

# 阿克苏市郊柯柯牙防护林不同林龄 新疆杨防风及土壤改良效应

张利霞<sup>1</sup>, 玉米提·哈力克<sup>1,3</sup>, 阿丽亚·拜都热拉<sup>1</sup>,  
刘开通<sup>2</sup>, 阿不都拉·阿不力孜<sup>1,3</sup>, Martin Welp<sup>3</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院 新疆绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学  
物理与科学技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 3. Eberswalde 应用技术大学 森林与环境学院, 德国 埃伯斯瓦尔德 16225)

**摘要:** 新疆阿克苏市郊柯柯牙防护林绿化工程是干旱缺水环境下大面积人工植树造林的典范。以柯柯牙绿化工程中 6 年生、15 年生和 22 年生的新疆杨人工林为研究对象, 裸露沙地为对照, 研究了不同林龄防护林 0.5 和 2 m 高度的防风效果以及土壤改良效应。结果表明, 新疆杨防护林防风效果明显, 背风面防风效能 在 0.5 m 高度表现为: 22 年生 > 15 年生 > 6 年生, 在 2 m 高度表现为 15 年生 > 22 年生 > 6 年生。综合防风效能 15 年生和 22 年生的相近, 均大于 6 年生。土壤容重明显降低, 尤其表现在 0—10 cm 的表层土。随着林龄的增大, 土壤有机质和全氮含量不断增加, 碱解氮、速效钾先增大后减少, 有效磷含量则先减少后增大。

**关键词:** 新疆杨; 人工防护林; 防风效益; 土壤改良

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)05-0073-05

中图分类号: S157

## Windbreak and Soil Improvement Effects of Different Aged *Populus Bolleana* in Kokyar Peri-urban Shelterbelt of Aksu City

ZHANG Li-xia<sup>1</sup>, Umut HALIK<sup>1,3</sup>, Aliya BAIDOURELA<sup>1</sup>, LIU Kai-tong<sup>2</sup>, Abdulla Abliz<sup>1,3</sup>, Martin Welp<sup>3</sup>

(1. Xinjiang Key Laboratory of Oasis Ecology, College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China; 2. College of Physics and Science Technology, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China; 3. Faculty of Forest and Environment, Eberswalde University for Sustainable Development, Eberswalde 16225, Germany)

**Abstract:** The Kokyar shelterbelt in the peri-urban area of Aksu in Xinjiang Wei Autonomous Region is a model project for large scale artificial afforestation in arid regions with extreme water shortage. Authors selected *Populus bolleana* at three different stand ages (6, 15 and 22 year stand age, respectively) as a research object. Taking bare sand a control, the windbreak efficiency at the heights of 0.5 and 2.0 m and the soil improvement effects are analyzed. Results show that *Populus bolleana* shelterbelt had a very distinguished windbreak effect. Leeward windbreak efficiencies of different aged *Populus bolleana* at the height of 0.5 m were showed as the order of 22 year stand age > 15 year stand age > 6 year stand age, while at the height of 2.0 m, windbreak efficiencies were presented as the order of: 15 year stand age > 22 year stand age > 6 year stand age. The comprehensive windbreak efficiencies of 15 year and 22 year stand age *Populus bolleana* were very close, and both were better than 6 year stand age. Soil bulk density decreased significantly, especially within the 10 cm of topsoil. Soil organic matter and nitrogen content increased with the increasing stand age and available nitrogen, potassium content increased first and then decreased, while available phosphorus content decreased first and then increased.

**Keywords:** *Populus bolleana*; shelterbelt forest; windbreak efficiency; soil improvement effect

收稿日期: 2012-02-02

修回日期: 2012-03-31

资助项目: 国家自然科学基金项目“干旱区绿洲城市园林绿化树种滞尘效应及耐尘机制研究”(31270742); 德国科技部 SuMaRiO 项目子课题“Ecosystem service & ecosystem function of urban and periurban oasis vegetation”(01LL0918C)

作者简介: 张利霞(1986—), 女(汉族), 河南省濮阳市人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区生态学。E-mail: zhanglixia1124@sina.com。

通信作者: 玉米提·哈力克(1966—), 男(维吾尔族), 教授, 博士生导师, 主要从事干旱区生态与景观规划方面的研究。E-mail: halik@xju.edu.cn。

