤pH用电位测定法,土壤水解N用扩散法,土壤有效P用钼锑抗法比色测定。

2.3 土壤气体状况的定位研究^[1,2,6]

2.3.1 土壤表层分放CO₂(土壤呼吸)的定位观测 时间为上午10时左右。

2.3.2 土壤各层次空气中CO₂含量的观测 时间选在上午10时左右,观测深度为20、30 cm土层。

3 研究结果与讨论^[3]

3.1 土壤水分动态

3.1.1 白皮松、油松、柏树林下土壤水分的年、季节性动态

(1) 土壤水分的季节性动态 试验林地土壤水分的季节性动态变化比较明显。春、冬旱季土壤剖面中水分保持在5~10 mm左右;夏、秋两季土壤剖面中水分保持在10~15 mm左右;土壤自然含水量一年中很少超过30 mm。由于干湿季节明显,因此,这些林分都是在土壤半干润状态下生长的。为了加速林分生长,需要灌水,合理灌溉定额为20~30 mm,使生长期土壤自然含水量保持或接近最佳含水量下限。试验林地各不同林分类型间土壤水分的

季节性动态变化差别不显著。

(2) 土壤水分动态的年变化 试验林地土壤水分动态的年变化在1981~1984年不甚明显,只有1984年秋冬降雨、降雪较多,因此反映在白皮松林下、油松林下土壤水分含量均相应较多,试验林各不同林分类型间土壤水分的年变化不甚显著。

3.1.2 土壤水分状况特征

(1) 土壤水分物理性质 试验林地土壤质地为中壤土,土壤容重上层 $1.1\sim 1.3\text{ mg/cm}^3$,下层 1.4 mg/m^3 ,土壤最大持水量可达 $100\sim 120\text{ mm}$,毛管持水量 $90\sim 100\text{ mm}$,田间持水量 $80\sim 90\text{ mm}$,最佳含水量下限 $50\sim 60\text{ mm}$,上层土壤渗透系数(K_{10})为 0.87 mm/min ,土壤透水性能较差,自然降水大部分以地表迳流的形式流失。不同森林类型林地间土壤水分物理性质不显著。

(2) 土壤水分状况 试验林地土壤水分状况特征与大气降水紧密相关。北京地区多年平均降雨量 609.2 mm ,年平均相对湿度 59% ,年蒸发量大于降水量,约在 1500 mm 以上。降水主要集中在 $6\sim 9$ 月,而其中又以 $7\sim 8$ 月最多,占全年降水量的 $65\%\sim 70\%$,冬春降水最少,春旱严重。因此试验林地土壤水分输出大于输入,为半干润土壤水分状况类型,属“季节性淋溶型”。结合大气降水规律,试验林地土壤水分状况变化在一年中可分为三个时期:

干早期 冬春降水最少,春旱严重,该时期土壤剖面中水分含量仅保持在 $5\sim 10\text{ mm}$ 左右。

湿润期 夏秋降水主要集中在 $6\sim 9$ 月,其中 $7\sim 8$ 月降水最多,占全年降水量的 $65\%\sim 70\%$,该时期土壤剖面水分含量可保持在 $10\sim 15\text{ mm}$ 左右。

冻结期 冻结期在10月底至第二年4月上旬,冻结最大深度 $60\sim 85\text{ cm}$ 。该时期的土壤水分含量也仅保持在 $5\sim 10\text{ mm}$ 左右。

试验林地土壤水分状况由于树种及地形不同而受到影响。相对而言,白皮松林下土壤含水量 $>$ 油松林下土壤 $>$ 柏树林下土壤。

3.2 土壤温度动态

3.2.1 白皮松、油松、柏树林下土壤温度的季节性变化与年变化 林地土壤温度季节性变化明显,年变化不甚明显;年平均土温 $13\text{ }^\circ\text{C}$,属温性土壤温度状况。全年中 $4\sim 10$ 月土壤温度均保持在 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 以上(其中 $6\sim 8$ 月土壤温度均保持在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 以上),最热月为8月,土壤温度为 $23.5\text{ }^\circ\text{C}$; $11\sim 3$ 月土壤温度在 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 以下(其中 $1\sim 2$ 月土壤温度在零度以下),最冷月为1月,土壤温度为 $-1\text{ }^\circ\text{C}$ 。表1说明不同林地间土壤温度状况稍有不同。相对柏树林地土壤温度 $>$ 油松林地 $>$ 白皮松林地,这与林地所处地形与土壤水分状况有关。

