

马梦茹,王占林,贺康宁,等.不同土壤含水量与光照对山杏和四翅滨藜光合作用的影响[J].江苏农业科学,2017,45(22):126-129.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.033

不同土壤含水量与光照对山杏和四翅滨藜光合作用的影响

马梦茹¹,王占林¹,贺康宁²,樊光辉¹,张得芳¹,白灵娜¹

(1. 青海大学/青海省农林科学院/青海高原林木遗传育种实验室,青海西宁 810016; 2. 北京林业大学,北京 100083)

摘要:选择盆栽山杏和四翅滨藜幼苗为对象,利用 Licor-6400-02B 红蓝光源模拟光合有效辐射,采用 Li-6400 便携式光合测定仪测定其净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)及相应的水分利用效率,以探讨不同土壤含水量和光照条件对山杏和四翅滨藜光合作用的影响。结果表明,土壤含水量为 15%~20%、光合有效辐射强度为 1 500~1 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,山杏和四翅滨藜的净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率均达到最大值,光合作用相对最强;2 种植物的光饱和点在 1 880 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右,适宜种植在干旱、光照辐射强的地区;水分和光照相同的情况下,山杏的水分利用效率高于四翅滨藜,山杏的生长能力强于四翅滨藜。

关键词:土壤含水量;光合有效辐射;净光合速率;蒸腾速率;水分利用效率;山杏;四翅滨藜

中图分类号: S718.45 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)22-0126-03

青海省干旱、半干旱地区占全省土地总面积的 43%,地形复杂,高山、丘陵、河谷、盆地交错,气候干旱、降水量少、风沙大,水土流失严重^[1]。干旱给青海省造林活动带来很大的局限性,造林时须考虑林木的成活率,而树种的选择尤为重要。土壤含水量对植物光合和蒸腾作用的影响十分明显,土壤含水量不足或过高都会影响植物的光合和蒸腾作用^[2]。

山杏(*Prunus armeniaca*)和四翅滨藜[*Atriplex canescen* (Pursh) Nutt]均为青海干旱、强辐射地区的常见树种。山杏为蔷薇科李亚科杏属木本植物,在我国多分布于半干旱、半湿润的风沙平原和山地丘陵地区^[3],喜光、耐旱、耐贫瘠,具有固沙保土和涵养水源的功能,是改善生态环境的优良树种^[4]。四翅滨藜为藜科滨藜属多年生灌木^[5],具有喜光、耐旱、耐贫瘠、抗盐碱等多种优良特性^[6],为干旱、半干旱地区的典型植物,既是垦荒、恢复荒漠地带植被和固沙保土的先锋树种,又是优良的饲料植物,已成为干旱、半干旱地区重要的饲料灌木之一^[7]。本试验通过研究不同土壤水分与光照对山杏和四翅滨藜光合作用的影响,明确适宜 2 种植物生长的土壤水分含量和光照度,为青海省干旱区造林树种的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于青海省西宁市的青海省农林科学院试验基地,101°80' E、36°72' N,海拔 2 200 m,属高原大陆性气候,年

均降水量 344 mm,降水少;年均蒸发量达 1 300 mm,蒸发量相对较大;年均日照时长 2 750 h,年辐射总量 612.5 kJ/cm^2 ,光照充足;冰冻期长、无霜期短。

1.2 试验材料

山杏、四翅滨藜 3 年生盆栽幼苗,每盆 1 株,均培育于青海省农林科学院试验基地。

1.3 试验方法

山杏和四翅滨藜每个树种选择生长状况基本一致的 30 株幼苗,分别设置 6 个不同的供水水平,即 6 个不同土壤含水量(表 1),每个供水水平使用 5 株进行观测,选择生长状况良好的 4 株进行测定。利用 Licor-6400-02B 红蓝光源模拟光合有效辐射(PAR),模拟设置 0、100、200、400、600、800、1 000、1 200、1 400、1 600、1 800、2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 12 个不同梯度的光合有效辐射强度对山杏和四翅滨藜幼苗进行光照处理,选取每株幼苗中上部 3~4 片健康叶作为待测叶,使用 Li-6400 便携式光合测定仪测定山杏和四翅滨藜的瞬时净光合速率(P_n)、瞬时蒸腾速率(T_r),计算水分利用效率(WUE),重复 3 次。试验均在室内进行,以保证试验过程中苗木维持统一生长环境,不受自然降水、光照、温度等因素的影响。

