

## 伪潜育土季节性滞水条件下大冷杉 毫根动态的研究 (*Abies grandis* Lindl.)

胥毅军

(Institute for Soil Science and Forest Nutrition of University Goettingen Buesgenweg 2, 3400 Goettingen, Germany)

### 摘要

本文对一个 25 年生大冷杉林在伪潜育土至 45cm 矿质土壤里, 从 1987 年晚秋滞水期至 1988 年生长旺盛期的毫根量动态及化学组成变化进行了研究。

滞水期土壤中死根量 (5558kg DS/ha) 显著高于活根量 (3594kg DS/ha)。生长旺盛期初, 活根量增加约 50%, 死根量降低约 27%。经过夏季至生长旺盛期末, 活根量仍略有增加, 死根量继续降低。毫根化学组成分析显示, 滞水期活根中 K、Mg 及 Zn 离子含量显著低于生长旺盛期, Mn 离子含量则明显高于生长旺盛期。这一结果表明, 除了与季节性相关的生长节奏因素外, 大冷杉毫根生物量的变化主要是由滞水状况所致。

关键词: 大冷杉; 毫根; 毫根生物量; 毫根化学; 伪潜育土

### 前 言

伪潜育土是中北欧林区主要土壤之一, 我国东北及南方高山林区亦有分布。由于该土壤下层粘粒含量高或结构紧密、上下层次紧实度差异大、地形平缓, 随季节不同, 土体中呈现明显的干湿交替现象, 严重影响林木根系的生长发育。中欧每年秋末春初, 伪潜育土上大片林分风倒, 根系生长过浅是其主要原因。在这种干湿交替不利的条件下, 毫根 ( $\varnothing < 2\text{mm}$ ) 的反应决定着整个根系的发育、林分营养乃至林分稳定性。而对这种立地条件下林木根系的研究甚少。

本文力图通过对一个伪潜育土立地上 25 年生大冷杉纯林中毫根的研究, 分析了解干湿交替条件下毫根生物量的动态、毫根化学及土壤溶液化学相互间的关系。选择大冷杉, 是因为该树种从上世纪末引种到德国后, 在各种立地条件下生长迅速, 对土壤条件要求不高<sup>[1, 15, 16]</sup>, 是一有发展前景的树种。

### 立地条件及研究方法

立地及采样期条件 采样地位于联邦德国莱茵郎德-法尔兹州 (Rheinland-Pfalz) 卡斯特老 (Kastellaun) 林场。该地海拔 450m, 年均温 7-8℃, 年降雨约 750mm。成土物为

表层黄土(约20—40cm厚),下层页岩类流积物。土壤基本理化性质见表1。林分为25年生大冷杉纯林,密度为每公顷2037株,平均树高13.1m,胸径15.4cm。

表1 研究地点土壤的特性

Table 1 properties of the investigated Soil

Depth (cm)	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60						
Bulk density	0.77	1.22	1.28	1.37	1.43	1.44						
Depth (cm)	Effective Change Capacity [ $\mu\text{mol (eq) /g}$ ]									C N [%]	pH $\text{CaCl}_2$	
	H	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	AKE			
0—5	2.07	1.00	3.34	32.0	29.5	0.83	3.24	16.4	88.4	7.84	0.39	4.05
5—10	2.04	1.02	1.70	6.26	5.63	0.00	2.64	35.1	54.4	2.73	0.16	3.85
10—20	0.98	1.42	1.05	1.66	2.11	0.00	3.07	33.2	43.5	1.40	0.11	3.91
20—30	0.92	1.66	0.97	1.16	1.71	0.00	2.48	30.9	39.8	0.78	0.09	3.87
30—40	1.09	1.53	1.11	1.44	2.02	0.00	1.96	29.0	38.1	0.52	0.08	3.89
40—60	1.54	1.20	1.30	2.71	4.57	0.00	0.88	22.7	34.9	0.28	0.07	3.95
60—80	1.19	1.20	1.37	4.21	8.76	0.00	0.68	16.3	33.7	0.14	0.08	4.07
60—100	1.46	1.21	1.14	4.68	10.98	0.00	0.34	6.11	25.9	0.10	0.10	4.06