3.2.2 白皮松、油松、柏树林下土壤的冻结与融解 试验林地土壤冻结初期在10月底至11月初,终期在4月上旬;冻土最大深度约 60 cm ,最深可达 85 cm ,约在2月下旬开始解冻,3月底前后完全融化(表1)。

3.3 土壤养分动态

3.3.1 土壤pH值变化动态 林地 $0\sim 40\text{ cm}$ 土层交换性阳离子含量中以钙离子为主。 $0\sim 40\text{ cm}$ 土层pH值的季节性变化范围在 $7.55\sim 8.58$ (其中 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层pH值为 $7.6\sim 7.9$, $20\sim 40\text{ cm}$ 土层pH值为 $7.8\sim 8.5$)。在土壤季节性变化中,夏秋两季($6\sim 9$ 月)pH值稍

高于春 冬干旱季节,上层土壤(0~20 cm)稍高于下层土壤(20~40 cm),这是由于降水经过土壤的渗滤量和土壤中硝化作用的速率等因素,使土壤中可溶性盐类的数量在一年中不断变化的结果。0~40 cm 土壤 pH 值的年变化与年降水量有关,降水量多的年份土壤中 pH 值稍高于降水量少的年份。不同林分的林地间土壤 pH 值的变化不甚明显(表1)。

3.3.2 土壤水解N动态 土壤中水解N包括无机的矿物态N和部分有机物质中易分解的 比较简单的有机态N。它们是铵态N、硝态N、氨基酸、酰胺和易水解的蛋白质N的总和。0~40 cm 土层水解N含量变动范围在 65~39 kg/ha(表1);土壤水解N含量的季节性变化不甚明显,一般生长季节土壤中水解N含量比干旱冻结季节土壤中水解N含量要低,0~20 cm 土层中水解N含量(110~396 kg/ha)比20~40 cm 土层中水解N含量(65~259 kg/ha)要高,这与土壤中有机质含量、硝化作用速率有关。不同林分间土壤中水解N含量高低顺序为:柏树林>油松林>白皮松林。这可能与不同树种生物学特性有关。试验林地土壤中水解N含量反映出近期内土壤N素供应情况。

3.3.3 土壤有效P动态 用碳酸氢钠浸出法测得的土壤有效P含量(kg/ha)等级标准为:>24(高)、12~24(中)、<12(低)。0~40 cm土层中有效P含量变动范围为3.4~118.7 kg/ha(表1)。0~40 cm 土层有效P含量的年、季节性变化规律均不甚明显,但0~20 cm土层有效P含量比20~40 cm 土层有效P含量一般要少。不同林分林地间土壤有效P含量等级顺序为:油松林>白皮松林>柏树林。试验林地土壤中有效P含量反映出近期土壤P素的供应状况。

3.4 土壤气体(CO₂含量)动态

3.4.1 土壤呼吸变化动态 试验林地土壤表层分放CO₂含量(表1)的季节性变化明显。土壤温度≥10℃的生长季节(4~9月),土壤表层分放的CO₂含量为1.70~1.85 kg/ha·h,其中土壤温度≥20℃的6~8月份土壤表层分放的CO₂含量为2.44~2.65 kg/ha·h,土壤温度为23~24℃的8月份,土壤表层分放的CO₂含量为3.06 kg/ha·h;而土壤温度<10℃的干旱冻结的非生长期(10~3月),土壤表层分放CO₂含量为0.58~1.32 kg/ha·h。说明土壤表层分放CO₂含量的变化动态取决于土壤温度、土壤水分的变化。试验林地土壤表层分放CO₂含量的年变化不甚明显,它们的变化动态也是取决于土壤温度、水分变化的规律性。试验林地不同林分间土壤表层分放CO₂含量的差异不显著(表1)。

3.4.2 土层空气中CO₂含量的动态 林地不同土层空气中CO₂含量(表1)的季节性变化比较明显。土壤温度≥10℃的生长季节(4~9月),20 cm 土层中CO₂含量为0.99~1.16 mg/L,30 cm 土层中CO₂含量为1.48~1.83 mg/L,其中:土壤温度≥20℃的6~8月份,20 cm 土层中CO₂含量为1.14~1.50 mg/L,30 cm 土层中CO₂含量为1.63~2.47 mg/L;土壤温度为23~24℃的8月份,20 cm 土层中CO₂含量为1.52~2.56 mg/L,30 cm 土层中为2.13~4.53 mg/L;而土壤温度在10℃以下的干旱冻结的非生长期(10~3月),20 cm 土层中CO₂含量为0.7~0.73 mg/L,30 cm 土层中CO₂含量为0.91~0.97 mg/L。很明显,土层中CO₂含量的变化动态取决于土壤温度与土壤水分的变化规律。土层中CO₂含量的年变化不甚明显,它们的变化动态,显然也是取决于土壤温度、土壤水分变化的规律性。试验林地不同林分间土层中CO₂含量的差异不甚明显(表1)。