柯柯牙地处塔克拉玛干沙漠北缘的阿克苏市和温宿县东北城郊,曾是一片土壤贫瘠、盐碱肆虐、草木稀疏的亘古荒原,其东面的沙漠区是阿克苏市区和温宿县城区风沙危害的主要发源地。据环保部门测定,20世纪70,80年代阿克苏市以浮尘为主的大气总悬浮颗粒物(TSP)超过国家规定的大气环境质量二级标准的37倍<sup>[1]</sup>。为了彻底根治风沙、浮尘危害,1986年阿克苏地区启动了柯柯牙绿化工程,至2010年已完成绿化面积13 900 hm<sup>2</sup>,建成了一道宽150~500 m,长25 km,集多种生态林、经济林于一体的“绿色长城”,成为蔚为壮观的城郊“森林公园”和令世人惊叹的“大漠绿屏”<sup>[2]</sup>。阿克苏市也因此先后荣获“中国人居环境范例奖”(2001年)、“全国园林绿化先进城市”(2003年)、“国家森林城市”(2008年)称号。

新疆杨(*Populus bolleana* Lauche)是新疆南部各绿洲最为常见的乡土树种,具有喜光,耐寒、耐旱、耐盐渍,适应性及抗污染能力强等特点。由于拥有特殊的叶背面结构,吸附浮尘能力明显,成为柯柯牙绿化工程的主要防护林树种,防风阻沙、空气净化以及土壤改良方面均有明显的效果。

国内外许多学者对人工防护林治沙防风效益及土壤改良作用做了大量研究<sup>[3-6]</sup>。蒋德明等<sup>[6]</sup>以科尔沁沙地6年生和11年生小叶锦鸡儿为对象,研究结果表明随着高度的降低,小叶锦鸡儿对风速的降低作用越来越明显,且11年生的防风效果大于6年生,同时都可明显提高土壤中养分含量。李锋瑞等<sup>[7]</sup>通过研究指出科尔沁沙地人工杨树林对N, NNE, NE, ENE和NNW风的生态防护性能最好,4月和5月的风速显著高于6月和7月。闫德仁等<sup>[8]</sup>指出不同的管理方式和种植模式都会影响杨树林内土壤养分的供应能力。以往大多数研究都集中在灌木植被,部分对杨树生态效

益的对比研究也多集中于不同配置模式之间,对不同林龄人工新疆杨纯林防护效益及土壤改良效益的研究报道较少。本文选取不同年龄阶段的新疆杨为研究对象,对其防风效果及土壤改良效益进行研究,以期为今后柯柯牙绿化工程生态效益的评估提供理论基础,也为阿克苏市今后的绿化工作提供科学依据。

## 1 研究区概况

柯柯牙绿化工程始于1986年,北起天山托木尔峰下的温宿县境,横跨阿克苏市城区,南与塔克拉玛干沙漠边缘的阿拉尔市团场接壤,地理坐标80°15′—80°19′E,40°11′—41°20′N。属于暖温带干旱型气候,蒸发量大,降水量少,多年平均降水量56.7 mm/a,潜在蒸发量1 897~2 602 mm/a。全年盛行偏北风,最大风速一般在20 m/s左右,风向多为西北风或西风。年平均气温为11℃,月平均最高气温为24.2℃,月平均最低气温-7.6℃;35℃酷热日数平均为5.5 d,≥-20℃的日数2.8 d。年日照时数2 854 h,≥10℃的积温2 200℃,无霜期211 d。原始植被主要有骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*),骆驼蓬(*Peganum harmala*),蒿(*Artemisia* spp.),芦苇(*Phragmites australis*)等,但数量极少、疏散,分布不均。土壤类型主要是棕漠土(主要为沙土、沙壤土、黏土、重黏土、盐碱土)。

## 2 研究方法

野外观测及取样选择沿柯柯牙路柯柯牙林管站附近不同时间段所种植的新疆杨防护林地进行。为了对比分析,选择植被覆盖度<5%的裸露沙地为对照地。选择6年,15年,22年生的新疆杨防护林为研究对象,其生长状况如表1所示。

