

晋西北低效柠条林老龄复壮技术及能源化利用

张瑜¹, 郑士光², 贾黎明¹, 谢秀丽³

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 中铁建工集团西北分公司, 西安 710119; 3. 河北省唐山市丰润区林业局, 河北 唐山 064000)

摘 要:柠条是西北地区水土保持、防风固沙造林中的重要灌木树种,同时也具燃料、饲料等多种功能,但存在随林龄增加生长衰退、效益下降等问题。以晋西北偏关县 30 a 生老龄柠条林为研究对象,对其平茬后生长 1~5 a 各生长指标、生物量及热值进行了对比;对 3 种立地条件(阴缓坡、阳缓坡、梁峁顶)下不同平茬方式(留茬高度、覆土与不覆土、带状与块状)进行了对比,研究形成柠条能源林的合理平茬技术。结果表明:(1) 平茬 5 a 后各生长指标:株高、地径、分支数分别比 CK(35 a 老龄林)提高了 20.96%,10.03%,104.82%;单丛生物量最大达到 2.89 kg/丛,比对照提高了 25.65%;林分的总生物量达到 10 110~11 560 kg/hm²,比对照高出 25.51%~156.70%;生物量年均增长量达到 2 022~2 312 kg/(hm²·a),较对照提高了 7.8 倍。(2) 对 3 种立地条件下,5 种平茬高度(2,5,10,15,20 cm)进行处理,留茬 5 cm 单丛生物量最大,且与其它处理差异显著;覆土与不覆土处理、带状与块状处理间无显著差异。建议对我国西北地区大面积柠条林进行合理平茬及能源化利用,特别是对退化老龄柠条林更需要进行平茬复壮(平茬周期至少需要 5 a,留茬高度控制在 5 cm 左右)。

关键词:柠条; 能源林; 平茬技术; 老林复壮

中图分类号:S793.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)02-0160-05

Research for Stumping Technology and Utilization for Energy of Inefficient *Caragana microphylla* Lam Forest in Northwestern Shanxi Province

ZHANG Yu¹, ZHENG Shi-guang², JIA Li-ming¹, XIE Xiu-li³

(1. Key Laboratory of Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing

Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Northwest Branch of China Railway Construction

Engineering Group, Xi'an 710119, China; 3. Fengrun Bureau of Forestry, Tangshan, Hebei 064000, China)

Abstract: *Caragana microphylla* Lam, an shrub species, is very important to soil and water conservation, and sand-fixing afforestation. It also could be used as fuel and fodder. However, when stand age increases, some problems exist, such as the decrease of growth and benefit and so on. The 30-year-old plantation of *Caragana microphylla* in Pianguan, a county located in northwestern Shanxi Province, was selected as the study case. Through the comparison of growth index, biomass, and calorific value between 1~5 years' growth after stumping; And the comparison between three habitats(the mild of shady slope, mild of sunny slope and beam hilly top) with three stumping methods (the height of stubble, covering soil or not, ribbon or massive stumping) the study aims to find a reasonable stumping technique to sustain the fuel type *Caragana microphylla* Lam. The results indicated: (1) five years later after stumping, plant height, basal diameter and number of branches were higher than CK by 20.96%, 10.03% and 104.82%, single clump biomass reached to 2.89 kg/clump at most which was higher than the control stand by 25.65%, the total biomass per hectare of the stand reaches to 10 110~11 560 kg/hm² which was higher than the control stand by 25.51%, the average annual biomass growth reached to 2 022~2 312 kg/(hm²·a) which was 7.8 times bigger than the control stand; (2) five stumping heights(2, 5, 10, 15, 20 cm) were used for treating three habitats,

收稿日期:2012-07-04

修回日期:2012-09-28

资助项目:高等学校科技创新工程重大项目培育资金项目“灌木能源林树种选育与高效培育技术研究”(706007);国家“十一五”科技支撑项目“能源林培育技术”(2006BAD18B01)

