

不同年龄阶段四翅滨藜防护效应研究

沈留记¹, 赵亚冲², 彭佳乐², 杨彦², 王之妍², 周正立^{1*}

(1 塔里木大学园艺与林学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2 塔里木大学生命科学与技术学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要: 本研究以新疆阿拉尔市 11 团风沙前沿种植的四翅滨藜 2 年生地 (2a)、4 年生地 (4a) 及混交林地为研究对象, 调查了林内防风效能、土壤含水量、容重、有机质、N、P、K 以及空气温湿度等指标。结果表明: (1) 2 年生地、4 年生地及混交林地的整体防风效能分别为 48.8%、43.7%、47.8%。(2) 种植四翅滨藜能有效提高土壤含水量, 改善深层土壤容重。改良效果以 2 年生, 其含水量可达 16.74%, 并且 40-100 cm 范围内的各土层容重较裸地分别降低了 5.03%、8.75%和 7.05%。(3) 四翅滨藜可以提高土壤有机质、速效磷、速效钾含量, 降低土壤碱解氮含量。(4) 种植四翅滨藜可有效降低空气温度、增加空气相对湿度。2 年生地、4 年生地及混交林地的气温较裸地下降 2.64%、1.64%、1.42%, 空气相对湿度较裸地增加 16.70%、6.99%、8.98%。种植四翅滨藜能有效抵御风沙, 减小对土壤的侵蚀, 改善土壤理化性质,

关键词: 四翅滨藜; 防风效能; 土壤改良; 小气候效应

四翅滨藜 (*Atriplex canescens*) 为藜科 (*Chenopodiaceae*) 滨藜属 (*Atriplex* L) 多年生半常绿灌木, 具有速生、耐干旱、耐贫瘠、抗盐碱等优良特性, 已成为防风固沙、改良牧场以及改良盐碱地的优良饲料灌木, 在中国的青海、宁夏、内蒙和甘肃地区进行了引种栽培, 获得了良好种植效果^[1]。目前国内关于四翅滨藜的研究主要集中于引种、育苗、盐胁迫、水分胁迫和改良土壤等方面^[2-4]。四翅滨藜栽植过程中展现出较强的耐盐能力^[5]和较强的抗旱性^[6-7]。随种植年限的增加, 土壤的总盐量、pH 值均有所降低, 有机质、速效氮、速效磷、速效钾与土壤酶活性均有明显增长^[8]。

目前关于四翅滨藜防护效应的研究多集中于戈壁荒漠、废弃矿场等地, 而在风沙区前沿研究尚少。鉴于此, 本文以南疆风沙前沿引种栽植的四翅滨藜为研究对象, 研究其防风效能、涵养水源效应、土壤改良效应以及对空气温湿度的影响, 以探讨四翅滨藜在抵御风沙、遏制沙化、维持区域生态平衡、保护生物多样性方面的重要防护效应, 为四翅滨藜的推广栽培提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于新疆阿拉尔市 11 团 (80°30'-81°58'E, 40°22'-40°57'N)。地处塔里木盆地北缘, 平均海拔 1100 m, 属暖温带极端大陆性干旱荒漠气候, 降雨量为 40.1-82.5 mm, 蒸发量 1876.6-2558.9 mm。风沙危害较为严重, 阿拉尔市历史天气统计数据表明, 2011-01-01 到 2020-12-01 出现沙尘天气 107 d, 年平均持续天数约 11 d。天然植被资源较为匮乏, 主要以灌木和草本植物为主。

1.2 研究方法

1.2.1 标准地设置。 在对四翅滨藜种植区进行踏查的基础上, 分别在 2 年生、4 年生、4 年生与巨菌草混交地中各选取 1 块样地 (50 m×50 m), 并以 2 公里外的平坦沙地作为对照 (CK), 用于对比各样地

