

不同林龄 I-69 杨根际土 离子浓度和养分状况*

应祥 王福升 林寿明

摘要 采用掘根抖落法收集根际土, 研究江苏省东台市林场盐渍化土壤上 I-69 杨根际土的矿质离子和养分状况。结果表明, 根际土与非根际土有差异。根际土中矿质离子的总量比非根际土高, 由大到小的顺序为: 3 年生林分、6 年生林分、12 年生林分。各林龄的林分中, K^+ 在根际土中均明显地富积。就全土层平均值而言, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 在 3 年生林分的根际土中有较显著的富积, 在 6 和 12 年生林分中则变化不明显; 但在表土层的根际土中, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 有一定富积; 其它离子如 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 则变化不明显。所有林分中, 根际土的 pH 都低于非根际土, 水解 N、速效 P、水溶性 K 则有显著富积。

关键词 杨树 海滨盐渍土 根际土 矿质离子 养分

林木的根系与土壤紧密接触, 会直接受到土壤性状的影响; 根系本身的生理活动也会影响周围的土壤, 使得靠近根系的土壤——根际土的性状发生变化。该文重点研究不同林龄杨树根际土壤的矿质离子组成、累积和亏缺, 根际土中养分的富积和亏缺, 力图为研究杨树的抗盐性、盐分危害杨树生长的机理、合理的造林和土壤改良措施提供基础。

1 试验区概况

试验样地设在江苏省东台市林场(32°52' N, 121°50' E)。该场东距黄海约 8 km, 是位于江苏省沿海中部典型的淤泥质海岸。该区域沉积物主要来源于黄河和长江入海的泥沙。地下水位一般在 1.5 ~ 2.0 m, 水质多为弱矿水, 矿化度 1 ~ 5 g/L; 某些地段地下水的矿化度大于 10 g/L。本区为北亚热带海洋性季风湿润气候。全年无霜期较长, 气温的年变化和日变化较小。年平均气温为 14.5 °C, 1 月平均最低气温 8.0 °C, 7 月平均最高气温 27.1 °C。平均气温 10 °C 的平均日数为 220.7 d, 积温为 4 656.1 °C·h。年均降水为 1 069.0 mm, 6 ~ 9 月降水占全年的 61.6%。年均蒸发量为 1 407.4 mm。年均日照时数为 2 218.8 h, 年均日照率约 50% ~ 55%。主要灾害有台风、暴雨、渍害等。

2 研究方法

2.1 样地调查及根际土取样

80 年代将 I-69 杨(*Populus deltoides* Bartr. cv. 'Lux') 引入该场, 作为刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn) 林的更新树种。各样地基本情况见表 1。

1997—09—17 收稿。

丁应祥副教授, 王福升, 林寿明(南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037)。

* 本文为国家“八五”攻关项目专题“沿海防护林体系生态经济效益及其评价技术”的部分内容。

表1 样地基本情况 (1995年调查)

样地号	林龄 (a)	密度 (m × m)	平均胸径 (cm)	平均树高 (m)
1	3	4 × 6	9.8	11.5
2	6	4 × 6	17.6	16.3
3	12	4 × 6	31.2	24.3

每个样地选3株平均木,采用掘根抖落法收集根际土。具体方法是:在树冠投影范围内分层次(0~20 cm, 21~40 cm)挖掘林木根系,取出根系后轻轻拍打抖动,待沾根的大土块去除后,将粘着在根系表面约2 mm 厚度

的土壤拍打下即为根际土。由于盐渍土较为分散,土壤易于抖落,取得的样品均是紧密粘根的,能较好地反映根际土状况。同时取相应层次土壤作为非根际土样品。取样季节为:1995年春季(4月)、夏季(8月)和秋季(10月)。因为夏季采样时部分样地因雨缺失,所以只对春、秋2个季节的情况进行讨论。