表1 1981~1984年白皮松、油松、柏树林下土壤动态变化(平均数)

各项动态	试验林地	土层深度 (cm)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	
土壤 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	白皮松林	地表	-3.2	-1.2	3.7	12.5	20.8	24.2	23.7	24.3	20.4	13.5	6.4	5.0	12.5	
		0~10	-2.0	-0.5	4.5	11.2	16.6	21.9	22.7	23.2	19.0	14.0	5.7	1.5	11.5	
		10~20	-1.0	0.4	5.3	11.4	16.3	21.2	22.3	23.1	19.3	14.4	6.8	2.7	11.8	
		20~30	0.6	1.3	5.6	11.4	16.1	20.9	22.1	23.0	19.4	14.9	7.9	3.5	12.2	
	油松林	地表	-4.8	-0.8	4.8	16.7	21.3	23.7	25.3	25.0	21.6	14.2	6.7	0.7	12.9	
		0~10	-2.4	-0.8	4.5	12.2	17.5	22.6	23.4	23.9	20.0	15.0	5.6	1.5	11.9	
		10~20	-1.5	-0.5	5.0	11.9	17.0	21.5	23.0	23.5	19.9	15.8	6.7	2.2	12.0	
		20~30	0.3	0.6	5.3	12.1	16.9	21.2	22.6	23.4	20.1	16.0	7.8	3.2	12.5	
	柏树林	地表	-4.2	0.5	5.0	17.3	25.0	25.3	27.5	25.8	22.7	15.0	8.1	4.0	14.3	
		0~10	-1.5	0.9	5.8	13.1	19.4	23.4	23.4	23.9	20.1	15.0	6.8	2.3	12.7	
		10~20	-0.6	1.3	5.8	12.3	18.6	22.8	23.1	23.3	19.9	15.2	7.4	3.2	12.7	
		20~30	0.1	1.5	6.9	12.0	19.1	23.0	22.9	23.3	20.1	15.2	8.4	4.0	13.0	
pH	白皮松林	0~20	8.04	7.74	8.08	7.79	7.93	7.95	8.41	8.29	8.13	8.15	7.76	7.76		
		20~40	8.28	7.88	8.21	8.05	8.45	8.10	8.58	8.58	8.34	8.48	7.80	8.05		
	油松林	0~20	7.91	7.69	7.85	7.95	7.75	7.76	7.98	7.73	7.86	7.95	7.71	7.68		
		20~40	7.90	7.75	7.71	7.88	8.00	7.94	8.06	8.04	8.09	7.98	7.89	7.78		
	柏树林	0~20	7.91	7.85	7.98	7.75	8.11	7.94	8.40	7.98	7.96	7.94	7.69	7.64		
		20~40	7.93	7.89	8.13	7.68	8.21	8.01	8.50	8.14	7.81	7.89	7.55	7.58		
水 解 N (kg/ha)	白皮松林	0~20	164.5	174.7	133.6	205.4	166.8	234.0	191.7	164.5	209.4	143.7	159.9	161.2		
		20~40	107.2	120.7	165.9	133.1	167.5	149.3	111.9	128.1	144.6	120.2	117.8	129.9		
	油松林	0~20	238.9	198.7	159.5	126.3	155.1	155.7	177.0	148.3	228.7	206.4	167.9	110.1		
		20~40	125.8	119.4	188.0	109.9	76.2	138.6	65.0	124.9	98.6	94.9	110.9	85.1		
	柏树林	0~20	345.6	284.6	189.2	342.1	396.1	279.1	285.8	247.0	296.7	234.6	295.5	379.0		
		20~40	259.8	110.7	173.4	178.8	209.2	168.6	149.0	106.9	190.1	162.1	156.4	234.5		
有 效 P (kg/ha)	白皮松林	0~20	11.0	14.8	19.1	17.7	20.9	17.5	26.1	25.4	14.7	16.0	10.0	10.2		
		20~40	11.5	12.3	27.9	17.9	22.9	35.5	26.4	21.7	16.3	17.1	7.4	17.1		
	油松林	0~20	19.9	6.0	12.0	7.3	5.9	6.2	8.7	7.5	5.5	6.8	4.2	4.0		
		20~40	43.2	56.6	47.5	30.2	72.1	20.5	67.5	118.7	14.9	42.8	15.3	40.7		
	柏树林	0~20	14.9	9.3	22.3	11.5	12.8	7.8	16.8	12.5	6.0	4.6	4.9	7.3		
		20~40	11.8	4.2	16.9	9.0	6.5	11.4	12.6	13.6	3.4	7.8	3.7	8.0		
表分 层 含 量 (kg/ha·h)	白皮松林	表层	2.34	2.26	1.10	1.06	1.02	2.67	2.01	3.27	1.66	0.99	0.47	0.75		
		油松林	0.70	0.46	0.52	0.51	0.62	1.60	1.90	4.23	1.35	0.46	0.59	0.72		
		柏树林	0.95	0.59	0.95	0.68	1.09	2.12	3.52	1.67	1.79	0.90	0.57	0.40		
	土壤 空气 中 含 量 (kg/ha·h)	白皮松林	20	1.13	0.49	0.60	0.55	0.58	1.10	1.00	1.52	1.20	0.71	0.53	0.82	
			30	1.48	0.91	0.62	0.81	0.86	1.53	1.35	4.53	1.91	1.09	1.17	0.54	
		油松林	20	0.33	0.93	0.66	0.63	0.99	0.66	1.02	1.74	1.52	0.96	0.78	0.69	
			30	1.72	0.76	0.40	0.32	1.18	1.42	1.34	2.13	2.48	1.24	1.07	0.48	
		柏树林	20	0.43	0.34	0.68	0.37	0.53	0.56	1.38	2.56	1.57	1.22	0.76	0.75	
30	0.43		0.89	0.57	1.09	0.79	1.61	2.27	2.79	2.29	1.42	1.65	0.52			