的防护效益。各样地基本概况见表 1。

表 1 各样地四翅滨藜基本情况

样地	平均株高/m	平均冠幅/m	平均地径 /mm	盖度/%	密度 株 /hm ²
2 年生地	0.94	0.92×0.85	21.40	0.53	1886
4 年生地	0.89	1.20×1.11	27.30	0.47	1450
混交地	1.01	1.16×1.18	29.31	0.46	971

1.2.2 防风效能测定。沿南北方向，在各样地设置一条 50 m 长的样线，沿样线从样地南侧边缘开始每隔 10 m 设置 1 个观测点，每块样地均设置 6 个观测点，且观测点在距植株 0.5 m 处。先择大风天气，使用经过校正的 LM-8000 型风速仪在各观测点测定不同垂直高度（0.2 m、0.5 m、1.0 m、1.5 m）上的瞬时风速，并以空旷处平坦沙地作为对照（CK）。每测点重复测定 10 次^[10-11]。按照以下公式计算防风效能。

$$E = \frac{V - V_1}{V} \times 100\%$$

式中：E 一植被附近 0.5m、不同垂直高度处的防风效能；

V 一不同垂直高度处对照点的平均风速；

V₁ 一为距植被 0.5 m、不同垂直高度处的平均风速^[12]。

1.2.3 土壤改良效应。将每块样地等分为 3 部分，在每部分内选取地势平坦、植株分布均匀的 1 个地点作为取样点，共计 3 个取样点。在各取样点挖取土壤剖面，并在对照沙地挖掘 1 个土壤剖面。使用环刀法测定 0-20 cm、20-40 cm、40-60 cm、60-80 cm、80-100 cm 五个土壤层次的物理指标^[13]。测定的指标有土壤含水量和土壤容重。同时取各层次的土样带回实验室，测定其有机质（重铬酸钾法）、N（凯氏定氮法）、P（钼锑抗比色法）、K（火焰光度计法）的含量^[13]。

1.2.4 小气候观测。分别在 10:00、14:00 和 20:00 三个时间段进行观测，在各样地内选取南北走向的一列植株，并在该列植株左右两边 10 m 处各选一系列植株，随后沿 3 列植株走向，在距样地边缘相同距离（15 m、30 m、45 m）处确定观测点，同时在 CK 随机选取一观测点。在各观测点上使用经统一校正的空气温湿度记录仪（TPJ-20）观测不同垂直高度（0.2 m、0.5 m、1.0 m、1.5 m）上的空气温湿度。样地内各观测点与 CK 同时进行测定^[14]，每个高度连续读取 5 个数值，取其平均值作为观测点空气温湿度。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限四翅滨藜的防风效能

防风效能是体现防风效应的重要指标，以对照点风速与观测点风速的差值占对照点风速的百分比表示。由表 2 可知，2 年生、4 年生及混交林地的整体防风效能分别为 48.8%、43.7%、47.8%，2 年生地各样点的

风速均低于其它样地，故 2 年生地的防风效能最高。

从不同高度上来看，各样地的防风效能随高度增加总体上呈逐渐降低的趋势，并且在 0.2 m 和 0.5 m 处的防风效能远高于 1.0 m 以上高度的防风效能。这可能是因为各样地四翅滨藜平均株高在 0.95-1.01 m，盖度在 0.46-0.53，垂直高度 1 m 以上相对空旷，风速减弱程度小；垂直高度 1 m 以下相对繁密，风速减弱程度大。从距林缘不同距离上看，在垂直高度 0.2 m、0.5 m 处，各样地的防风效能随距林缘距离增加总体上呈现“先降后升”趋势，在距林缘 30 m 和 40 m 处防风效能最高。4 年生地在垂直高度 0.5 m 处防风效能相较其他两地较差，在 0 m 处防风效能最低，仅为 8.5%，随后防风效能在 40 m 处达到最高。

