

华北片麻岩石质山地山杏幼林集水保墒措施选择

李广德^{1,2}, 章岳涛¹, 翟明普¹, 谭飞理^{1,3}, 贾黎明¹

(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. 中央广播电视大学 农林医药学院, 北京 100039; 3. 湛江师范学院, 广东 湛江 524048)

摘 要: 为了确定适宜的华北片麻岩石质山地山杏幼林集水保墒措施, 以生长、生理、土壤水分等为评判指标, 研究了河北平山片麻岩石质山区翼式鱼鳞坑+保水剂+石子(YY+B+S)、翼式鱼鳞坑+保水剂+秸秆(YY+B+J)、翼式鱼鳞坑+保水剂(YY+B)、翼式鱼鳞坑+石子(YY+S)、翼式鱼鳞坑+秸秆(YY+J)、翼式鱼鳞坑(YY)及对照(CK)处理对山杏幼树地径、树高、材积、新梢生长、净光合速率、叶绿素含量, 以及土壤水分等的影响。结果表明: (1) 采用翼式鱼鳞坑及翼式鱼鳞坑与石子、秸秆、保水剂等综合集水保墒措施可有效改善山杏土壤水分状况, 一个生长季及一次大的降水后土壤含水量较对照分别提高了 22.4%~61.8% 和 28.53%~106.25%; (2) 集水保墒措施能有效促进山杏地径、树高、材积及新梢的生长, 处理平均较对照分别高 26.07%, 117.87%, 443.83%, 84.04%; (3) 集水保墒措施可通过促进土壤水分条件的改善来改善山杏光合作用等生理特性, 处理后山杏叶片叶绿素含量、日平均净光合速率、一次大的降水后净光合速率平均较对照高 25.24%~128.73%, 22.18%~153.56%, 3.16%~35.35%; (4) 综合各种集水保墒措施对山杏生长、生理及土壤水分等指标的影响, 结合经济因素考虑, 翼式鱼鳞坑+石子(YY+S)和翼式鱼鳞坑+秸秆(YY+J)是华北片麻岩石质山地山杏两种方便、经济、适用的集水保墒措施。

关键词: 片麻岩石质山地; 翼式鱼鳞坑; 集水保墒; 山杏

中图分类号: S753.53

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)06-0071-06

Study on Selection of Water-Harvesting and Moisture-Conserving Measures in Young Plantations of *Prunus sibirica* L. in Gneiss Mountainous Area of North China

LI Guang-de^{1,2}, ZHANG Yue-tao¹, ZHAI Ming-pu¹, TAN Fei-li^{1,3}, JIA Li-ming¹

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

Forestry University, Beijing 100083, China; 2. School of Agroforestry & Medicine, Open University

of China, Beijing 100039, China; 3. Zhanjiang Normal University, Zhanjiang, Guangdong 524048, China)

Abstract: In order to select reasonable water-harvesting and soil conservation measures in young plantations of *Prunus sibirica* Lam. in gneiss rocky mountainous area of north China, growth, physiological, and soil moisture evaluation indicators such as ground diameter, tree height, volume, shoot length, net photosynthetic rate, chlorophyll content, and soil water content were used to indicate the effect of different measures on *Prunus sibirica* L. in Pingshan County, Hebei Province in 2008. The micro-topography water-harvesting and soil conservation measures include wing-style fish-scale pits + soil absorbent polymers + stone-mulching (YY+B+S), wing-style fish-scale pits + soil absorbent polymers + straw-mulching (YY+B+J), wing-style fish-scale pits + soil absorbent polymers (YY+B), wing-style fish-scale pits + stone-mulching (YY+S), wing-style fish-scale pits + straw-mulching (YY+J), wing-style fish-scale pits (YY) only, also a group of *Prunus sibirica* L. without any treatment were included as the control treatment(CK). The result showed that: (1) soil moisture could be improved by the water-harvesting and soil conservation measures by 22.4% to 61.8% and 28.53% to 106.25% in a whole growth season and a rainfall cycle, respectively; (2) the growth of *Prunus sibirica* L. such as ground diameter, tree height, volume, and shoot length could be enhanced through the above treatments by 26.07%, 117.87%, 443.83%, and 84.04%, respectively com-

收稿日期: 2013-04-15

修回日期: 2013-05-10

资助项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题“华北中山区高效水土保持林构建技术与示范”(2011BAD38B0605)

作者简介: 李广德(1980—), 男, 山西武乡人, 博士, 讲师, 主要从事森林培育及远程教育方面的研究。E-mail: guangdeli123@163.com

通信作者: 贾黎明(1968—), 男, 山西偏关人, 博士, 教授, 主要从事森林培育及城市林业等方面的研究。E-mail: jlm@bjfu.edu.cn

pared with CK; (3) the net photosynthetic rate, chlorophyll content of *Prunus sibirica* L. increased by 3.16%~153.56%, and 25.24%~128.73%, respectively, compared with CK; (4) considering the factors above, also with the economic factor, YY+S and YY+J were recommend as the available, economical, convenient, and adaptable water-harvesting and soil conservation measures for *Prunus sibirica* L. in gneiss rocky mountainous area.

Key words:gneiss rocky mountainous area; wing-style fish-scale pits; water-harvesting and moisture-conserving; *Prunus sibirica* Lam.