2.2 分析方法

采集的样品经风干后过筛(0.25 mm)装瓶。测定时,用1:5的土水比振荡3 min 后离心提取。土壤矿质离子和养分的测定方法见参考文献[1]。测定时 CO_3^{2-} 均为痕量。这是由于 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 H_2CO_3 的解离平衡受到 H^+ 浓度即 pH 的影响,根据解离常数计算,在 pH7.5~9.0 时, HCO_3^- 几乎占全部离子 (H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-}) 的95% 以上, CO_3^{2-} 的浓度极微,故下文没有列出 CO_3^{2-} 的数据。

3 结果与分析

3.1 不同林龄根际土离子状况

3年生林分的非根际土的总离子浓度和 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 的浓度比6年生林分和12年生林分的高(表2)。这说明在有一定盐渍化的土壤上,幼林郁闭前,土壤裸露易于造成一定程度的返盐;郁闭后的遮荫使返盐受到抑制,土壤中离子总浓度有所下降。

表2 不同林分根际土和非根际土离子浓度 [单位: $\text{cmol}(+)/\text{kg}$]

林龄(a)	土壤	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	离子总量	总富积率 (%)
3	根际土	0.071 5	0.122 0	1.334 3	1.527 1	0.376 2	0.089 6	2.589 6	6.110 3	
	非根际土	0.023 7	0.094 6	0.942 6	1.040 4	0.364 7	0.091 6	1.645 0	4.202 6	45.4
6	根际土	0.100 9	0.186 2	0.612 1	0.694 1	0.343 0	0.093 3	1.157 0	3.186 5	
	非根际土	0.035 0	0.200 7	0.594 7	0.769 4	0.386 4	0.133 3	1.084 6	3.204 2	-0.6
12	根际土	0.090 4	0.077 8	1.055 0	0.731 9	0.321 5	0.104 0	1.529 6	3.910 2	
	非根际土	0.036 7	0.074 1	0.884 3	0.832 4	0.335 2	0.113 3	1.379 0	3.655 0	7.0
t 检 验	3	7.973**	2.767*	2.474*	1.835	0.565	-0.300	2.739*		
	6	5.899**	1.001	-0.260	-0.036	-2.542*	-0.553	1.138		
	12	7.691**	0.224	1.199	-1.199	-1.208	-0.349	1.143		
n= 12			$t_{0.1}= 1.796^*$		$t_{0.05}= 2.201^*$			$t_{0.01}= 3.106^*$		

注:1995年春季、秋季0~40 cm 土层的平均值。

为了观察各个林分根际土和非根际土之间的总体差异情况,表2列出了春秋两季全土层两者差异性统计检验结果。表中数据显示3种林分中,3年生林分根际土中的离子总量高于非根际土,而6年生和12年生林分则变化较小。有研究人员报道蓖麻、大麦以及水杉、刺槐等植物根际土也有离子富积现象^{[2~5],1)}。3个林分中,3年生林分根际土离子的总富积率明显高于

1) 丁应祥. 滨海土壤几个树种根际土性状的研究. 南京林业大学研究生博士学位论文, 1995.

6年生林分和12年生林分,说明幼林树较强的根系活力(单位根系生物量)易于导致离子在根系周围土壤中的富积。

根际土中 K^+ 离子的富积率普遍较大,3、6和12年生林地分别为:201.7%、188.3%和146.3%,远比其它离子的高,而且在3个林分中都达到了极显著水平。 Na^+ 在根际土中富积不明显。盐渍化土壤上根际土中 K^+ 的富积情况与非盐渍土的研究结论有一定差异^[7]。但有人在盐渍化土壤上种植的农作物中发现类似的富积现象^[3]。根际土中 K^+ 如此高的富积率是个值得注意的问题,其原因及作用尚待进一步探讨。

3年生林分中,除 K^+ (201.7%) 之外,根际土中的 Na^+ (29.0%)、 Ca^{2+} (41.6%)、 Mg^{2+} (46.8%)、 SO_4^{2-} (57.4%) 也有较高的富积率。其中, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 的富积程度达到了显著水平, Mg^{2+} 较显著。 HCO_3^- 、 Cl^- 在根际土和非根际土之间变化不显著。

6年生林分中, K^+ 在根际土中有较大的富积率(188.3%), Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子在根际土和非根际土之间没有显著差异。根际土中 HCO_3^- 比非根际土下降11.2%。 Cl^- 在根际土中稍有下降, SO_4^{2-} 在根际土中稍有上升,均没有达到显著水平。