表 2 不同种植年限四翅滨藜地防风效能

样地类型	高度/m	距林缘不同距离处的防风效能（%）						
		0 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	均值
2 年生地	0.2	92.6	79.4	93.5	98.3	93.8	90.8	91.4
	0.5	64.8	46.0	53.0	75.8	100.0	62.7	67.1
	1.0	6.6	5.1	—	17.7	9.5	10.1	9.8
	1.5	18.2	—	54.4	16.3	1.0	44.4	26.9
	均值	45.6	43.5	67.0	52.0	51.1	52.0	48.8
4 年生地	0.2	73.6	70.1	64.9	78.3	73.6	98.0	76.4
	0.5	8.5	38.2	58.9	67.9	71.4	51.4	49.4
	1.0	—	33.9	—	20.6	4.1	36.4	23.8
	1.5	8.7	16.0	—	12.4	11.9	76.3	25.1
	均值	30.3	39.6	61.9	44.8	40.3	65.5	43.7
混交地	0.2	85.2	54.8	72.3	73.4	100.0	39.3	70.8
	0.5	88.7	29.1	69.6	56.4	100.0	54.4	66.4
	1.0	70.2	13.0	19.0	41.2	52.0	—	39.1
	1.5	24.6	—	9.9	1.6	31.9	3.6	14.3
	均值	67.2	32.3	42.6	43.2	71.0	32.4	47.8

注：表中“—”表示该点防风效能为负值。

2.2 不同种植年限四翅滨藜的土壤改良效应

2.2.1 土壤含水量与土壤容重。由图 2-1 可知，随土壤层次加深，4 年生与混交林地的土壤含水量表现为逐渐升高的趋势，而裸地、2 年生地的土壤含水量表现为“先升后降”趋势。在 0~20 cm 土层，以 4 年生四翅滨藜地的土壤含水量最高；而在 20-100 cm 土层则以 2 年生最高。将各土层的土壤含水量进行平均，裸地、2 年生、4 年生及混交林地土壤含水量分别为 3.81%、16.74%、13.75%、13.69%。因此，种植四

翅滨藜可以增加土壤中的水分含量,并以2年生地的土壤含水量最高。这可能与2年生四翅滨藜盖度大,遮阴效果好,能够减少土壤水分蒸发有关。方差分析表明,四翅滨藜2年生地在20-100 cm土层上与裸地差异显著,4年生地在60-80 cm土层上与裸地差异显著,混交林地在60-100 cm土层上与裸地差异显著($p < 0.05$)。

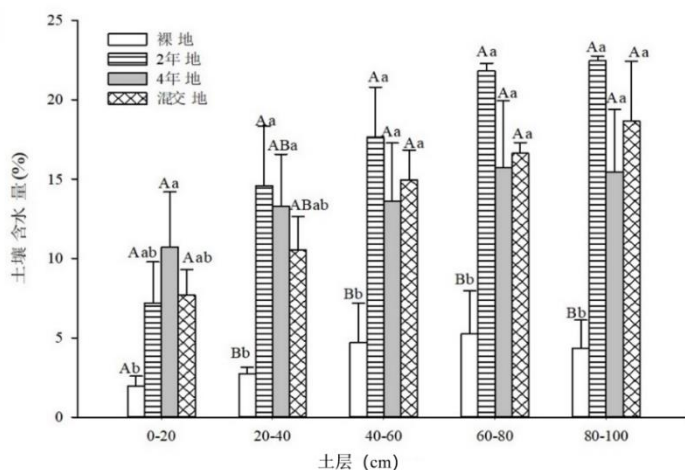


图 2-1 不同种植年限四翅滨藜地土壤含水量

注: 不同小写字母表示 0.05%显著性水平, 大写字母表示 0.01%显著水平。

由图 2 可知,深层土壤(40-100 cm)中,种植四翅滨藜地的土壤容重较裸地相比均有所下降,表明四翅滨藜种植对深层土壤容重的改良作用明显。在 40-60 cm、60-80 cm、80-100 cm 土层,2 年生、4 年生、混交林地土壤容重分别较裸地下降 5.03%、1.89%、5.03%; 8.75%、5.63%、6.25%和 7.05%、2.56%、5.77%。方差分析表明,各样四翅滨藜地的土壤容重与裸地无显著差异。