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2007、SPSS 18.0 软件对数据进行处理及分析。

2 结果与分析

2.1 光合有效辐射对山杏与四翅滨藜净光合速率、蒸腾速率的影响

净光合速率是研究植物生长情况的重要指标;蒸腾速率有利于研究植物的蒸腾作用与土壤水分等外界环境因子间的关系,可为抗旱树种的选择提供理论依据^[2,8]。通过测定植物的光合作用-光响应曲线,可计算出植物的光补偿点、光饱

收稿日期:2017-04-01

基金项目:青海省重大科技专项(编号:2014-NK-A4-4)。

作者简介:马梦茹(1989—),女,河北青县人,硕士研究生,从事森林培育研究。E-mail:327191578@qq.com。

通信作者:王占林,研究员,硕士生导师,主要从事森林培育和林木育种研究。E-mail:1735105720@qq.com。

和点及最大光合速率等,有利于开展对植物生理生态方面的研究^[9]。由图 1、图 2、表 1 可见,山杏和四翅滨藜在不同土壤含水量条件下,随光合有效辐射的增强,净光合速率多呈逐渐增大趋势;当光照度达到 1 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右时,山杏和四翅滨藜的净光合速率达到最大值;山杏的最大光合速率 P_{max} 为 11.17 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,对应的土壤含水量为 19.08%,光合有效辐射强度为 1 554.21 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;四翅滨藜的

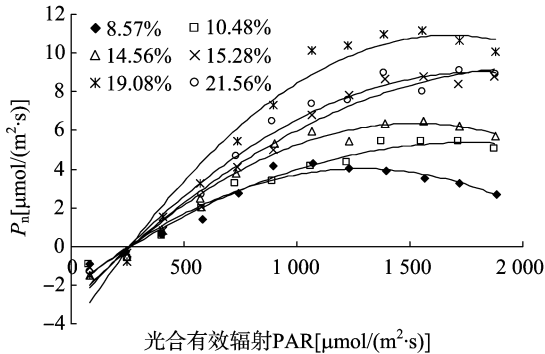


图1 光合有效辐射对山杏净光合速率的影响

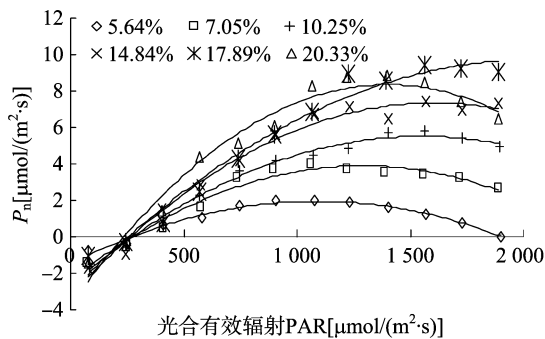


图2 光合有效辐射对四翅滨藜净光合速率的影响

最大光合速率 P_{max} 为 9.39 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,对应的土壤含水量为 17.89%,光合有效辐射强度为 1 565.41 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。由表 2 可见,山杏和四翅滨藜不同土壤含水量下的光饱和点均有差异,但光补偿点具有相似性,均在 400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右;山杏的光饱和点最高为 1 876.03 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,对应的土壤含水量为 15.28%;四翅滨藜的光饱和点最高为 1 889.22 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,对应的土壤含水量为 14.84%。

表 1 不同土壤水分条件下山杏和四翅滨藜的光合作用-光响应特征值

树种	土壤含水量 (%)	最大净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	平均净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	平均蒸腾速率 [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	平均水分利用效率 ($\mu\text{mol}/\text{mmol}$)
山杏	8.57	4.31	2.46	1.40	1.76
	10.48	5.45	3.13	1.56	2.00
	14.56	6.51	3.88	1.92	2.02
	15.28	8.81	4.98	2.26	2.20
	19.08	11.17	6.55	2.82	2.33
	21.56	9.11	5.24	2.69	1.95
四翅滨藜	5.64	1.98	0.98	1.31	0.75
	7.05	4.00	2.32	1.91	1.22
	10.25	5.84	3.35	2.47	1.36
	14.84	7.40	4.47	3.23	1.38
	17.89	9.39	5.33	4.56	1.17
	20.33	8.89	5.29	4.27	1.24