4 结 语

白皮松林、油松林、柏树林下土壤动态变化不甚明显。

(1) 试验林地属季节性淋溶型的半湿润土壤水分状况。土壤水分含量的季节性动态变化比较明显, 干湿季节分明, 但林木生长季节与雨季同期, 因此基本能保证白皮松、油松、柏树林分的正常生长。试验林地土壤水分状况在测定期间(1981~1984年)的年变化不甚明显。

(2) 试验林地属温性土壤温度状况, 年平均土壤温度 13°C 。土壤温度的季节性动态变化比较明显。而土壤温度状况在测定期间的年变化不甚明显。

(3) 试验林地土壤养分状况的年、季节性变化动态不甚明显。土壤(0~40 cm) pH 值的年、季节性变化与降水量有关, 降水量多土壤 pH 值就高。

(4) 试验林地土壤气体(CO_2)状况的季节性变化动态比较明显。

参 考 文 献

- [1] 张万儒等, 1986, 森林土壤定位研究方法, 中国林业出版社。
 [2] 张万儒等, 1987, 森林土壤分析方法[国家标准], 中国标准出版社。
 [3] 张万儒等, 1979, 四川西部米亚罗林区冷杉林下森林土壤动态的研究, 林业科学, 15(3)。
 [4] Петров Е. Г. и др., 1986, Водный Режим почв в сосняках березинского заповедника, Почвоведение, (7):98~103。
 [5] Gholz, H. L. et al, 1985, Nutrient dynamics in Slash Pine plantation ecosystems, *Ecology*, 66(3).

Studies on Soil Dynamic under Pinus bungeana, Pinus tabulaeformis, Platycladus orientalis Plantation in the Western Suburb of Beijing

Zhang Wanru Xu Bentong Yang Lin
Li Bin Tu Xingnan Li Guilan

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract Permanent sample plots were located under plantations in the Western Suburb of Beijing. There are three plantation soil types for the sample plots: ① eluvial cinnamon soil under *Pinus bungeana* plantation; ② eluvial cinnamon soil under *Pinus tabulaeformis* plantation; ③ eluvial cinnamon soil under *Platycladus orientalis* plantation.

Observation began in 1981 and ended in 1984. It has been found that the soil moisture content of the experimental plantation field were 10~15 mm in growth season. It belongs to the sub-arid-wet soil moisture regime. Annual mean soil temperature was 13°C , belongs to the temperate soil temperature regime. Seasonal variation of soil moisture and temperature were evident, annual variation (1981~1984) were not evident. Seasonal variation of soil CO_2 content in the experimental plantation field were evident, but annual variation (1981~1984) were not evident. The variations of different stands in the experimental plantation fields were not evident enough.

Key words *Pinus bungeana*; *Pinus tabulaeformis*; *Platycladus orientalis*; soil dynamic; Western Suburb of Beijing