表1 树木生长状况调查结果

林龄	树高	冠幅	胸径	枝下高	株间距	林带长	林带宽
6年生	8.70	1.40×2.20	1.35	3.10	2.00×5.00	100.00	60.00
15年生	20.30	2.10×2.70	1.96	6.50	2.00×5.00	115.00	65.00
22年生	22.80	2.30×3.80	2.80	6.70	2.00×5.00	100.00	65.00

### 2.1 地表粗糙度的计算

为了描述不同林龄间新疆杨防护林的综合防风效果,我们进一步对其地表粗糙度进行了计算。

所谓地表粗糙度是近地表风速为零的高度,它是反映地表对风阻抗的重要参数<sup>[9]</sup>。改变地表性质,增加下垫面粗糙度,可以更加有效地控制风沙流,达到防风治沙的目的<sup>[10-11]</sup>,地表粗糙度越大,则防护效益越好。地表粗糙度的计算公式如下<sup>[12]</sup>:

$$\lg Z_0 = \frac{\lg Z_2 - A \lg Z_1}{1 - A} \quad (1)$$

式中: $Z_1, Z_2$ ——不同的观测高度(0.5 m, 2.0 m);  
 $A$ ——不同高度风速比, $A = Z_2 / Z_1$ ;  $Z_0$ ——地表粗糙度。

### 2.2 防风效果观测

选择大风日(2011年4月12日和2011年4月28日),风速为6.3~7.2 m/s,采用便携式手持气象仪于迎风缘、林内1 H, 3 H, 5 H处以及背风面1 H, 3 H,

5 H处分别测定6年生、15年生和22年生新疆杨人工防护林0.5 m, 2 m高度的风速,同时测定裸露沙地相应高度的风速作为对照。每10 s记录一次瞬时风速,求平均值。每个处理均做3个重复。防风效能公式:

$$E_i = (U_0 - U_i) / U_0 \times 100\% \quad (2)$$

式中: $E_i$ ——某一高度的防风效能; $U_0$ ——相应高度裸露沙地风速值; $U_i$ ——相应高度实验地风速值;

### 2.3 土样的采集与测定

在林带内和裸露沙地分别取样,按五点采样法,分别布置5个采样点,按0—10, 10—30和30—50 cm分层采取土壤,将同一样地同层部位的土壤混合后作为分析土样。各项测定指标按常规方法进行。pH值采用玻璃电极法测定;土壤容重采用环刀法;土壤有机质采用油浴加热重铬酸钾容量法—外加加热法;土壤全氮用凯氏定氮法;土壤全磷用 $\text{HClO}_4\text{—H}_2\text{SO}_4$ 法测定;土壤碱解氮用碱解扩散法;土壤速效磷用0.5 mol/L  $\text{NaHCO}_3$ 法;速效钾用醋酸铵—火焰光度计法。

## 3 结果与分析

### 3.1 新疆杨防护林的防风效果

由图1可以看出,不同林龄的新疆杨防护林都可以明显地降低风速。在2 m高度,林内防风效能:22

年生>15年生>6年生,分别为54.95%, 53.30%和50.80%,背风面防风效能:15年生>22年生>6年生,分别为68.07%, 66.40%, 58.67%, 2 m高度不同林龄新疆杨对风速的降低作用差别不大。0.5 m高度,林内防风效能:15年生>22年生>6年生,背风面防风效能:22年生>15年生>6年生。由于6年生新疆杨尚处于幼龄阶段,树木还未长成,分枝较少,冠幅也较小,纵断面上孔隙较大,所以导致到达迎风面林缘的气流,一小部分被抬升,大部分进入了林带内,所以林内风速较15年生, 22年生防护林的大。此外,由于6年生新疆杨林下草本植物极少,地面粗糙度较小,因而,在0.5 m高度处,其对风速的降低作用明显不及15年生和22年生。

通过式(1)计算得到6年生, 15年生, 22年生新疆杨人工防护林的地表粗糙度分别为0.11, 1.94, 2.46, 即22年生>15年生>6年生。其中15年生和22年生相差不大,但均明显大于6年生。故15年生和22年生的新疆杨人工防护林的防风效果相近,但均比6年生的好。这主要是由于在裸露沙地上栽种人工植被后在很大程度上改变了地表的土壤结构,为一些草本植被的生存提供了条件,从而增大了地表粗糙度,有效地防止了风沙。