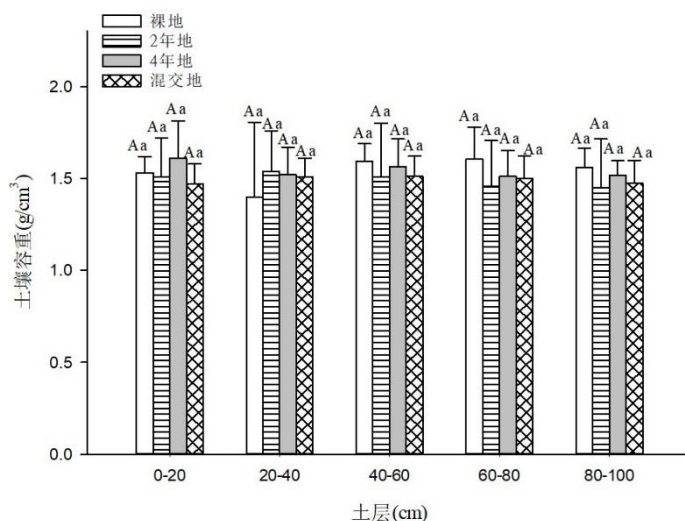


图 2-2 不同种植年限四翅滨藜地土壤容重

注: 不同小写字母表示 0.05%显著性水平, 大写字母表示 0.01%显著水平。

2.3.2 对土壤养分的影响。由表 2-3 可知,2 年生、4 年生及混交林地各层次土壤有机质含量分别较裸地提高了-9.26%、117.98%、130.92%。这表明种植四翅滨藜 4 年后能够明显提高土壤有机质含量,尤其

是混交林地在 0-20 cm 表层土最为明显。方差分析表明, 四翅滨藜 4 年生地在 20-40 cm、60-100 cm 土层上与裸地差异显著, 混交林地在 0-40 cm 土层与裸地差异显著, 2 年生地在 0-20 cm 土层上与裸地差异显著。

通过计算不同样地各土层的土壤速效磷含量的平均值, 得知裸地、2 年生、4 年生及混交林地土壤速效磷含量分别为 2.09 mg/kg、4.17 mg/kg、3.22 mg/kg、2.49 mg/kg。种植四翅滨藜可以增加土壤中的速效磷含量。与裸地相比, 四翅滨藜 2 年生地、4 年生地及混交林地的速效磷含量分别提高 99.72%、54.28%、19.25%。方差分析表明, 各四翅滨藜地的土壤速效磷含量与裸地无显著差异 ($p < 0.05$)。

将各层次土壤速效钾含量进行平均, 裸地、2 年生、4 年生及混交林地土壤速效钾含量分别为 299.36 mg/kg、334.19 mg/kg、355.04 mg/kg、246.84 mg/kg。与裸地相比, 2 年生地、4 年生地中土壤速效钾含量有所提升, 分别提高 11.63%、18.60%。方差分析表明, 四翅滨藜 2 年生地在 0-20 cm、40-100 cm 土层上与裸地差异显著, 4 年生地在 0-40 cm、60-100 cm 土层上与裸地差异显著, 混交林地在 20-80 cm 土层上与裸地差异显著。

四翅滨藜 2 年生地、4 年生地及混交林地各层次土壤碱解氮含量的均值分别为 39.01 mg/kg、33.05 mg/kg、27.92 mg/kg, 各样地土壤碱解氮含量较裸地均有所下降, 分别下降 13.38%、26.60%、38.00%。种植四翅滨藜年限越长土壤碱解氮含量下降越多, 这可能与四翅滨藜生长过程中吸收土壤中碱解氮等养分有关, 并随着种植年限的增加, 四翅滨藜对氮的吸收利用越多所致。方差分析表明, 各四翅滨藜地的土壤碱解氮含量与裸地无显著差异。