采样分三次进行。第一次1987年11月底滞水期。由于该年9—11月降水量(297mm)明显高于1951—1980年多年平均值(155mm),只在12月一个短暂下降后又迅速升高(见图1),致使1987—1988年冬季土壤滞水严重,采样时积水高达表土下15cm。而1988年5—9月生长旺盛期降水(266mm)则低于多年平均值(330mm),所以该年6月初及9月底采样时土壤十分干旱。

**研究方法** 大量研究证明,毫根在林分中分布很不均匀,除根系生长自身特点之外,与土壤理化性质关系极大<sup>[12,13,14,17]</sup>。这往往影响毫根生物量统计的准确性。为使采样地的土壤条件相对一致,采样前先在林分中通过土钻调查,圈出一块10×10m的样地,并在图纸上做出相应1m<sup>2</sup>小格加以编号,用随机数表抽样固定采样点。第一次10,二次20,三次15个采样点。

采样利用内径8cm,高25cm圆柱钢钻,在每一个采样点钻两次,得到约48cm的土柱。取出的土柱分出以下的层次:0—5,5—10,10—15,15—25,25—35,35—45cm。在前三个层次中分别取出2cm厚的土片(约100ml土),在后三个层次中分别取出4cm厚的土片(约200ml土)。每一层次中剩余的土壤收集为土壤溶液样品。

采集的土片在实验室里加入蒸馏水、放入压力箱1d,以使土、根尽可能分离。然后用蒸馏水冲洗获取根样。根在显微镜下按切面形态分出活及死根,在42℃下烘干称重(在这样的温度下烘干,是为了防止易挥发性元素如N、S等的损失)。粉碎后,用65% HNO<sub>3</sub>在180℃温箱中氧化12h得到样品液,经无灰滤纸过滤后,用原子光谱法<sup>[5]</sup>测定各种元素含量。过滤剩余物在高温焚烧后检测SiO<sub>2</sub>的含量。

土壤溶液利用平衡溶液制取法<sup>[9]</sup>获得。阴离子测定按原子光谱法, 阳离子测定按比色法<sup>[9]</sup>。

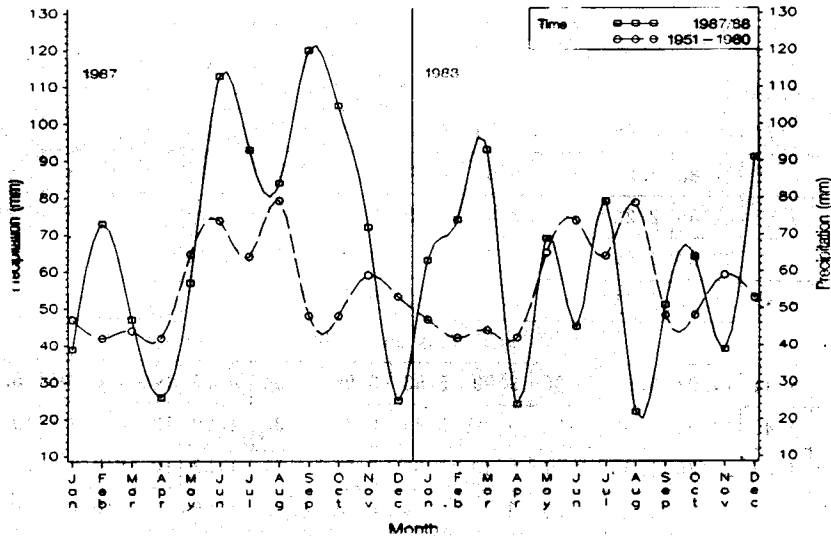


图 1 1987—1988 年降雨量与 1951—1980 年平均降雨量的比较

Fig. 1 Comparison of precipitations in the investigation period with the mean of many years (1951—1980)