12年生林分中,根际土的 K^+ 浓度极显著地高于非根际土,达146.3%,但其富积率低于3年生林分和6年生林分。 Ca^{2+} 浓度则较非根际土高19.3%。其它如 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 则变化不显著。

总体看来,3年生林分根际土中矿质离子富积程度高于6年生林分和12年生林分。

3.2 不同土层中根际土离子浓度

从离子总量来看(表3),3年生林分表层(0~20 cm)和底层(21~40 cm)根际土的离子总富积率均较为明显(53.7%和38.0%),但表层比底层的高。6年生林分和12年生林分中,表层和底层根际土离子总量均变化较小,表层根际土中甚至出现少许亏缺;但12年生林分底层根际土中出现一定的离子富积(19.3%)。一般认为,可溶性矿质离子的迁移与根系吸水有关。这一趋势反映随着林龄的增长和根系的向下延伸,表层根系不易引起根际土中的离子富积,而吸水能力较强的下层根系更易引起根际土中离子的富积。

表3 不同深度根际土和非根际土的离子浓度 [单位: $cmol(+) / kg$]

深度 (cm)	林龄 (a)	土壤	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	离子 总量	总富积率 (%)
0~20	3	根际土	0.0615	0.1093	1.4257	1.4532	0.3592	0.0861	2.6054	6.1004	53.7
		非根际土	0.0228	0.0804	0.9513	0.9302	0.3217	0.0881	1.5750	3.9695	
	6	根际土	0.0813	0.1364	0.6718	0.6946	0.3120	0.0890	1.1832	3.1683	
		非根际土	0.0320	0.1646	0.5754	0.8373	0.3370	0.1110	1.1679	3.2251	
	12	根际土	0.0668	0.0767	1.0888	0.6430	0.3074	0.1020	1.4658	3.7503	
		非根际土	0.0398	0.0650	1.0825	0.7613	0.3121	0.1360	1.5005	3.8970	
21~40	3	根际土	0.0815	0.1347	1.2429	1.6010	0.3931	0.0931	2.5738	6.1201	38.0
		非根际土	0.0246	0.1089	0.9339	1.1506	0.4077	0.0951	1.7150	4.4357	
	6	根际土	0.1205	0.2361	0.5523	0.6935	0.3739	0.0977	1.1308	3.2047	
		非根际土	0.0381	0.2369	0.6140	0.7015	0.4359	0.1557	1.0012	3.1832	
	12	根际土	0.1141	0.0789	1.0212	0.8208	0.3355	0.1060	1.5935	4.0700	
		非根际土	0.0337	0.0832	0.6860	0.9035	0.3582	0.0905	1.2576	3.4126	

注: 1995年调查,春季和秋季的平均值。

各林分各土层根际土中的 K^+ 富积率最高, 而且都以心土层的富积率较高。相对于表层营养吸收根来说, 下层吸水功能强的根系更容易引起 K^+ 在根际土中的富积。

在3年生林分0~20 cm 和21~40 cm 土层的根际土中都出现 Na^+ 富积。但在6年生林分和12年生林分中, Na^+ 的变化很小。 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 相似, 在3年生林分中, 表土层和心土层根际土有一定程度的富积; 在12年生林分中, 心土层根际土也有一定的富积, 其它情况下变化不大。 Mg^{2+} 只在3年生林分表土层和心土层的根际土中有所富积, HCO_3^- 和 Cl^- 则变化很小, 而且规律性不明显。

3.3 根际土离子浓度的季节变化

从 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子的本底(根际土)含量(表4)来看, 一般均是秋季高于春季。反映了在秋季时, 由于气候较为干燥, 蒸发较强, 随着地下水的向上运动, 这些离子在土壤中的含量有所上升。然而从根际土和非根际土间的差异情况来看, 多数离子春季的差异大于秋季的差异。一般说来, 春季时林木的生理活动强于秋季, 因此可以认为, 林木根际土和非根际土间的差异主要是由其生理活动引起的。