表 3 不同种植年限四翅滨藜地土壤养分含量

项目	样地	土壤层次/ cm					均值
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	
有机质%	裸地	0.36±0.13Bb	0.23±0.03Bb	0.15±0.01Aa	0.12±0.00Bb	0.17±0.00BCb	0.20
	2 年生地	0.08±0.00Cc	0.15±0.11Bb	0.28±0.02Aa	0.21±0.00Bb	0.21±0.01ABa	0.19
	4 年生地	0.37±0.00Bb	0.66±0.14Aa	0.53±0.08Aa	0.44±0.12Aa	0.23±0.012Aa	0.44
	混交地	0.94±0.03Aa	0.54±0.07Aa	0.58±0.53Aa	0.16±0.00Bb	0.14±0.03Cb	0.47
速效磷 mg/kg	裸地	1.52±0.79Aa	1.44±0.15Aa	1.38±0.45Aa	4.49±4.96Aa	1.62±0.85Aa	2.09
	2 年生地	2.91±1.67Aa	8.12±9.82Aa	3.14±1.45Aa	4.68±4.63Aa	1.99±0.23Aa	4.17
	4 年生地	2.02±0.25Aa	1.60±0.21Aa	5.34±5.70Aa	4.75±4.84Aa	2.40±0.31Aa	3.22
	混交地	1.27±0.34Aa	4.60±6.18Aa	1.81±0.08Aa	3.29±3.65Aa	1.47±0.19Aa	2.49
速效钾 mg/kg	裸地	319.84±0.10Aa	272.33±7.49Aa	279.91±0.06Bb	307.39±2.52Cc	317.36±12.51Bb	299.36
	2 年生地	204.84±5.00Cc	281.62±5.79Aa	324.86±9.96Aa	384.89±0.06Bb	474.74±0.00Aa	334.19
	4 年生地	250.74±15.86Bb	209.90±24.99Bb	309.88±25.04ABa	539.78±9.82Aa	464.93±24.94Aa	355.04

碱解氮 mg/kg	混交地	309.82±5.01Aa	214.91±0.01Bb	199.90±0.06Cc	224.78±24.91Dd	284.82±9.95Bc	246.84
	裸地	31.50±26.42Aa	47.83±28.29Aa	45.50±39.75Aa	54.83±33.08Aa	45.50±33.758Aa	45.03
	2 年生地	45.50±38.50Aa	29.17±22.77Aa	48.61±32.72Aa	28.58±14.25Aa	43.17±31.56Aa	39.01
	4 年生地	53.28±41.09Aa	44.33±42.77Aa	29.17±10.69Aa	24.49±12.82Aa	14.00±7.00Aa	33.05
	混交地	28.00±3.50Aa	35.58±27.13Aa	20.61±27.64Aa	26.25±18.27Aa	29.17±23.30Aa	27.92

注：同一列数据后小写字母表示 0.05%显著性水平，大写字母表示 0.01%显著水平（下表同）

2.4 不同种植年限四翅滨藜对小气候的影响

由表 4 可知，种植四翅滨藜可有效降低各观测高度上的空气温度，提高空气相对湿度。2 年生、4 年生及混交林地各观测高度上的气温、湿度与裸地相比较，气温降幅达 0-1.15℃，湿度增幅达 1.05-4.27%，并以 2 年生地的效果最好。对各样地 0.2 m、0.5 m、1.0 m 和 1.5 m 高度上的气温和空气相对湿度分别取平均，表明 2 年生、4 年生及混交林地的空气温度比裸地分别下降了 2.64%、1.64%、1.42%，空气相对湿度比裸地分别提高 16.70%、6.99%、8.98%。2 年生地对空气温度的降幅、对空气相对湿度湿度的增幅均最大，可能是因为 2 年生地植株多可有效吸收太阳辐射降低空气温度，同时植株通过蒸腾作用向空气中输送水蒸汽增加空气相对湿度。各四翅滨藜地温湿度与裸地相比，无显著差异。