表 2 不同土壤水分条件下山杏和四翅滨藜的光饱和点与光补偿点

树种	土壤含水量 (%)	回归方程 $\text{PAR} - P_n$	决定系数 r^2	光饱和点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光补偿点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
山杏	8.57	$y = -4 \times 10^{-6}x^2 + 0.0097x - 2.2428$	0.9476	1 072.27	400.59
	10.48	$y = -2 \times 10^{-6}x^2 + 0.0085x - 2.0841$	0.9788	1 376.31	400.58
	14.56	$y = -4 \times 10^{-6}x^2 + 0.0123x - 2.9887$	0.9842	1 560.14	402.74
	15.28	$y = -3 \times 10^{-6}x^2 + 0.0117x - 2.9163$	0.9777	1 876.03	406.52
	19.08	$y = -5 \times 10^{-6}x^2 + 0.0183x - 4.3833$	0.9730	1 554.21	404.36
	21.56	$y = -4 \times 10^{-6}x^2 + 0.0135x - 3.1980$	0.9776	1 718.09	400.59
四翅滨藜	5.64	$y = -3 \times 10^{-6}x^2 + 0.0063x - 1.4851$	0.9805	904.31	406.37
	7.05	$y = -4 \times 10^{-6}x^2 + 0.0097x - 2.3831$	0.9691	1 061.98	406.21
	10.25	$y = -3 \times 10^{-6}x^2 + 0.0105x - 2.6041$	0.9913	1 565.41	408.37
	14.84	$y = -4 \times 10^{-6}x^2 + 0.0131x - 3.1803$	0.9833	1 889.22	404.88
	17.89	$y = -3 \times 10^{-6}x^2 + 0.0124x - 2.9711$	0.9758	1 565.41	406.37
	20.33	$y = -6 \times 10^{-6}x^2 + 0.0172x - 3.6892$	0.9718	1 395.27	400.88

2.2 光合有效辐射对山杏与四翅滨藜蒸腾速率的影响

由图 3、图 4 可见,山杏和四翅滨藜在不同土壤含水量条件下,随光合有效辐射的增强,蒸腾速率呈逐渐增大趋势;随土壤含水量的增加,蒸腾速率增幅有所增加,但当土壤含水量

超过 20% 后,蒸腾速率增幅逐渐降低;山杏在土壤含水量为 8.57% 时蒸腾速率的增幅相对最小,在土壤含水量为 19.08% 时蒸腾速率的增幅达到最大;四翅滨藜在土壤含水量为 5.64% 时蒸腾速率的增幅相对最小,土壤含水量为