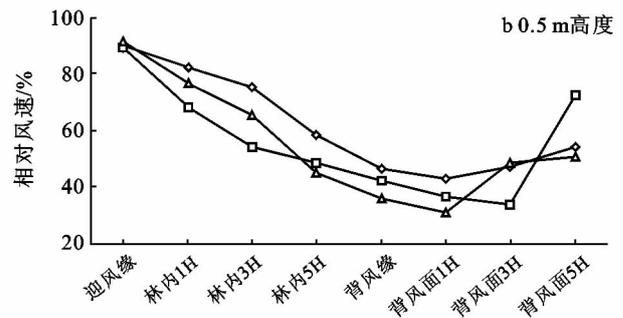
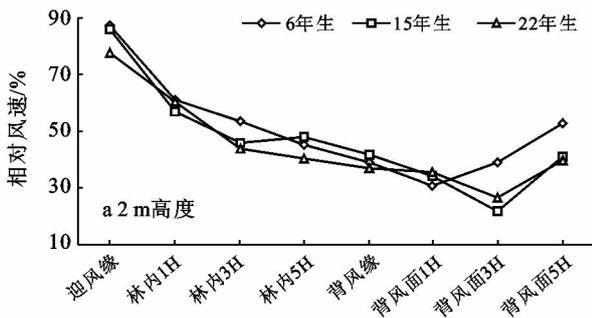


图1 不同林龄新疆杨防护林对风速的影响

### 3.2 新疆杨防护林的改土效应

3.2.1 对土壤容重的影响 土壤容重是土壤的基本物理性质,对土壤的透气性、入渗性能、持水能力、溶质迁移能力以及土壤的抗侵蚀能力都有很大的影响。自然条件下土壤容重受成土母质、成土过程、气候、生物作用及耕作的影响,是高度变异的土壤性质指标<sup>[13]</sup>。对柯柯牙新疆杨防护林地0—10, 10—30和30—50 cm的剖面进行了土壤容重的测定,分析得出,6年生、15年生、22年生新疆杨人工林内各层土壤容重均较对照地低(图2),分别较对照地降低了0.128, 0.214和0.244  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。另外,不同林龄新疆杨林内整体呈现出表层土壤(0—10 cm)容重大于下

层土壤,0—10 cm土层土壤容重平均大于10—30, 30—50 cm土层0.014和0.009  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。主要原因是防护林带内由于植物根系的扰动和灌溉等措施,改变了土壤结构,使得土壤孔隙度增大,土壤中空气量增多,固体与气体的比值减少,故使得土壤容重减少<sup>[14]</sup>。另外,该地区以前几乎无植被覆盖,土壤沙化比较严重,表层土壤砂粒含量明显高于下层土壤,因而导致表层土壤容重大于以下各层土壤容重。在0.01水平上对林龄和土层对土壤容重的影响进行方差分析,结果表明,不同林龄之间对土壤容重的影响达到显著水平( $F$ 值为103.09  $> F\text{-crit} = 18, P = 3.62 \times 10^{-3} < 0.01$ )。

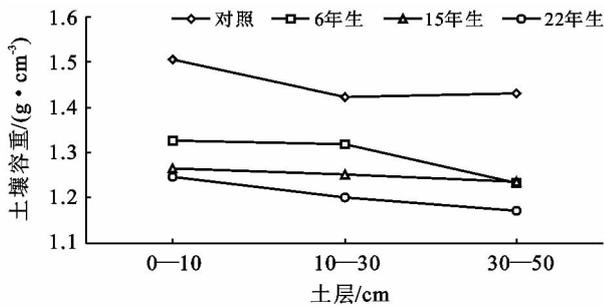


图 2 不同林龄新疆杨防护林土壤容重变化

3.2.2 对土壤 pH 值及养分的影响 土壤 pH 值是土壤形成过程和熟化培肥过程的重要指标<sup>[15]</sup>。它

对土壤中养分存在形式和有效性,对土壤的理化性质以及作物生长都能产生直接影响,可以作为盐碱土改良利用的重要依据<sup>[16]</sup>。由表 2 可以看出,3 种不同林龄的新疆杨人工林土壤 pH 值都呈碱性。其中 22 年生和 15 年生新疆杨对土壤 pH 值的改良作用较为明显,与对照地相比分别降低了 0.37 和 0.39。不同林带下生长的不同草本植物凋落物的降解产生的有机酸可以改变土壤的 pH 值,同时,人为抚育措施在一定程度上可以增加土壤的通气性,提高土壤氧化还原电位,从而改变土壤 pH 值。合适的 pH 值环境更有利于植被对土壤养分的吸收和利用。