## 结 果

### 一、土壤溶液化学成分变化

土壤溶液 pH 值及大部分元素在滞水期 (1987 年冬), 干旱初期 (1988 年晚春) 与末期 (1988 年早秋) 变化不大 (见表 2)。应该指出的是, 0—5cm 深土壤中 Ca 和 Mg 离子在干旱初期含量大大低于滞水和干旱末期, 而 Mg 离子在以下各层次中及 Ca 离子在 25cm 以下各层次中则明显高于后者, 估计这与干湿交替有关。Al 离子与 pH 值变化之间无规律性, 其含量在干旱初、末期两次调查时均高于滞水期。有趣的是, 滞水期 K 离子在几乎所有土壤层次中明显高于早期。旱末期 Mn 离子则在所有层次中大量增加。

### 二、毫根生物量变化

比较三次调查结果 (表 3) 可见, 从滞水期到早初、末期过程中活根量不断增加, 死根量则不断减少。

滞水期活根量 (3594kg/ha) 低于早初, 末期 (5417、5629kg/ha) 约 50%, 死根量 (5558kg/ha) 则高于后两期 (4058、3758kg/ha) 27%。从滞水期到早初期在土层 0—10、15—45cm 深处活根量增加最多。按 Kruskal-Wallis 检验<sup>[3]</sup>, 在 95% 的可信度水平推断这一变化显著。到旱末期, 0—5 及 15—25cm 土层中活根量略降, 而同时在其它 4 个土层中活根量继续增加。从滞水到早初、末期, 15—45cm 土层中活根量占整个土层中活根量的比值不断增长 (34.1%, 37.4%, 39.1%)。

表 2 三次采根期的土壤溶液的矿质溶液浓度

Table 2 Element concentrations in the soil solution at the 3 times of root sampling

Depth [cm]	Element Concentration [mg/l]												
	pH	Na	K	NH <sub>4</sub>	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	SO <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>
1. Time; November 27, 1987													
0-5	4.34	10.25	13.88	...	27.98	13.32	1.18	5.56	1.95	...	...	...	...
5-10	4.17	16.90	6.88	...	7.74	3.75	0.29	4.76	1.42	...	...	...	...
10-15	4.26	21.83	4.23	...	5.05	2.44	0.06	3.34	1.10	...	...	...	...
15-25	4.41	21.65	2.22	...	3.97	1.79	0.02	2.41	0.45	...	...	...	...
25-35	4.29	23.83	1.96	...	3.03	1.61	0.02	1.78	0.66	...	...	...	...
35-45	4.43	21.23	2.01	...	2.92	1.37	0.01	1.37	0.45	...	...	...	...
2. Time; June 03, 1988													
0-5	4.44	14.93	5.94	2.30	9.89	5.53	3.06	4.54	3.17	16.16	0.040	35.25	0.01
5-10	4.40	17.90	3.63	0.66	10.02	5.82	0.41	5.95	1.50	12.10	0.065	60.80	0.01
10-15	4.39	27.30	2.66	0.57	4.49	3.02	0.05	4.21	1.33	10.19	0.065	49.20	0.01
15-25	4.47	23.53	1.48	0.36	3.03	2.14	0.06	2.08	1.00	7.07	0.077	40.28	0.10
25-35	4.48	25.33	1.33	0.19	4.46	2.79	0.03	1.43	0.83	8.15	0.082	44.00	0.08
35-45	4.64	21.53	1.22	0.28	8.93	5.48	0.01	1.05	0.63	6.40	0.043	56.68	0.06
3. Time; September 23, 1988													
0-5	4.78	14.55	7.04	1.35	26.65	13.30	1.66	10.45	2.25	27.90	0.093	43.30	0.01
5-10	4.22	20.88	3.75	0.64	7.75	5.05	0.20	9.14	1.40	13.55	0.025	48.30	0.19
10-15	4.15	22.00	2.17	0.38	3.43	3.07	0.07	6.53	1.45	9.48	0.067	43.65	0.46
15-25	4.15	24.55	1.58	0.23	2.96	2.82	0.03	4.66	1.60	8.65	0.045	48.05	0.01
25-35	4.25	22.10	1.24	0.19	2.87	2.59	0.01	2.47	1.10	7.38	0.063	38.30	0.17
35-45	4.90	19.48	1.03	0.26	3.74	2.44	0.01	1.35	0.65	6.81	0.053	32.80	0.24