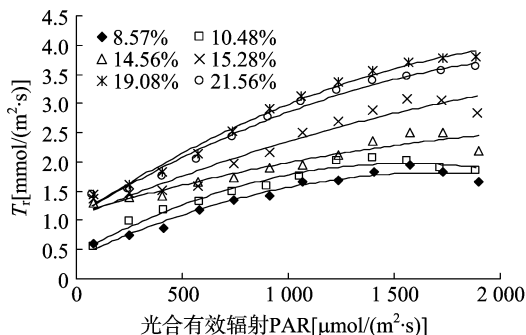


图3 光合有效辐射对山杏蒸腾速率的影响

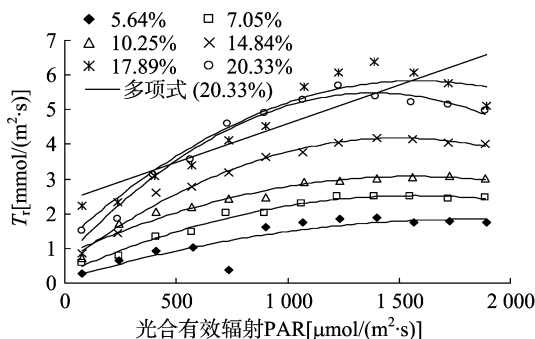


图4 光合有效辐射对四翅滨藜蒸腾速率的影响

17.89% 时增幅达到最大。

2.3 光合有效辐射对山杏与四翅滨藜水分利用效率的影响

植物的水分利用效率是植物光合和蒸腾作用共同产生的综合结果^[9]。由图 5 可见,当瞬时光合有效辐射达到 $1\ 070\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,山杏的水分利用效率达到最高,对应的土壤含水量为 19.08%;当光合有效辐射强度小于 $1\ 070\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,山杏的水分利用效率随光合有效辐射的增强而增高,当光合有效辐射强度大于 $1\ 070\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,水分利用效率随光合有效辐射的增强而降低;随光合有效辐射强度的增大,山杏的水分利用效率由高到低依次为 3.25、3.10、3.05、2.86、2.66、2.58 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$,对应的土壤含水量分别为 19.08%、15.28%、14.56%、10.48%、21.56%、8.57%,光合有效辐射强度分别为 $1\ 067.96$ 、 $1\ 876.03$ 、 $1\ 067.96$ 、 $1\ 712.16$ 、 $1\ 384.40$ 、 $1\ 072.27\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。因此,土壤含水量维持在 15%~19% 时,山杏能够充分利用土壤中的水分,且在土壤含水量达到 19.08%、光合有效辐射强度为 $1\ 067.96\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时水分利用效率达到最高。

由图 6 可见,在不同土壤含水量下,四翅滨藜的水分利用

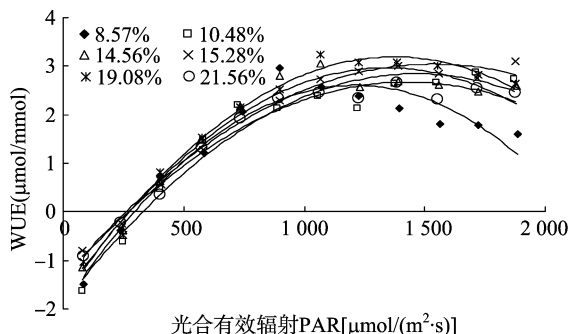


图5 光合有效辐射对山杏水分利用效率的影响

效率对光辐射强度的响应程度与山杏相似;当瞬时光合有效辐射为 $1\ 450\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,四翅滨藜的水分利用效率达到最高,对应的土壤含水量为 10.25%;当光合有效辐射强度小于或大于 $1\ 450\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,四翅滨藜的水分利用效率都低于最大值;随光合有效辐射强度的增大,四翅滨藜水分利用效率由高到低依次为 1.91、1.82、1.81、1.65、1.61、1.14 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$,对应的土壤含水量分别为 10.25%、14.84%、7.05%、20.33%、17.89%、5.64%;光合有效辐射强度分别为 1565.41、1 889.22、893.34、1 395.27、1 723.07、904.31 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。土壤含水量为 5.64%,光合有效辐射为 $743.16\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,水分利用效率超出曲线范围,可能是试验误差造成。因此,土壤含水量维持在 10%~15% 时,四翅滨藜能够充分利用土壤中的水分,且土壤含水量达到 10.25%、光合有效辐射强度为 $1\ 565.41\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时的水分利用效率达到最高。