表 2 柯柯牙防护林不同林龄新疆杨防护林土壤养分及 pH 值变化

林龄	土层/cm	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	pH 值
6 年生	0—10	121.33	0.76	0.56	7.90	2.65	855.02	7.75
	10—30	105.46	0.62	0.53	12.45	3.12	706.15	7.67
	30—50	99.35	0.49	0.52	6.87	2.88	658.20	7.42
	均值	108.71	0.62	0.54	9.07	2.88	739.79	7.61
15 年生	0—10	134.72	0.72	0.62	11.38	2.44	455.62	7.56
	10—30	117.44	0.57	0.57	12.55	3.96	1 099.25	7.35
	30—50	104.85	0.82	0.48	9.12	1.50	896.71	6.89
	均值	119.01	0.71	0.56	11.02	2.63	817.19	7.27
22 年生	0—10	150.83	1.01	0.52	8.25	3.92	411.28	7.78
	10—30	121.49	0.63	0.46	9.40	3.85	762.32	6.83
	30—50	109.23	0.70	0.42	5.91	2.43	431.25	7.15
	均值	127.18	0.72	0.47	7.85	3.40	534.95	7.25
对照地	0—10	69.22	0.27	0.55	2.26	1.20	122.11	7.31
	10—30	30.01	0.31	0.43	3.45	1.08	156.28	8.12
	30—50	19.25	0.22	0.30	1.28	1.01	110.56	7.48
	均值	39.49	0.27	0.43	2.33	1.10	129.65	7.64

土壤有机质是土壤中各种营养元素特别是氮、磷的重要来源。土壤有机质含量是土壤肥力高低的重要指标<sup>[17]</sup>。由表 2 可知,各样地土壤中有有机质含量均大于裸露沙地,含量大小依次为:22 年生>15 年生>6 年生。

随着土层的加深,有机质含量逐渐减少。其中 22 年生新疆杨防护林平均有机质含量较裸露沙地高出 87.69 g/kg,是裸露沙地的 3 倍多。这是由于新疆杨防护林有效地防治了风对地表土壤的侵蚀,并随着林龄的不断增大,每年大量枯枝落叶进入土壤,在水热条件及微生物的作用下形成养分,在一定程度上增大了土壤有机质的含量。土壤中氮、磷的主要来源是有机质,因此也大大增加了氮、磷养分的含量。裸露沙地由于没有栽种植被,当大风来时,会带走大量表层土壤,从而导致有机质含量极低。

土壤速效养分是土壤供给植物的当前肥力<sup>[18]</sup>,是评价土壤肥力的重要指标。由表 2 可以看出,各速效养分在新疆杨林带内的含量均大于裸露沙地。15 年生新疆杨防护林内碱解氮、速效钾的含量均达到最大,分别为 11.02 和 817.19 mg/kg,是对照地土壤的 4.7 和 6.3 倍,22 年生次之。碱解氮、速效钾含量随着新疆杨林龄的增大表现出先增大后减少的趋势,有效磷含量则表现出先减少后增大的趋势,这与新疆杨在不同生长阶段对土壤养分的选择性吸收有关。

表 3 列出了土壤养分与其他因素之间的 Pearson 相关系数。由表 3 可知,全氮、全磷、碱解氮、有效磷均与土壤有机质含量呈现极显著正相关( $p < 0.01$ ),即土壤中氮、磷的含量随着土壤有机质含量的增加而增加。土壤容重与土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾都呈现极显著负相关( $p < 0.01$ ),即土壤容重随着

土壤有机质、碱解氮等养分含量的增加而减少,有机质含量增加,土壤容重即小,愈有利于提高土壤的稳定性,反过来,土壤容重越小,土质越细密,更有利于土壤养分的吸收和储存<sup>[19]</sup>。