表 3 大冷杉活毫根与死毫根的生物量及其在土层中的分布梯度

Table 3 Living and dead fine root mass of grand fir (kg DS/ha) and their depth gradients in soil

Depth [cm]	1. Time (11.1987)				2. Time (06.1988)				3. Time (09.1988)			
	living		dead		living		dead		living		dead	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
0-5	1077	30.0	1455	26.2	1871	34.5	669	16.5	1606	28.5	885	23.5
5-10	625	17.4	1135	20.4	925	17.1	830	20.5	940	16.7	800	21.3
10-15	670	18.6	805	14.5	591	10.9	733	18.1	883	15.7	575	15.3
15-25	523	14.6	959	17.3	1058	19.5	758	18.7	934	16.6	694	18.5
25-35	470	13.1	605	10.9	570	10.5	594	14.6	658	11.7	472	12.6
35-45	229	6.4	599	10.8	402	7.4	474	11.7	608	10.8	332	8.8
Total	3594		5558		5417		4058		5629		3758	

表 4 伪潜育土中大冷杉毫根化学成分的变化

Table 4 Variation of chemical composition of the fine roots of grand fir in a prevdogley site of root sampling

Depth [cm]	Time		[mg/g]									[%]		
			K	Na	Mg	Fe	Mn	Ca	Al	Cu	Zn	N	C	SiO <sub>2</sub>
0-5	11.1987	l	5.03	0.55	0.72	3.70	0.51	2.31	4.48	0.019	0.038	1.26	45.4	0.77
0-5		d	2.66	0.18	0.62	7.15	0.42	3.09	10.90	0.023	0.051	1.29	40.4	6.46
0-5	06.1988	l	4.51	0.41	0.99	2.59	0.24	3.32	2.39	0.015	0.075	1.13	46.9	0.75
0-5		d	2.46	0.15	0.93	8.06	0.32	5.07	10.00	0.022	0.147	1.50	42.0	2.83
0-5	09.1988	l	5.14	0.52	1.01	4.60	0.37	2.14	5.43	0.024	0.080	1.23	44.7	2.40
0-5		d	2.82	0.25	0.67	7.59	0.24	2.31	11.95	0.026	0.063	1.42	40.9	5.45
5-10	11.1987	l	4.36	0.76	0.65	3.60	0.42	1.69	7.17	0.019	0.044	1.04	44.6	4.56
5-10		d	3.86	0.29	0.55	11.87	0.22	1.15	19.33	0.024	0.041	1.06	39.3	12.21
5-10	06.1988	l	6.47	0.52	0.67	3.14	0.29	1.50	6.16	0.026	0.088	1.04	45.0	2.11
5-10		d	3.91	0.23	0.53	9.19	0.16	0.82	19.98	0.028	0.072	0.96	35.2	11.83
5-10	09.1988	l	5.91	0.77	0.83	3.30	0.38	1.36	7.51	0.021	0.071	1.10	44.2	3.70
5-10		d	3.66	0.29	0.53	6.43	0.15	0.89	18.81	0.025	0.052	1.14	40.4	10.40
10-15	11.1987	l	3.85	0.74	0.50	1.78	0.39	1.43	6.70	0.018	0.030	0.85	45.1	2.84
10-15		d	2.30	0.32	0.40	11.47	0.28	0.90	14.68	0.030	0.018	0.98	42.0	5.30