作者简介:张瑜(1987—),女,安徽滁州人,在读硕士,主要研究方向:城市森林经营技术与理论。E-mail:huaijinwoyu1@126.com

通信作者:贾黎明(1968—),男,山西偏关人,博士,教授,主要研究方向:从事森林培育理论与技术。E-mail:jlm@bjfu.edu.cn

when stubble was 5 cm high, single cluster biomass reached to the highest level; s for oil covering and zonal or massive stumping, single cluster biomass difference was not significant. According to the results obtained above, stumping can be effective in promoting aged *Caragana microphylla* Lam forest rejuvenation. We suggest that reasonable level of stump management for the large area of aged *Caragana microphylla* Lam forest rejuvenation in northwestern China is the better way to form a fuel style aging *Caragana microphylla* Lam forest. Especially for the degradation of aged of *Caragana microphylla* Lam forest, the stumping cycle should at least be five years; it is recommended that stubble height should be controlled as about 5 cm.

Key words: *Caragana microphylla* Lam; energy plantations; stumping technology; aged forest rejuvenation

能源林作为生产生物质能源的主要方式,以其低成本、可再生性、环境友好、使用方便等优点而受到国际社会的广泛关注^[1]。对于能源林的研究,国外在优良能源林树种选择、培育技术措施、采伐利用方式等方面已发展成熟^[2-3]。美国和英国相继提出了短轮伐期林业和短轮伐期矮林的作业指导方针^[4]。柠条又名小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla* Lam),蝶形花科锦鸡儿属,落叶灌木,易繁殖、易成林,根深叶茂,抗逆性强,具有能源、饲用、绿肥、蜜源、入药、木质纤维等资源价值^[5]。同时亦是木本油料植物,它的种子不仅是一种潜在的食用植物蛋白资源^[6],而且是一种很有价值的油脂资源^[7]。柠条是“三北”防护林体系建设中的一个主要灌木树种,在西北地区的水土保持、水源涵养、护沟护坡、防风固沙中发挥着巨大的作用^[8]。但随着林龄的增加,柠条林普遍会出现林分衰老、生物量下降、林分老化等现象,其经济效益和生态效益不断下降^[9]。为了充分发挥柠条林的防风固沙、水土保持等生态效益及经济效益,并达到柠条林的资源化利用,进行合理的平茬复壮显得尤为重要。

对柠条灌木林的研究主要包括柠条林的造林技术、饲用及药用开发、柠条树种的生理生态、平茬技术等^[10-18]。左忠等^[19]对放牧柠条草场柠条平茬利用技术进行了研究,发现柠条在平茬后能够更新复壮,在短期内能获得较大的生物量。因此平茬是对柠条进行利用和更新复壮的有效途径^[20]。在不同环境条件下柠条灌木林的平茬时间存在一定的差异^[21]。王世裕等^[22]认为柠条的平茬间隔期为3~5 a。柠条不同生育期各种成分的含量是不同的,平茬的时期要综合考虑柠条生育期、平茬目的和综合效益等^[23]。而对柠条资源的开发利用,大多数以单一地提高生态效益或经济效益,把柠条的平茬复壮和药用、饲用及生态价值等作为割裂的问题进行研究,单纯的生态治理而无经济效益的技术或单纯的经济发展而破坏生态环境的技术均无法在实际生产中实施^[24]。为了更好地解决传统的利用方式带来的问题,合理利用柠条灌木林地,改善当前生态治理区的生态效益,同时考虑其

更新复壮,确定合理的柠条平茬技术,将柠条林保护与开发利用有机的结合起来,对生态治理区柠条资源的有效利用具有重要意义。

本文以山西省偏关县老龄柠条林为研究对象,旨在确定合理的老龄柠条林平茬复壮技术,促进柠条林恢复旺盛生长的基础上,获得最大的能用生物量。为柠条林的合理经营提供理论及技术指导,从而实现维护西北地区生态建设成果及柠条资源的能源化利用。

1 研究方法

1.1 试验区及试验林概况

试验地为地处黄河中上游黄土丘陵沟壑区的山西省偏关县,该地区气候为季风型温带大陆性气候,四季分明。冬季寒冷少雪,干燥多风沙,春季温暖干燥多风,夏季炎热而雨量集中,秋季凉爽而明快。一月最冷,平均气温 -10°C ,七月最热,平均气温 23°C ,年平均气温 $3\sim 8^{\circ}\text{C}$,全年平均降水量为425.3 mm,年蒸发量3 037.5 mm,无霜期为105~145 d,主要土壤类型为灰褐土(又称黄绵土)。偏关县植被乔木以杨树为主,灌木主要以柠条、沙棘为主,其中柠条林面积达1.67万 hm^2 ,为该县的主要林分类型。