表 4 不同种植年限四翅滨藜地空气温湿度

项目	样地类型	不同高度/m				
		0.2	0.5	1.0	1.5	均值
温度/℃	裸地	31.03±5.22Aa	30.97±5.22Aa	31.12±5.06Aa	31.13±5.00Aa	31.06
	2 年生地	30.33±6.10Aa	30.35±6.29Aa	30.28±6.25Aa	29.98±6.02Aa	30.24
	4 年生地	30.61±5.23Aa	30.49±5.61Aa	30.59±5.50Aa	30.52±5.64Aa	30.55
	混交地	30.32±5.42Aa	30.28±5.48Aa	30.76±4.92Aa	31.13±4.53Aa	30.62
湿度/%	裸地	22.55±6.48Aa	22.20±6.67Aa	21.92±6.64Aa	21.96±6.43Aa	22.16
	2 年生地	26.82±9.84Aa	26.01±9.11Aa	25.52±9.02Aa	25.08±8.91Aa	25.86
	4 年生地	23.60±8.01Aa	23.70±8.24Aa	23.70±8.25Aa	23.84±8.15Aa	23.71
	混交地	24.89±8.56Aa	24.60±8.60Aa	23.83±7.92Aa	23.29±6.56Aa	24.15

3 讨论

在干旱、半干旱区，风是地表侵蚀最主要的外营力，而植被能够保护地表免受风力侵蚀并对风力起到阻碍和扰动作用^[15]，主要依靠其对风速的消减而达到防风效果。本研究中，随防护高度的增加，各样地整体防风效能均呈下降趋势，这与一些学者对坝上地区^[16]、西北防护林^[17]等得出的垂直方向防风效能的规律一致，但与乌兰布和沙漠人工梭梭林^[18]防风效能随林龄的增加而增加不一致，这种差异可能与植被生长状况有关，本研究中 2 年生样地植被盖度与密度最高，植被对空气流动的阻碍效果最高，因此具有更好的防

风效果。

土壤作为生态系统中物质循环与能量流动的载体,是植物生长发育的物质基础,其理化性质与植物生长具有一定的联系^[19-21]。本研究结果显示,经种植四翅滨藜的土壤含水量显著高于裸地,并且土壤容重较裸地均有所下降,可见四翅滨藜造林对土壤含水量和土壤容重均有改善作用。与裸地相比,种植四翅滨藜各样地土壤速效磷含量均高于裸地,速效钾含量仅 2、4 年生有所提升,有机质在 4 年生及混交地有明显改良效果,碱解氮含量则均有所下降较裸地,这与雷钧杰等^[22]研究四翅滨藜能够降低土壤盐分、提高各养分含量的结果相似但又有所不同。本研究中随四翅滨藜种植年限的增加,土壤速效氮含量呈下降趋势,这可能与种植区土壤为沙漠土,且林内无任何施肥措施,同时沙土保肥能力相对较差有关。

在林带的作用下,由于林内风速、光照强度降低的影响,蒸腾作用以及土壤蒸发的水分受到植株冠层的影响,在冠层分布的范围内停留的时间更长,从而引起小范围内空气温度的降低和湿度的增加。本研究中,种植四翅滨藜的各样地,均能在不同程度上降低林内的空气温度,增加空气相对湿度,这与一些学者对植被覆盖^[23]、荒地造林^[24]等均能使林内降温增湿的结果一致。并且种植四翅滨藜后小气候的变化表明了生态条件可能更有利于植被的生长。本研究 2 年生样地降温增湿效果最好,可能在于 2 年生植被盖度最高、受阻最为明显、水分在植被冠层滞留时间更长所致。

4 结论

种植四翅滨藜后在抵御风沙、遏制沙化、维持区域生态平衡、改良土壤方面发挥着重要作用。四翅滨藜 2 年生地、4 年生地及混交林地的整体防风效能分别为 48.8%、43.7%、47.8%,土壤含水量、土壤有机质、速效磷和速效钾含量在种植四翅滨藜后较裸地均有所提高,但深层土壤容重和壤碱解氮含量则相反。种植四翅滨藜可有效降低空气温度和升高空气相对湿度。