10-15	06.1988	l	5.99	0.65	0.75	2.00	0.32	1.31	7.37	0.020	0.078	0.95	46.0	2.79
10-15		d	2.92	0.24	0.41	5.18	0.18	0.73	18.93	0.028	0.060	0.92	45.1	7.36
10-15	09.1988	l	5.94	1.22	0.79	2.39	0.35	1.19	9.16	0.024	0.082	1.00	43.8	4.04
10-15		d	3.67	0.32	0.52	5.16	0.27	0.60	20.83	0.039	0.041	0.96	41.8	9.83
15-25	11.1987	l	3.25	0.70	0.42	2.54	0.54	1.18	7.14	0.022	0.022	0.85	45.7	2.41
15-25		d	2.02	0.25	0.32	4.17	0.30	0.87	20.27	0.036	0.008	1.13	53.4	4.39
15-25	06.1988	l	5.22	0.90	0.72	1.87	0.36	1.25	9.05	0.031	0.082	0.89	46.4	3.26
15-25		d	2.88	0.33	0.38	3.92	0.19	0.74	20.77	0.048	0.190	0.96	43.7	5.73
15-25	09.1988	l	6.42	1.36	0.76	2.59	0.37	1.04	11.05	0.027	0.092	0.93	43.6	4.42
15-25		d	2.88	0.36	0.40	4.11	0.29	0.65	19.33	0.044	0.040	0.98	42.5	5.69
25-35	11.1987	l	3.81	0.95	0.46	2.53	0.39	1.25	8.24	0.026	0.030	0.86	45.5	2.52
25-35		d	2.33	0.27	0.35	3.45	0.19	0.78	16.32	0.037	0.006	0.87	43.5	4.97
25-35	06.1988	l	6.04	1.33	0.68	2.05	0.33	1.09	9.48	0.028	0.075	0.88	45.4	2.74
25-35		d	2.09	0.26	0.28	3.81	0.11	0.64	20.93	0.051	0.092	0.87	45.2	3.52
25-35	09.1988	l	5.53	1.43	0.81	2.87	0.33	0.98	12.70	0.032	0.106	0.87	43.0	5.08
25-35		d	3.21	0.40	0.45	4.33	0.22	0.55	22.50	0.059	0.043	0.91	43.6	6.43
35-45	11.1987	l	3.08	1.03	0.45	3.29	0.55	1.44	5.91	0.025	0.004	0.80	45.7	1.01
35-45		d	1.94	0.21	0.31	3.80	0.17	0.66	17.26	0.048	0.000	0.87	41.8	3.85
35-45	06.1988	l	5.02	0.85	0.76	2.52	0.27	1.97	6.11	0.024	0.037	0.81	47.2	2.12
35-45		d	2.65	0.30	0.35	4.20	0.15	0.67	19.10	0.064	0.018	0.96	48.7	5.07
35-45	09.1988	l	5.70	1.69	0.73	3.11	0.32	1.04	12.86	0.034	0.074	0.82	43.6	4.74
35-45		d	2.79	0.30	0.39	4.23	0.16	0.67	19.94	0.063	0.043	0.86	44.3	5.63

l=living; d=dead

### 三、毫根中化学元素的变化

表 4 列出了大冷杉毫根中元素含量各次分析的结果。

(一) C, N, SiO<sub>2</sub>, Na, Fe, Cu 这些元素在毫根中的含量不呈季期变化。C、N、SiO<sub>2</sub> 在活及死根中均为主要组成部份, Cu 的含量最低。C 和 Na 在活根中的含量高于死根; 相反, SiO<sub>2</sub>、Fe 和 Cu 在死根中的含量明显高于活根。这表明, Si、Fe 及 Cu 离子在毫根的死亡过程中释放较迟。