表4 不同季节根际土和非根际土的离子浓度 [单位: $cmol(+)/kg$]

季节	林龄(a)	土壤及深度(cm)	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	离子总量
春	3	根际土0~20	0.067 3	0.106 8	1.905 1	1.853 4	0.407 7	0.098 0	3.429 0	7.867 3
		根际土21~40	0.099 9	0.128 4	1.655 4	2.074 0	0.377 2	0.094 0	3.486 5	7.915 4
		非根际土0~20	0.018 8	0.067 0	0.963 1	0.909 3	0.334 2	0.088 0	1.536 0	3.916 4
		非根际土21~40	0.024 9	0.102 4	0.951 5	1.174 1	0.422 9	0.094 0	1.736 0	4.505 8
	6	根际土0~20	0.079 5	0.113 8	0.810 9	0.665 5	0.310 6	0.076 0	1.283 1	3.339 5
		根际土21~40	0.100 9	0.186 2	0.612 1	0.694 1	0.343 0	0.093 3	1.157 0	3.186 5
		非根际土0~20	0.028 6	0.120 1	0.549 9	0.760 8	0.338 4	0.080 0	1.054 4	2.932 1
		非根际土21~40	0.035 0	0.200 7	0.594 7	0.769 4	0.386 4	0.133 3	1.084 6	3.204 2
12	根际土0~20	0.073 4	0.057 7	0.963 7	0.593 5	0.351 4	0.136 0	1.200 9	3.376 6	
	根际土21~40	0.166 1	0.076 6	0.950 9	0.911 4	0.371 5	0.142 0	1.591 5	4.210 0	
	非根际土0~20	0.048 1	0.068 3	1.097 1	0.986 5	0.340 0	0.204 0	1.656 0	4.400 0	
	非根际土21~40	0.028 0	0.053 0	0.527 2	0.994 6	0.400 3	0.107 0	1.095 5	3.205 6	
秋	3	根际土0~20	0.055 7	0.111 7	0.946 2	1.052 9	0.310 6	0.074 0	1.781 9	4.333 0
		根际土21~40	0.063 0	0.141 0	0.830 3	1.127 9	0.409 1	0.092 0	1.661 1	4.324 4
		非根际土0~20	0.026 7	0.093 7	0.939 6	0.951 2	0.309 2	0.088 0	1.613 9	4.022 3
		非根际土21~40	0.024 3	0.115 1	0.916 3	1.126 9	0.392 4	0.096 0	1.694 0	4.365 0
	6	根际土0~20	0.083 1	0.158 9	0.532 7	0.723 8	0.313 4	0.102 0	1.083 2	2.997 1
		根际土21~40	0.140 1	0.285 9	0.492 6	0.692 9	0.404 9	0.102 0	1.104 6	3.222 9
		非根际土0~20	0.035 3	0.209 1	0.600 9	0.913 8	0.335 6	0.142 0	1.281 5	3.518 1
		非根际土21~40	0.041 2	0.273 1	0.633 3	0.633 6	0.485 3	0.718 0	0.917 8	3.162 3
12	根际土0~20	0.060 1	0.095 7	1.213 9	0.692 4	0.263 5	0.068 0	1.730 6	4.124 2	
	根际土21~40	0.062 1	0.081 3	1.091 6	0.730 2	0.299 5	0.070 0	1.595 6	3.930 3	
	非根际土0~20	0.031 4	0.061 6	1.068 0	0.536 2	0.284 3	0.068 0	1.345 0	3.394 5	
	非根际土21~40	0.039 4	0.113 4	0.844 7	0.812 3	0.316 2	0.074 0	1.419 6	3.619 6	

在所有离子中, K^+ 在根际土中的富积现象最为明显。它在各个年龄林分的不同土层和不同季节的根际土中均显示很高的富积率, 而且其富积率存在如下变化趋势: 即3年生林分> 6年

生林分(秋季21~40 cm 土层例外) > 12年生林分(春季21~40 cm 土层例外); 以及表土层的富积率 > 心土层的富积率(12年生林分秋季21~40 cm 土层例外)。