参考文献:

- [1]孔东升.四翅滨藜在国内的引种表现及应用研究综述[J].西北林学院学报,2009,24(4):125-129.
- [2]张晓鹏,张博勇,齐统祥,等.不同处理对四翅滨藜嫩枝扦插育苗的影响[J].西北林学院学报,2016,31(5):127-131.
- [3]苗银,滕玉凤,董慧玲.四翅滨藜播种育苗试验研究[J].中国园艺文摘,2012,28(10):15-16.
- [4]殷万利.四翅滨藜微型塑料棚嫩枝扦插育苗技术研究[J].现代农业科技,2012,(7):199-204.
- [5]张震中,张潭,李倩,等.四翅滨藜生理生化特征对盐胁迫的响应[J].西北植物学报,2017,37(12):2435-2443.
- [6]袁颖,周晓雷.水分胁迫下四翅滨藜和绵毛优若藜保护酶活性变化[J].草业科学,2008,25(6):39-44.
- [7]王青宁,衣学慧,王晗生,等.干旱胁迫对四翅滨藜幼苗根系生长的影响[J].陕西农业科学,2016,62(10):27-30.
- [8]雷钧杰,朱新萍,李志强,等.定植不同年限四翅滨藜对土壤质量的影响[J].天津农业科学,2010,16(4):68-72.
- [9]王玉涛,刘平,魏忠平,等.辽河三角洲盐碱地不同造林模式的防护效应研究[J].沈阳农业大学学报,2014-04,45(2):158-163.
- [10]李霞,程皓,尹业彪.塔里木河下游经济林、防护林防护效益观测分析[J].新疆农业科学,2008,45(6):1167-1171
- [11]叶功富,郑锴,徐俊森.沿海木麻黄防护林不同配置模式的防护效应[J].海峡科学,2008,(10):93-95
- [12]桑巴叶,陈启民.基于流场分析的不同规格防护林防风效能研究[J].防护林科技,2022(05):12-15+22.

- [13]夏志光.不同配置锦鸡儿防风固沙林土壤物理性质研究[J].防护林科技,2016,(9):1-3
- [14]曹华军,高起,邢存旺.黄羊滩人工防风固沙林生态效益研究[J].河北林业科技,2016,(1):5-11
- [15]闫敏,左合君,杨阳,等.不同带间距柠条锦鸡儿防护林防风效应与带间植被组成[J].水土保持研究,2018,25(4):139-145.
- [16]牛庆花,彭博,陆贵巧,等.河北省坝上地区牧场防护林的防风效能研究[J].水土保持通报,2018,38(04):114-117+124.
- [17]杜鹤强,韩致文,颜长珍,等.西北防护林防风效应研究[J].水土保持通报,2010,30(1):117-120.
- [18]李鹏,高永,赵青,等.乌兰布和沙漠东北缘人工梭梭林防风效能分析[J].水土保持通报,2017,37(5):34-39.
- [19]潘军,宋乃平,吴旭东,等.荒漠草原不同种植年限人工柠条林土壤碳氮磷化学计量特征[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2015,41(2):160-168.
- [20]张晋爱,张兴昌,邱丽萍,等.黄土丘陵区不同年限柠条林地土壤质量变化[J].农业环境科学学报,2007(S1):136-140.
- [21]刘军,党晓宏.露天煤矿排土场边坡不同年限沙棘对林下土壤肥力质量的影响[J].浙江林业科技,2017,37(6):9-14.
- [22]雷钧杰,朱新萍,李志强,等.定植不同年限四翅滨藜对土壤质量的影响[J].天津农业科学,2010,16(4):68-72.
- [23]陈鹏娟.干旱半干旱地区植被恢复类型对林地小气候的影响研究[J].中国水土保持,2021(05):45-47+9.
- [24]吕婷婷,贾黎明.北京平原沙荒地不同造林模式的小气候变化分析[J].山西林业科技,2021,50(2):31-33.