表3 土壤养分与其他因素之间的 Pearson 相关系数

因素	有机质	全氮	全磷	碱解氮	有效磷	速效钾	pH 值	容重
有机质	1	0.715**	0.672**	0.798**	0.771**	0.615*	0.293	-0.785**
全氮		1	0.175	0.389	0.298	0.359	-0.007	-0.611*
全磷			1	0.681**	0.671**	0.524*	0.066	-0.223
碱解氮				1	0.816**	0.238	-0.209	-0.679**
有效磷					1	0.794**	-0.307	-0.657**
速效钾						1	-0.380	-0.654**
pH 值							1	-0.500*
容重								1

注:\*代表  $p < 0.05$ ; \*\*代表  $p < 0.01$ 。

## 4 结论

(1) 柯柯牙不同林龄新疆杨人工防护林均具有良好的防风作用,背风面防风效能 在 0.5 m 高度表现为 22 年生 > 15 年生 > 6 年生,在 2 m 高度表现为 15 年生 > 22 年生 > 6 年生。6 年生、15 年生、22 年生防护林的地表粗糙度分别为 0.11, 1.94, 2.46, 即综合防风效能 15 年生和 22 年生的相近,均大于 6 年生。

(2) 通过对柯柯牙人工防护林 0—10, 10—30 和 30—50 cm 的剖面进行土壤容重的测定,分析得出,6 年生、15 年生、22 年生新疆杨人工林内各层土壤容重均低于对照地。且整体呈现出表层土壤容重大于下层土壤。通过方差分析得出,不同林龄防护林对土壤容重的影响达到显著水平 ( $p < 0.01$ )。

(3) 与对照地相比,林带内各层土壤养分均明显增加,相关分析表明,全氮、全磷、碱解氮、有效磷含量均与土壤有机质呈现极显著正相关 ( $p < 0.01$ ),土壤容重与土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾等都呈现极显著负相关 ( $p < 0.01$ )。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 阿克苏市志编委会. 阿克苏市志[M]. 北京: 新华出版社, 1991.
- [2] 阿克苏柯柯牙绿化工程志编委会. 柯柯牙绿化工程志[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2006.
- [3] 刘嫫心. 包兰铁路沙坡头地段铁路防沙体系的建立及其效益[J]. 中国沙漠, 1987, 7(4): 1-11.
- [4] Brown K W, Rosenberg N J. Shelter effects on microclimate, growth and water use by irrigated sugar beets in the Great Plains [J]. Agricultural Meteorology, 1972, 9: 241-263.
- [5] 何兴东, 赵爱国, 段争虎, 等. 塔里木沙漠公路灌木固沙带的防护效应[J]. 生态学杂志, 2002, 21(4): 26-30.
- [6] 蒋德明, 曹成有, 押田敏雄, 等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿人工林防风固沙及改良土壤效应研究[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5): 653-658.
- [7] 李瑞峰, 张华, 赵丽娅, 等. 科尔沁沙地人工杨树林生态防风效应研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 62-66.
- [8] 闫德仁, 刘永军, 冯立岭, 等. 农林复合经营土壤养分的变化[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(1): 53-56.
- [9] 马世威, 马玉明, 姚洪林, 等. 沙漠学[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998: 20-36.
- [10] 许林书, 许嘉巍. 沙障成林的固沙工程及生态效益研究[J]. 中国沙漠, 1996, 16(4): 392-396.
- [11] 朱朝云, 丁国栋, 杨明远. 风沙物理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [12] 丁国栋. 地表粗糙度确定方法的研究[J]. 内蒙古林业, 1994(6): 27.
- [13] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 66-97.
- [14] 何金军, 魏江生, 左合君, 等. 集宁一二连浩特铁路干线防护林土壤的理化特性[J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 151-156.
- [15] 林大仪. 土壤学实验指导[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [16] 马利强, 郝玉光, 张秋良, 等. 不同配置农田防护林对土壤肥力的影响[J]. 林业资源管理, 2009, 12(6): 91-95.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2008: 99-114.
- [18] 孟祥楠, 赵雨森. 农林复合经营对化学性质的影响[J]. 防护林科技, 2006, 7(4): 38-40.
- [19] 朱志梅, 杨持, 曹明明, 等. 多伦草原土壤理化性质在沙漠化过程中的变化[J]. 水土保持通报, 2007, 27(1): 1-5.