3年生林分中, 春季时表土层和心土层根际土中各离子及离子总量均出现富积(21~40 cm 土层中 HCO_3^- 例外); 秋季时, 除 K^+ 、 Na^+ 外, 表土层和心土层根际土中各离子及离子总量的富积率不甚明显, 而且变化幅度小于春季, 一些离子甚至出现小幅度亏缺(如表土层中的 Cl^- 和心土层中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和离子总量)。

6年生林分中, 春季时除 K^+ 外, 根际土中离子唯表土层 Ca^{2+} 有一定的富积(47.5%), 心土层 Cl^- 有一定亏缺(-30.0%), 其它项目变化不明显。秋季时除 K^+ 外, 表土层根际土中 Na^+ (-24.0%)、 Mg^{2+} (-20.8%)、 Cl^- (-28.2%) 有一定亏缺, 心土层根际土中 Ca^{2+} (-22.2%)、 Cl^- (-85.8%) 有一定亏缺, SO_4^{2-} (20.4%) 有一定富积, 其它情况下变化不明显。

12年生林分中, 春季和秋季, 表土层和心土层根际土中离子变化的情况较为复杂。其中春季时0~20 cm 土层根际土离子总量有一定亏缺(-23.3%), 21~40 cm 土层有一定富积(31.3%); 秋季时0~20 cm 土层根际土离子总量有一定富积(21.5%), 21~40 cm 土层变化较小。各离子在春季和秋季及不同土层根际土中的表现也有差异。

总的说来, 3种林分中, 3年生林分在春季时根际土中离子富积现象最为明显, 反映出根际土中离子行为主要受林木蒸腾吸水等生理活动的影响。而在12年生林分表土层根际土中, 春季时离子总量亏缺(-23.3%), 秋季时离子总量富积(21.5%), 可能是由于12年生杨树的树体高大, 春季生长需吸收大量的养分, 从而削弱了根际土中离子的富积; 秋季时, 大量的矿质养分从树体中释放, 使根际土中离子显著富积。3年生杨树的树体较小, 吸收和释放的养分较少, 不能通过这一方式明显影响根际土的离子浓度。

3.4 根际土的养分状况

各林分根际土 pH 均显著低于非根际土(表5)。这与已有的报道吻合^[7-9]。一般认为 pH 的下降与根系呼吸、根系分泌 H^+ 和酸性有机物等因素有关。在本研究中, 心土层根际土 pH 的下降幅度大于表土层根际土的下降幅度。作者认为, 这是因为心土层的有机质含量少, 微生物活动较弱, 原始性较强, 所以根系的活动更易引起土壤性状的变化。

表5 不同林龄的1-69杨(0~40 cm) 根际土的养分状况

林龄(a)	土壤	pH	水解 N(mg/kg)	速效 P(mg/kg)	水溶性 K(mg/kg)
3	根际土	8.22	63.30	17.5	2.789
	非根际土	8.41	50.04	5.6	0.924
6	根际土	8.58	75.23	9.2	4.707
	非根际土	8.69	55.62	2.6	1.318
12	根际土	8.25	96.52	6.7	2.941
	非根际土	8.44	61.56	3.7	1.315
t 检 验		-1.960*	2.190*	4.847**	7.973**
		-1.622	3.103*	3.244**	5.899**
		-1.828*	4.112**	4.479**	7.691**
	n=12	$t_{0.1}=1.796^+$	$t_{0.05}=2.201^*$	$t_{0.01}=3.106^{**}$	

注: 1995年春、秋季测定的平均值。

由表5可知, 3个林分中根际土的水解 N、速效 P、水溶性 K 都有所富积, 这与许多农作物根际土的养分状况不一致。对于 K^+ , 是由于盐渍化土壤中的含量超过林木的生理需要而导致