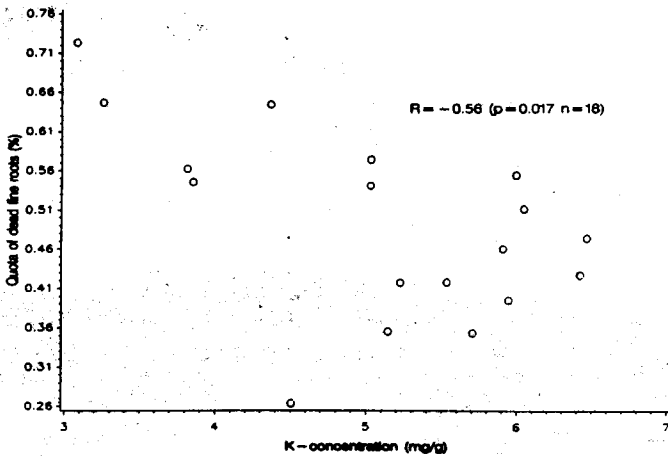


图 2 活毫根中的 K 浓度与死毫根比例的关系

Fig. 2 Relation between K-concentrations in living fine roots and Ratio of dead fine roots

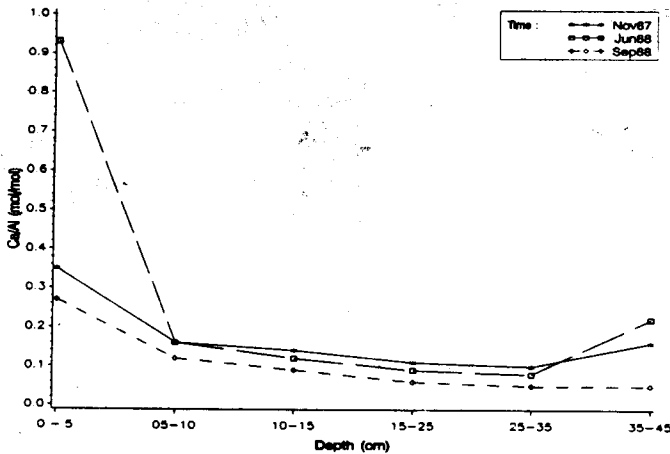


图 3 活毫根中 Ca/Al 的分子比率

Fig. 3 Molar Ca/Al-ratios in living fine roots

(二) K 在几乎所有土壤层次中滞水期 K 离子的含量明显高于早期。然而, 滞水期活根 (除在 0-5cm 土壤中外) 中 K 离子含量则显著低于早初、末期。此时土壤中死根量也最高。从图 2 可看出活根中 K 离子含量与死根量之间的关系。尽管其中在 K 离子含量高区有较大变动, 仍可看出: 死根量占总根量的比值有随活根中 K 离子含量降低而增高的趋势。

(三) Mg, Zn, Mn 死根中 Mg 和 Zn 的含量均低于活根, 这一现象随土壤深度增大而愈明显。滞水期所有土壤层次中的活根中  $\mu\text{g}$  和 Zn 的含量均明显低于早期。与 K、Mg、Zn 的状况相比, Mn 在毫根里的含量表现出相反的动态。滞水期土壤各层的毫根中 Mn 的含量高于早期, 但这时土壤溶液中 Mn 的含量与早初相差不大, 且比早末低。由于 Mn 在滞水还原状态下迁移性强, 估计这一现象是滞水期中 Mn 易被毫根吸收所致。

(四) Ca, Al, Ca/Al 摩尔比 除 0—5cm 土表外, 活根中的 Ca 离子含量也显著高于死根, 但滞水、早初、末期毫根中 Ca 离子含量无明显变化。

死根中 Al 离子的含量比活根高。从滞水至早初、末期, 10—45cm 土层中毫根的 Al 离子明显上升, 土壤溶液中 Al 离子含量也略有上升。

在三次调查期中, 活根的 Ca/Al 离子的摩尔比 (由于欧洲土壤酸化严重, 该比值在最近几年毫根研究中通常作为根活力的重要指标), 除长于 0—5cm 土壤者有较大区别外 (见图 3), 其它各层变化很小。死根里的 Ca/Al 呈相似规律: 0—5cm 土层的毫根中 Ca/Al 比值为 0.12 到 0.35 之间, 5—10cm 处下降到大约 0.04, 以下各层基本上停留在此水平。