本文以20世纪70年代末人工播种营造的柠条林为研究对象,2008年调查期间,其造林密度为3 500~4 000丛/ hm^2 ,丛行距为 $1\text{ m}\times 2.5\text{ m}$ 左右,平均株高为1.51 m、冠幅 $(1.3\pm 0.07)\text{ m}\times (1.5\pm 0.07)\text{ m}$ 、地径为 $(1.3\pm 0.1)\text{ cm}$ 、分枝数 18 ± 2 枝。

1.2 试验设计及研究方法

1.2.1 平茬周期 在阴缓坡立地条件下生长30 a的老龄柠条林内,设定2004年春季、2005年春季、2006年春季、2007年春季、2008年春季(即平茬后生长1~5 a)5次平茬处理,将未平茬林分设为对照,在2008年秋季落叶后对其生长指标(地径、优势枝株高、分枝数)、生物量和热值进行了调查和测定。每种处理调查180~200丛(面积约500 m^2)。

1.2.2 平茬技术 在阴缓坡、阳缓坡、梁峁顶三种立地条件下,以未进行过平茬的老龄柠条林为研究对象,研究留茬高度、覆土、平茬方式等对柠条林生长的

影响。

(1) 留茬高度对比。选择平均标准丛 50 丛, 对其进行平茬, 平茬茬口高度分别设 2, 5, 10, 15, 20 cm 共 5 种处理, 每种处理 10 丛。

(2) 覆土处理与不覆土处理对比。林中布设 10 m×50 m 的样地 2 块, 全部平茬, 留茬高度为 5 cm 左右。平茬后对伐桩分覆土和不覆土两种处理, 每种处理 500 m², 覆土厚度 2 cm 左右, 每种处理调查 30 丛以上。

(3) 带状平茬与块状平茬的对比。选择带状和块状两种方式进行平茬。每种方式平茬面积为 400 m², 其中带状为 10 m×40 m; 块状为 20 m×20 m。留茬高度为 5 cm 左右, 每种处理调查 30 丛。

1.3 指标测定方法

所有调查在林分内部进行, 以避免边缘效应的影响。每丛中选取 3~5 枝最粗的枝取平均值作为灌丛地径; 选取每丛中最高一株测定丛高作为优势株高; 数出全部单丛分枝数作为分支数。

生物量调查: 每块样地内选择标准丛(由平均地径、平均高、平均冠幅、平均分枝数确定)3 丛, 整丛平茬, 测定湿重, 再从中选出标准枝 3~5 枝, 测定湿重。而后 80℃ 烘至恒重测定干重, 推算单丛生物量、林地单位面积总生物量。计算公式为: 单丛生物量=(标准枝干重/标准枝鲜重)×丛鲜重; 林地单位面积总生物量=单丛生物量×林分密度。

表 1 柠条林平茬 1~5 a 后的优势枝株高、地径及分枝数

平茬后时长	35 a(对照林)	1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
优势株高/cm	1.67±0.13A	1.02±0.04D	1.19±0.13C	1.48±0.08B	17.0±0.05A	1.71±0.08A
地径/cm	1.32±0.21bA	0.60±0.05dC	0.72±0.06dC	1.04±0.07cB	1.35±0.06abA	1.46±0.11aA
单丛分枝数(枝/丛)	12±3.02C	50±4.07A	49±3.99aA	41±3.28bA	30±2.42cB	25±2.05dB

注: 不同小写和大写字母分别表示差异显著($P<0.05$)和极显著($P<0.01$), 检验方法为 Duncan 检验, 下表同。

2.1.2 生物量和热值 生物量是灌木林生产力评价的主要指标。秋季落叶后对平茬柠条林和对照的地上部分进行了生物量调查, 结果见表 2。由表 2 可知, 平茬第 4 年时的单丛生物量已经与 CK 无显著差异, 第 5 年达到 2.89 kg/丛, 较对照单丛生物量提高了 25.65%。平茬 1~5 a 后, 柠条林的单丛生物量逐年增长, 前四年差异极显著, 第五年时虽与第四年差异不显著, 但也有增加的趋势。由此可知, 柠条林分平茬后生长 4~5 a 其单丛生物量就已经和生长 30 a 的老龄林相同, 而且在逐年增长, 这种趋势是否能够保持下去还需继续研究, 因而平茬周期的确定需根据继续研究的结果而定。