富积。然而水解 N 和速效 P 则与水溶性 K^+ 不同。在成土时间较短的滨海土壤中, 土壤有机质较少, 含 N 量较低, 有效 P 含量也较低。根据这种情况推理, 土壤中 N 和 P 的供应量难以满足林木生长需求, 从而使得 N、P 在根际土中出现亏缺。但实际情况是, 本研究中几乎所有样地根际土都出现了水解 N 和速效 P 的富积。其原因是: 相对于农作物而言, 林木的叶、干比率较小, 相对养分需求量较小, 而且其根系在土壤中分布广泛, 吸收面积大, 所以它对养分的需求相对易于满足。更重要的是, 林木较为适应低养分的土壤环境, 其根系的主动吸收能力较强, 并能通过自身根系的生理活动改善土壤环境, 促进土壤中养分的转化。已有研究发现, 一些林木根际土会出现养分富积^[4, 5, 9, 10]。

根际土水解 N 的富积一方面与根系分泌含 N 有机物有关, 另一方面与根系的有机分泌物和脱落物增加, 从而使得根际土微生物活动、固 N 微生物和酶活性加强有关^[8~11]。本试验的 3 个林分中, 根际土中速效 P 含量的提高与 pH 的下降呈显著的相关性。所以, 根际土中速效 P 含量的提高与 pH 的下降和根系分泌物的活化作用有关^[8, 12, 13]。

林木根际土养分富积的现象表明, 对林分进行施肥需慎重考虑, 不能简单套用农业上的标准来判断土壤养分的丰缺。

4 结论与讨论

由于根系的活动, 根际土中矿质离子的总量高于远离根的非根际土, 其富积率从大到小的顺序是: 3年生林分 > 6年生林分 > 12年生林分。

K^+ 在各林龄林分的根际土中富积显著, 比其它离子变化明显。可解释为土壤溶液中含 K^+ 量较高, 随水分向根系迁移的 K^+ 超过了植物的吸收量, 从而引起了它在根际土中的富积。但对于同样具有良好的水溶性和迁移性, 在土壤中浓度与 K^+ 相似的 Na^+ 来说, 其富积率大大低于 K^+ 。因此, 仅仅以向根系的输送量超过了吸收量来说明 K^+ 在根际土中的富积尚有一定的不足。

就全年变化总趋势而言, 在 3 年生林分中, 根际土中的 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 也有较高的富积率。其中, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 的富积显著, Mg^{2+} 较显著。 HCO_3^- 、 Cl^- 在根际土和非根际土中变化不显著。在 6 年生林分中, Na^+ 的浓度稍有增加, HCO_3^- 在根际土中明显下降, 其它矿质离子变化不显著。在 12 年生林分中, 根际土中的 Ca^{2+} 有一定富积, 其它如 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 则变化不显著。

K^+ 在各林分 21~40 cm 土层根际土中的富积率较高, 下层吸水功能强的根系似乎更容易引起 K^+ 在根际土中的富积。 Na^+ 在 3 年生林分 0~20 cm 和 21~40 cm 土层的根际土中都出现富积。但在 6 年生林分和 12 年生林分中, 仅在 0~20 cm 土层根际土中出现富积。 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 相似, 在 3 年生林分的 0~20 cm 和 21~40 cm 土层根际土中有一定程度的富积, 在 12 年生林分 21~40 cm 土层根际土中也有一定的富积, 其它情况下变化不显著。 Mg^{2+} 只是在 3 年生林分 0~20 cm 和 21~40 cm 土层根际土中有所富积, HCO_3^- 和 Cl^- 则变化很小而且没有明显规律性。春季时根际土中离子的变异幅度明显高于秋季。

3、6、12 年生林分根际土的 pH 都低于非根际土。这与林木根系吸收矿质离子、放出 H^+ 、分泌有机酸等生理活动有关。pH 变化的一个显著特点是 21~40 cm 土层根际土 pH 的下降幅度大于表土层。水解 N 在各林分的根际土中均有显著富积。其原因是根系给土壤带入的较多含