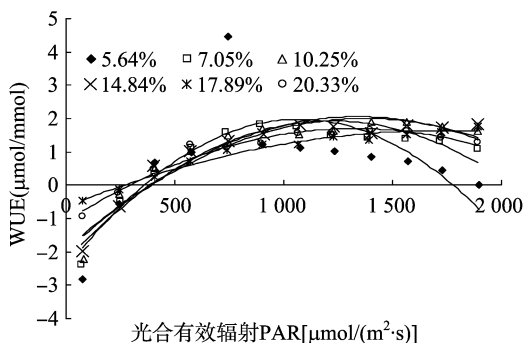


图6 光合有效辐射对四翅滨藜水分利用效率的影响

3 结论与讨论

选取合适的树种用于青海地区造林以应对干旱和强辐射条件,了解备选植物对干旱、强辐射环境的适应能力及生理变化至关重要。本研究选取山杏和四翅滨藜这 2 种青海常见树种,研究其对土壤水分和有效光合辐射的响应情况,为青海省干旱地区造林树种的选择提供理论依据。水分和光照是植物光合作用的重要条件,决定着植物光合作用的强弱^[10]。在一定范围内,随光合辐射强度的增大,山杏和四翅滨藜的净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率均逐渐增强,当光合辐射进一步增强时,杏和四翅滨藜的净光合速率、水分利用效率有明显的下降趋势,这是由于土壤受到水分胁迫,植物的气孔导度降低,形成保护机制并防止叶片消耗水分^[11]。当土壤含水量达到 15%~20%、光合有效辐射强度为 $1\ 500 \sim 1\ 600\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,山杏和四翅滨藜的净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率均达到最大值,光合作用相对最强,当光合有效辐射强度在 $1\ 880\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右时,山杏和四翅滨藜均达到光饱和点,说明山杏和四翅滨藜都具有耐干旱和强辐射的特点,适宜作为青海地区的造林树种。

在水分和光照相同的情况下,山杏比四翅滨藜的生长能力强,当土壤含水量达到 20%,光合有效辐射强度为 $1\ 500\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,山杏的水分利用效率相当于四翅滨藜的 1.5 倍,山杏的水分利用效率远远高于四翅滨藜,在青海地区干旱和强辐射环境条件下造林时,山杏要优于四翅滨藜。在造林选择时,山杏可作为乔木进行大面积造林,但由于其喜

韦剑锋, 韦冬萍, 胡桂娟, 等. 不同施肥对麻风树苗木生长及养分状况的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(22): 129–132.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.034

不同施肥对麻风树苗木生长及养分状况的影响

韦剑锋¹, 韦冬萍¹, 胡桂娟¹, 吴炫柯², 范宇婷¹, 李 喆¹, 胡岐峰¹, 邓小雯¹

(1. 广西科技大学鹿山学院, 广西柳州 545616; 2. 广西柳州市农业气象试验站, 广西柳州 545003)

摘要:以麻风树 FD-8 号为试验材料, 采用盆栽法研究不同施肥处理(不施肥、60 g/桶有机肥、120 g/桶有机肥、180 g/桶有机肥、20 g/桶复合肥、20 g/桶复合肥 + 120 g/桶有机肥)对麻风树出苗、生长、养分含量及积累量的影响。结果表明, 施肥可加快麻风树出苗, 但有降低出苗率的趋势, 其中施 20 g/桶复合肥 + 120 g/桶有机肥的出苗率最低, 比不施肥处理的出苗率降低 7.85%。施肥可明显促进麻风树主根、侧根、地径、茎、叶的生长, 增加根、茎、叶干物质积累量, 提高苗木质量指数, 其中以施 20 g/桶复合肥的综合效果最好, 其次是施 20 g/桶复合肥 + 120 g/桶有机肥。3 个有机肥施用量处理之间的地径、茎高、各器官干物质积累量及苗木质量指数差异不显著, 但增加有机肥施用量有减少 4 条侧根总长和一级侧根数的趋势。施肥可提高麻风树氮、磷、钾的含量, 显著增加氮、磷、钾的积累量 ($P < 0.05$), 其中以施 20 g/桶复合肥的效果最为明显, 其次是施 20 g/桶复合肥 + 120 g/桶有机肥, 但两者差异不显著; 3 个有机肥施用量处理的氮、磷、钾含量及积累量差异不显著。结果表明, 施用复合肥对促进麻风树生长及改善养分状况的效果较好。

关键词:麻风树; 苗木; 有机肥; 复合肥; 生长; 养分; 出苗率; 干物质

中图分类号: S714.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)22-0129-04

麻风树 (*Jatropha curcas* L.) 又称小桐子、膏桐、臭桐树等, 是一种生产生物能源、农药及医药等原料的多用途树种^[1]。在我国西南地区, 麻风树生物柴油原料林基地建设已初具规模, 但其栽培技术的研究却严重滞后于该树种开发利用方面的研究^[2]; 同时, 麻风树在肥料养分含量、施肥方式、施肥量等技术问题上也没有统一的标准和模式^[3]。因