柠条林在此立地条件下的保留密度略有差异, 为 3 500~4 000 株/hm², 由此计算获得单位面积生物产

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2007 进行数据计算和作图, SPSS 18.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同平茬周期下柠条生长对比

2.1.1 株高、地径、单丛分枝数 如表 1 所示, 柠条林平茬后复壮效果显著。平茬 1 a 后, 柠条优势枝株高和地径分别达到 1.02 m 和 0.60 cm, 是对照 35 a 生林分的 61.1% 和 45.5%。优势株高和地径均于平茬后第 4 年达到对照水平, 分别为 1.70 m 和 1.35 cm; 从单丛分枝数来看, 平茬后第一年萌生枝条高达 50 枝/丛, 是对照的 4.17 倍。虽然平茬 1~5 a 由于竞争单丛分枝数逐渐在极显著减少, 但到第五年时仍保留 25 枝/丛, 超过对照 1.08 倍。柠条林的生长势表明, 平茬是老龄柠条林复壮极为有效的措施。平茬后 1~5 a 地径的生长规律和优势枝株高基本一致, 二者均呈增长趋势且各年度间差异为极显著($P<0.01$)。5 a 生优势枝株高和地径分别达到 1.71 m 和 1.46 cm, 比 1 a 生分别提高了 67.6% 和 1.43 倍。但从单丛分枝数来看, 由于竞争在逐年下降, 到第五年时较 1 a 生下降了 1 倍。平茬后 1~3 a 的林分株高和地径小于对照, 而生长 4~5 a 后与对照差异不显著($P>0.05$)。平茬后 1~5 a 单丛分枝数在逐渐下降, 第 5 年时分支数仍大于对照。

量(表 2)。

由表 2 可以看出, 平茬后生长 5 a 时林分的总生物量最高, 达到 10 110~11 560 kg/hm², 分别比对照林分和生长 3 a 的林分高出 25.51%~156.70%。生物量年均增长量在平茬后 3~5 a 呈上升趋势, 且与对照相比优势更大。生长至 35 a 的老龄林分生物量年均增长量为 230~263 kg/(hm²·a), 而平茬后的生物量年均增长量都在 1 300 kg/(hm²·a) 以上, 提高幅度 4.6 倍以上。平茬后生长 5 a 后的林分生物量年均增长量达到 2 022~2 312 kg/(hm²·a), 较对照提高 7.8 倍以上。平茬后生长 5 a 时, 林分总热值高达 1.92×10⁸~2.19×10⁸ kJ/hm², 比对照林分提高 19.63%~19.79%。可见, 平茬后林分生长旺盛, 有效地实现了老龄林地复壮。

表 2 柠条林平茬后 1~5 a 的生物量及热值

指标	平茬后时长					
	35 a(对照林)	1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
单丛生物量(kg/丛)	2.30±0.24A	0.51±0.09E	0.86±0.01D	1.13±0.08bB	1.66±0.11aB	2.89±0.13A
单位面积总生物量/(kg·hm ⁻²)	8060~9210	1800~2060	3010~3440	3950~4520	5820~6650	10100~11560
年均增长量/(kg·hm ⁻² ·a ⁻¹)	230~263	1800~2060	1505~1720	1317~1507	1455~1663	2022~2312
总热值/(10 ⁸ kJ·hm ⁻²)	1.54~1.76	0.34~0.39	0.58~0.66	0.76~0.87	1.10~1.26	1.92~2.19

2.2 平茬技术

2.2.1 不同平茬高度生物量比较 三种立地条件,不同留茬高度的单丛生物量见表 3。由表 3 可以看出,阴缓坡下留茬 2 cm 和 5 cm 的单丛生物量值最高,分别达到 0.54 kg/丛和 0.57 kg/丛,较留茬 10, 15,20 cm 提高了 22.72%~29.55%;阳缓坡下留茬 5

cm 单丛生物量值最高,达到 0.54 kg/丛,较其它处理提高了 14.89%~54.29%;梁峁顶留茬 5 cm 单丛生物量值仍最高,达到 0.56 kg/丛,较其它处理提高了 19.15%~60.00%。由此可见,留茬高度 5 cm 是各种立地条件下柠条林平茬的适宜高度,能源林装备研发时可以此平茬高度为机具技术参数。