## 讨论与总结

本研究表明, 大冷杉毫根化学元素含量高低有如下顺序:

$\text{C} > \text{SiO}_2 > \text{N} > \text{Al} > \text{K} > \text{Fe} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$

这种顺序基本上与挪威云杉 (*Picea abies* Karst.) 毫根元素含量<sup>[12,13,17]</sup>的顺序相似。这些元素在毫根死亡过程的释放顺序也基本相似, 即 C、K、Na、Ca 和 Mg 离子释放早, Fe、Al、Cu 离子和  $\text{SiO}_2$  释放迟。

Mengel<sup>[10]</sup>及 Mengel 和 Kirbky<sup>[11]</sup>指出: 呼吸受阻影响 K 离子吸收, 因为根系呼吸提供给 K 离子转导所需的能量 (ATP)。这一生理现象在本研究中有所表现。滞水条件下土壤溶液中的平均  $\text{K}^+$  含量约为早期时的二倍, 但活根中相应的  $\text{K}^+$  只为早期的 67—70%, 这表明 K 的吸收与根系呼吸有密切关系, 滞水期根系缺氧, 导致活根比例减少, 根系吸收能力下降。

Mn 在酶的功能上有与 Mg 和 Zn 相似的功能, 因此可以断定, Mg 和 Zn 可部分地被 Mn 离子置换<sup>[10,11]</sup>。大冷杉毫根在滞水缺氧条件下 Mn 离子含量高, 而 Mg、Zn 离子含量低, 很可能与此生理现象有关。

大冷杉毫根活生物量从滞水期到早初、末期的增加, 一方面可从湿旱交给予解释, 另一方面, 植物生长的冬夏季节性亦不可忽视。一些研究<sup>[2,4,6,7,8]</sup>观察到根系生长有两个明显时期: 4—5 及 8—9 月。问题在于, 在本研究中哪一原因占有较大比重。毫根化学分析结果 (即 K、Mg、Zn 在活根中明显的湿旱期变化) 表明, 毫根在滞水期大量死亡, 除缺氧的直接影响外, 与这三种元素含量过低有重要关系。相反, 与活根中 Al 离子含量及 Ca/Al 摩尔比值无关。

致谢:

哥廷根大学土壤研究所所长 H. Foelster 教授和造林研究所前所长 E. Roehrig 教授在本研究过程中给予有益的指导; 卡期待老林场场长 von Breitenbach 高级林务官在野外工作中给予大力支持; 莱茵郎德—法尔兹州农林葡萄部资助研究经费; 实验室分析在上述两研究所完成, 在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- [1] AFZ, 1988. Große Kuestentanne (*Abies grandis*). AFZ. 25.
- [2] Goettsche, D. 1972. Verteilung von Feinwurzeln und Mykorrhizen im Bodenprofil eines Buchen- und Fichtenbestandes im Solling. Diss. Hamburg.
- [3] Hartung, J., Elpelt, B., Kloesener, K.-H. 1986; Statistik Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. R. Oldenbourg verlag, Muenchen.
- [4] Heikurainen, L. 1961; Ueber den Aufbau des Wurzelwerks von Bestaenden auf entwaesserten Mooren Finlands. Bericht 13, Kongr. IUFRO, Sect. 23, Ref. 3, Wien.
- [5] Heinrichs, H., Koenig, N., Schultz, R. 1985; Atom-Absorptions- und Emissionsspektroskopische Bestimmungsmethoden fuer Haupt- und Spurenelemente in Probeloesungen aus Wald- oekosystem- Untersuchungen. Berichte des Forschungszentrums Waldoekosysteme/Waldsterben, Bd. 8.
- [6] Hoffmann, G. 1965; Moeglichkeiten zur Auswertung pflanzen-physiologischer Untersuchungen zur Aufstellung agrotechnisch optimaler Kulturpfliegertermine. Soz. Forstwirtschaft. 15, 294-299.
- [7] Ladefoged, K. 1939; Untersuchungen ueber die Periodizitaet im Ausbruch und Laengenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewoehnlichsten Waldbaeume. Forstl. Fuersorgv. Danm. 16.
- [8] Leibundgut, H., Dafis, S., Richard, F. 1963; Untersuchungen ueber das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. Schweiz. Zeitsch. Forst. 114, 623-646.
- [9] Meiwes, K.-J., Koenig, N., Khanna, P. K., Prenzel, J., Ulrich, B. 1984; Chemische Untersuchungsverfahren fuer Mineralboden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldboeden. Berichte des Forschungszentrums Waldoekosysteme/Waldsterben, Bd. 7.
- [10] Mengel, K. 1984; Ernaehrung und Stoffwechsel der pflanze. 6. Aufl., Gustav Fischer Verl. Stuttgart.
- [11] Mengel, K., Kirkby, E. A. 1987; Principles of plant Nutrition. 4. Ed., International Potash Institute Switzerland.
- [12] Murach, D. 1984; Die Reaktion der Feinwurzeln von Fichten (*Picea abies* Karst.) auf zunehmende Bodenversauerung. Diss., Goettingen.
- [13] Murach, D., Wiedemann, H. (1988); Dynamik und chemische Zusammensetzung der Feinwurzeln von Waldbaeumen als MaB fuer die Gefaehrung von Waldoekosystemem durch toxische Luftverreinigungen. Bericht des Forschungszentrum Waldoekosysteme, Reihe B, Bd. 10.
- [14] Raben, G. H. (1988); Untersuchungen zur raumzeitlichen Entwicklung boden- und wurzelchemischer Stressparameter und deren EinfluB auf die Feinwurzelentwicklung in bodensauren Waldgesellschaften des Hils. Berichte des Forschungszentrum Waldoekosysteme/Waldsterben, Reihe A, Bd. 38.
- [15] Roehrig, E. 1978; Anbau-Ergebnisse mit *Abies grandis* in Deutschland. In: Schriften aus der Forstlichen Fakultaeet der Universitaet Goettingen und der Niedersaechsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 54, S. 37-52.
- [16] Xu, Y. J. (胥毅军) 1987; Tannen-Arten fuer Aufforstungen - unter besonderer Beruecksichtigung von *Abies grandis*-. Magis.-Arbeit, Institut fuer Waldbau der Uni. Goettingen.
- [17] Xu, Y. J. (胥毅军) 1990; Oekologische Grundlangen fuer den Anbau der GroeBen Kuestentanne (*Abies grandis* Lindl.) auf vernaessten Boeden. Berichte des Forschungszentrums Waldoekosysteme, Reihe A, Bd. 67.



**DYNAMIC OF FINE ROOTS OF GRAND FIR (*ABIES GRANDIS* LINDL.)  
TO PERIODICAL WATERLOGGING IN A PSEUDOGLEY SITE.**

Xu Yijun

*(Institute for Soil Science and Forest Nutrition of University Goettingen, Buesgenweg 2, 3400 Goettingen, Germany)*

**Abstract**

The dynamic of fine root biomass in mineral soil up to 45cm and their chemical composition were investigated in a 25 years old grand fir stand on a pseudogley soil from the waterlogged period to the vegetation period (November 1987—September 1988) .

Under waterlogging the fine roots had considerably higher dead mass (5558 kg DS/ha) than living mass (3594 kg DS/ha). At the start of the vegetation period the total mass of the living fine roots increased by 50% and the total mass of the dead fine roots decreased by 27%. A further shift, although smaller, could be observed through the summer towards the end of the vegetation period. The influence of waterlogging on the vitality of the fine roots was recognizable in their chemical composition. During waterlogging the living fine roots showed distinctly less K, Mg, Zn, but higher Mn contents than that during the vegetation period. We conclude that the large fluctuation of the fine root mass was due to the water saturation although some yearly periodic root growth occur.

**Key words:** Grand fir; Fine roots; Fine root biomass; Fine root chemistry; Pseudogley