此, 开展麻风树施肥技术研究具有重要的现实意义和应用价值。已有研究表明, 施肥可以促进麻风树生长或促进麻风树对养分的吸收利用。如供氮浓度为 284 mg/L 或施氮量为 3.6 g/盆最利于促进麻风树幼苗生长^[2,4]; 施 300 g/株复合肥 (N : P₂O₅ : K₂O = 11 : 8 : 6) 可显著增加一年生麻风树株高和地径增长量^[3]; 施 400 g/株复合肥 (N : P₂O₅ : K₂O = 15 : 15 : 15) 可显著增加二年生麻风树新梢生长量^[5]; 氮、磷、钾肥混合施用比氮、磷、钾单独施用更能促进二年生麻风树地径、冠幅乘积和树高的生长^[6]; 施 48 g/株复合肥 (N : P₂O₅ : K₂O = 18 : 8 : 18) 比其他施肥量更能促进一年生麻风树对氮、磷、钾的吸收^[7]; 20 g/盆复合肥 (N : P₂O₅ : K₂O = 18 : 8 : 18) 分 2 次施用比其他施用方式更能改善麻风树幼苗氮、磷、钾养分的状况^[8]。然而, 前人对麻风树施肥的研究主要集中在氮、磷、钾肥或复合肥方面, 而关于有机肥的施用方面的研究却鲜见报道。因此, 本试验设置不同有机肥用量、复合肥及复合

收稿日期: 2016-08-09

基金项目: 广西自然科学基金 (编号: 2011GXNSFB018044); 广西教育厅广西高校中青年骨干教师基础能力提升项目 (编号: KY2016YB847); 广西教育厅广西高等学校科研立项项目 (编号: 201204LX658)。

作者简介: 韦剑锋 (1978—), 男, 广西柳州人, 硕士, 副研究员, 主要从事作物营养与生理生态方面的研究。E-mail: jianfengwei@163.com。

光, 不宜过密栽植。四翅滨藜适宜作为地被植物种植于光照条件良好的林下及荒漠干旱区, 并为畜牧生产提供饲料, 同时改善畜牧饲料的生产条件。

参考文献:

- [1] 徐超西. 青海高原干旱半干旱地区造林技术探讨[J]. 中国水土保持, 1990(2): 39–41.
- [2] 王 红, 王百田, 王 婷, 等. 不同土壤含水量对山杏盆栽幼苗蒸腾速率和光合速率的影响[J]. 北方园艺, 2010(2): 1–5.
- [3] 毕武臣, 刘志龙. 论山杏的生物经济学特性及发展前景[J]. 防护林科技, 2005(增刊1): 76–77.
- [4] 李亚峰. 对山杏等三个乡土灌木树种种源及单株的选择研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [5] 李跃进, 崔素英, 郝朝晖, 等. 准常绿饲料灌木树种——四翅滨藜[J]. 中国林副特产, 2002(4): 30–31.

- [6] 郑淑霞, 王占林, 张有生. 中国北方滨藜属植物种与四翅滨藜生物学特性[J]. 青海农林科技, 1998(3): 62–65.
- [7] 王存桂. 四翅滨藜推广现状和发展建议[J]. 甘肃科技, 2002(7): 97.
- [8] 陈卫英, 陈真勇, 罗辅燕, 等. 光响应曲线的指数改进模型与常用模型比较[J]. 植物生态学报, 2012, 36(12): 1277–1285.
- [9] 张卫强, 贺康宁, 王正宁, 等. 光辐射强度对侧柏油松幼苗光合特性与水分利用效率的影响[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(2): 108–113.
- [10] 秦 景, 贺康宁, 朱艳艳. 库布齐沙漠几种常见灌木光合生理特征与土壤含水量的关系[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(1): 37–43.
- [11] Flexas J, Medrano H. Drought – inhibition of photosynthesis in C₃ plants: stomatal and non – stomatal limitations revisited[J]. Annals of Botany, 2002, 89(2): 183–189.