表 3 不同立地条件下不同留茬高度单丛生物量 kg/丛

不同留茬高度	留茬 2 cm	留茬 5 cm	留茬 10 cm	留茬 15 cm	留茬 20 cm
阴缓坡	0.54±0.02aA	0.57±0.04A	0.45±0.01bA	0.45±0.06bA	0.44±0.03bA
阳缓坡	0.47±0.02bA	0.54±0.03aA	0.40±0.01B	0.36±0.01B	0.35±0.06B
梁峁顶	0.47±0.05B	0.56±0.01A	0.45±0.04aAB	0.42±B0.01	0.35±0.01bA

2.2.2 覆土与不覆土生物量比较 三种立地条件下,覆土处理的单丛生物量值都略高于不覆土处理(图 1),但二者差异不显著,即覆土对柠条林分的单丛生物量没有显著影响,因此柠条林平茬后可不覆土,不会影响其随后的生物产量。

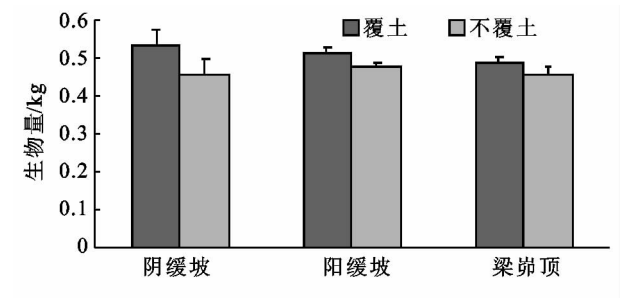


图 1 不同立地条件覆土与不覆土处理下的单丛生物量

2.2.3 带状与块状平茬生物量比较 三种立地条件下,带状平茬的单丛生物量比块状平茬的单丛生物量略高(图 2),但二者差异不显著。带状平茬和块状平茬不会对柠条林分单丛生物量造成影响,也即不会对单位面积的总产量造成影响。

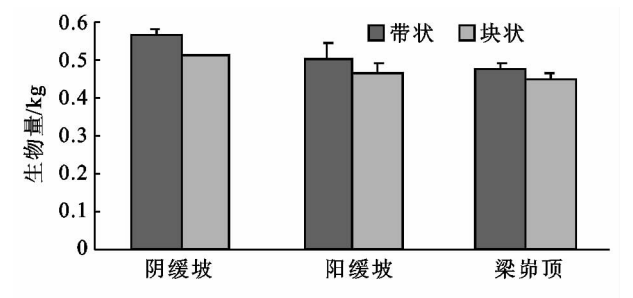


图 2 不同立地条件下不同平茬方式单株地上部分生物量

3 结论与讨论

(1) 30 a 生老龄柠条林平茬后生长 1~5 a,林分株高和地径呈明显升高趋势,单丛分枝数大量增加,但随生长年份的增加呈明显下降的趋势。平茬后 5 a 林分的单丛生物量达到最大为 2.89 kg/丛,比对照林分提高了 25.65%。平茬后 5 a 林分每 1 hm² 的总生物量达到 10 110~11 560 kg/hm²,比对照林分高出 25.51%~156.70%。生物量年均增长量与对照相比优势更大,平茬后 5 a 林分生物量年均增长量达到 2 022~2 312 kg/(hm²·a),较对照提高 7.8 倍。因此,平茬可以有效地促进老龄柠条林复壮,提高老龄林林地的生产力,且以燃料型能源林为经营目的的老龄柠条林平茬周期至少需要 5 a。

(2) 阴缓坡、阳缓坡、梁峁顶三种立地条件,留茬 2,5,10,15,20 cm 五种处理下,留茬 5 cm 时单丛生物量最大。建议采伐作业时,留茬高度控制在 5 cm 左右,能源林装备研发时可以此平茬高度为机具设计技术参数。