N 有机物, 根系分泌物导致的根际土中固 N 微生物和酶活性增强。速效 P 在各林分根际土中出现显著富积。根际土中 pH 的下降、根系分泌物对固态 P 的活化等是根际土中速效 P 提高的重要因素。速效 K 在根际土中显著富积, 是由于在盐渍化土壤中含量较高, 超过了林木生理需要的缘故。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 593.
- 2 Logozzo G. Selection of castor bean for salt tolerance by estimating the root acidifying capacity. *Agricultural Research*, 1988, 10: 31 ~ 32.
- 3 沈其荣, 王建林, 邱春祥, 等. 两种不同耐盐大麦根际中离子的分布特征. *土壤学报*, 1993, 30(4): 366 ~ 373.
- 4 丁应祥, 康立新, 梁珍海, 等. 海岸林水杉根际土非根际土性状的研究. 沿海防护林体系功能及效益. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 138 ~ 146.
- 5 丁应祥, 梁珍海, 康立新, 等. 滨海土壤上杨树根际土性状的研究. *南京林业大学学报*, 1996, 20(2): 15 ~ 19.
- 6 许曼丽, 刘芷宇. 土壤-根系微区养分状况的研究: 钾离子的富积与亏缺. *土壤学报*, 1983, 20(3): 295 ~ 302.
- 7 Zhang R C, Zhang X Y. Basic study of root & rhizosphere nutrients with an electron microbeam analysis probe. In: *Forestsoils & Modern Forest Management (Proceedings of the First Forest Symposium on Forestsoils)*. Harbin, China, 1990. 149 ~ 153.
- 8 张福锁. 根分泌物及其在植物营养中的作用. *北京农业大学学报*, 1991, 17(2): 63 ~ 67.
- 9 厉婉华, 栓皮栎、杉木和火炬松根际与非根际土壤氮素及 pH 差异的研究. *南京林业大学学报*, 1996, 20(2): 49 ~ 52.
- 10 姜培坤, 蒋秋怡, 董林根, 等. 杉木檫树根际土壤生化特性比较分析. *浙江林学院学报*, 1995, 12(1): 1 ~ 5.
- 11 钦绳武, 刘芷宇. 土壤-根系微区养分状况的研究: 水稻根际氮素的变化. *土壤学报*, 1984, 21: 238 ~ 246.
- 12 Fox T R, Comerford N B, Mcfee W W. Phosphorus and aluminum release from a spodic horizon mediated by organic acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1990, 54: 1763 ~ 1767.
- 13 Kpombekou K A, Tatabatabai M A. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. *Soil Science*, 1994, 158(6): 442 ~ 453.

Ion and Nutrient Status in Rhizospheres of Poplar Stands at Different Ages

Ding Yingxiang Wang Fusheng Lin Shouming

Abstract This project was aimed to study the amount of ions and some nutrients in the rhizospheres of hybrid poplar (*Populus deltoides* Bartr. cv. 'Lux'). Three poplar stands at different ages (3, 6, 12 years old) were located in Dongta Forest Farm (8 km away from the Yellow Sea), Dongtai City, Jiangsu Province. Samples of rhizospheres were taken from the topsoil (0 ~ 20 cm) and subsoil (21 ~ 40 cm) under three average trees of each stand. The total ion in rhizospheres is higher in all stands. In most rhizospheres, ion accumulations were statistically obvious. Higher ion accumulations in subsoil rhizospheres were associated with stronger water-absorbing function of the deep root, the nutrient-absorbing function of the root in topsoil made the ion accumulation at a low rate. The accumulation of K^+ in rhizosphere was the highest and the most obvious one in all the ions. K^+ accumulation in rhizospheres of trees on salty soil were possibly induced by the excessive K^+ transported to the rhizospheres by mass flow. Na^+ was obviously accumulated in some rhizospheres. Ca^{2+} and Mg^{2+} did not vary greatly between rhizospheres and non-rhizospheres. The differences of HCO_3^- fluctuated within 10% between rhizospheres and non-rhizospheres. Cl^- was accumulated in rhizospheres in summer and in topsoil, but not in other conditions. SO_4^{2-} was not highly accumulated in the rhizospheres of the most stands. Soil pH of rhizospheres in all sites were lower than those of the non-rhizospheres. In subsoil, a greater decrease of pH in the rhizospheres were observed comparing with the topsoil. Hydrolysable N, available P and soluble K were found accumulated in all sites.

Key words *Populus deltoides* cv. 'lux' saline soil in seashore rhizosphere ion nutrient

Ding Yingxiang, Associate Professor, Wang Fusheng, Lin Shouming (College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037).