(3) 三种立地条件下,覆土与不覆土处理、带状与块状处理下,柠条林单丛生物量差异不显著。但是带状平茬有利于保持水土,不会造成林地内的水土流失,不会影响林分的防风固沙能力。而过大面积的块状平茬容易引起水土流失,减弱林分的防风固沙能力。由于黄土高原地区沟壑纵横,地形十分复杂,块状平茬并不适合,为方便采伐作业,宜采用小面积的带状平茬。

(4) 合理平茬是老龄退化柠条林复壮的重要措施。我国西北地区存在大面积的柠条林,应对其进行合理的平茬经营,特别是退化老龄柠条林更需要进行平茬复壮,同时也为当地柠条林及其它沙生灌木能源化等多功能利用奠定原料基础。

参考文献:

- [1] 蒋建新,陈晓阳. 能源林与林木生物转化能源化研究进展[J]. 世界林业研究,2005,18(6):39-44.
- [2] Pellis A, Layreysens I, Ceulemans R. Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar I. Clonal differences in leaf characteristics in relation to biomass production[J]. Biomass and Bioenergy,2004,27(1):9-19.
- [3] Anon. Principles and Guidelines for the Development of Biomass Energy Systems [R]. US National Biofuels Roundtable,1994.
- [4] Anon. Good Practice Guidelines, Short-rotation Coppice for Energy Production [R]. Seacourt Press Limited, 1996.
- [5] 赵一之. 国锦鸡儿属分类学研究[J]. 内蒙古大学学报, 1993,4(6):631-653.
- [6] 晁中彝. 锦鸡儿属种子蛋白的营养[J]. 中国油脂,1987(5):30-32.
- [7] 晁中彝. 锦鸡儿属植物种子含油率与油内脂肪酸组成的理化性质的研究[J]. 陕西林业科技,1988(3):1-3.
- [8] 姚延涛,张军,王志敏,等. 偏关柠条资源及其利用的研究[J]. 科技简报,1996(9):35-36.
- [9] 乔成龙. 柠条机械平茬抚育技术[J]. 当代农机,2009(6):70-71.
- [10] 庞琪伟,贾黎明,郑士光. 国内柠条研究现状[J]. 河北林果研究,2009,24(3):281-283.
- [11] 高天鹏,方向文,李金花,等. 水分对柠条萌蘖株和未平茬株光合参数及调渗物质的影响[J]. 草业科学,2009,26(5):103-109.
- [12] 郑世光,贾黎明,庞琪伟,等. 平茬对柠条林地根系数量和分布的影响[J]. 北京林业大学学报,2010,32(3):64-69.
- [13] 郭玉明. 柠条锦鸡儿平茬复壮技术[J]. 内蒙古林业科技,2001(增刊):60-64.
- [14] 王雁丽,杨如达. 浅谈西部地区柠条资源的开发利用[J]. 中国西部科技,2004(11):71-72.
- [15] 张兴亮. 柠条的优良特性及生态效益[J]. 山西林业科技,2004(4):32-33.
- [16] 张海娜,方向文,蒋志荣,等. 柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量[J]. 生态学报,2011,31(9):2454-2460.
- [17] 郭忠升,邵明安. 人工柠条林地土壤水分补给和消耗动态变化规律[J]. 水土保持学报,2007,21(2):119-123.
- [18] 郭忠升. 半干旱区柠条林利用土壤水分深度和耗水量[J]. 水土保持通报,2009,29(5):69-73.
- [19] 左忠,郭永忠,张清云,等. 柠条平茬利用技术研究[J]. 牧草开发,2005(6):31-34.
- [20] 芦娟,柴春,蔡国军,等. 不同留茬高度处理对柠条更新能力的影响[J]. 防护林科技,2011(4):45-47.
- [21] 程积民,胡相明,赵艳云. 黄土丘陵区柠条灌木林合理平茬期的研究[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(2):1996-2000.
- [22] 王世裕,王世昌,卢爱英. 晋西北地区柠条林更新复壮技术研究[J]. 现代农业科技,2011(1):223-224.
- [23] 王峰,左忠,张浩,等. 柠条饲料加工几个关键问题探讨[J]. 草业科学,2005,22(6):75-80.
- [24] 李耀林. 黄土丘陵半干旱区多年生柠条林平茬效应研究[D]. 陕西杨凌:中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心,2011.