我国片麻岩山地分布广泛,总面积约 3.2×10^7 hm^2 ,其土壤沙性强,保水保肥能力差,是极为苛刻的造林地和生态环境建设用地。河北省是我国片麻岩集中分布面积较大的地区之一,占全国片麻岩山地总面积的 3.7%^[1]。片麻岩山地常因地表径流将土壤中可溶性物质及细小土粒被冲走,造成土壤质地明显变粗,土层变薄,生产力下降^[2],而土壤水分条件是影响该地区植树造林、植被重建、退化生态系统恢复的主要生态因子^[3-4]。提高降水少而集中的干旱半干旱片麻岩山区土壤的蓄水保墒能力是造林成功、树木正常生长的关键。集水蓄水保墒技术主要包括汇集径流进行集水,选用土壤保水剂保持土壤水分,防渗材料防止土壤水分渗漏,利用覆盖材料覆盖在土壤表面防止土壤水分蒸发等^[5]。山杏(*Prunus sibirica* Lam.)是黄土丘陵区常见的乡土树种,耐寒、耐旱、耐贫瘠、病虫害少,具有一定的观赏、药用及经济价值,同时其光合作用对土壤水分适应范围较广,是黄土丘陵区植被恢复、退耕还林的主要树种之一^[6-8]。

本文以华北片麻岩石质山区主要造林和植被恢复树种之一的山杏为研究对象,通过不同集水保墒措施对林地土壤水分、幼树生长、光合生理特性等影响进行研究,力图选择出适合该地区山杏幼林地抚育及造林的最佳集水保墒措施,以有效改善树木生长环境,促进树木生长,进而为类似地区森林培育及水土保持提供一定理论和技术支持。

1 试验地概况

试验地位于河北省西部太行山中段东麓的平山

县岗南镇寺家沟村(38°22'N,114°2'E),以丘陵为主,平均海拔 100~300 m,坡度 4°~40°。属暖温带大陆性季风气候,冬春寒冷干燥,秋季凉爽少雨,无霜期 140 d。据平山县气象局 1960—2004 年资料统计,该地区平均降水量 500 mm,集中在 7—9 月 3 个月,由于植被稀疏,土层较薄,降雨多以地表径流的形式输出。试验区母岩以片麻岩、花岗岩和页岩为主;低山土壤分布有山地褐土、粗骨土和石质土;丘陵地带则分布有褐土,局部地段分布有黄土。试验地土壤容重 1.48 g/cm^3 ,饱和含水量为 27.58%,田间持水量为 15.51%;pH 值平均为 7.0,N、P、K 和有机质的含量平均分别为 0.073%,26.85 mg/kg ,52.96 mg/kg 和 1.59%。

2 材料与方法

2.1 试验材料及集水措施选择

于 2008 年 3 月对试验地所在区域进行调研,在摸清试验地地形地貌、气候及土壤特征、植被等基本情况的基础上,选择山杏作为试验对象。由于试验地地形破碎、裸岩较多,因地制宜根据微地形特点选择不同规格翼式鱼鳞坑作为山杏集水措施。

翼式鱼鳞坑标准如下:坑面宽为 50 cm,长 80~100 cm;翼长 80~100 cm;上口宽 20 cm,下口宽 20 cm,深 20 cm;断面角度 30°(坡度小于 20°)或 45°(坡度大于 20°),详见图 1。

微型集水区表面为自然坡面,位于立地条件基本一致的同一坡面。处理前树高 58~386 cm,地径 0.72~5.63 cm。

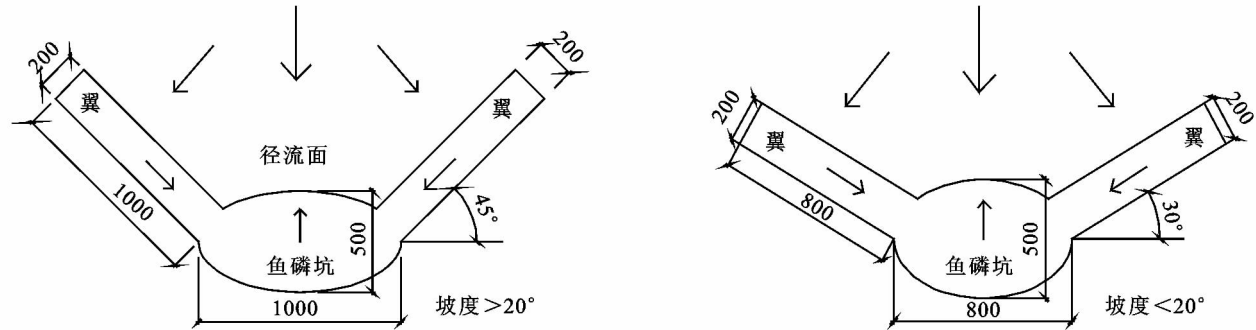


图 1 翼式鱼鳞坑示意图(单位:mm)

2.2 试验设计

采用随机区组设计,由于地形破碎,每小区重复数7~16株不等,共82株。试验在翼式鱼鳞坑的基础上分别采取施用保水剂、秸秆及石子覆盖等综合保水措施,共设置了翼式鱼鳞坑+保水剂+石子(Y Y+B+S)、翼式鱼鳞坑+保水剂+秸秆(Y Y+B+J)、翼式鱼鳞坑+保水剂(Y Y+B)、翼式鱼鳞坑+石子(Y Y+S)、翼式鱼鳞坑+秸秆(Y Y+J)、翼式鱼鳞坑(Y Y)及对照(CK)7种处理。

2.3 技术规则

2.3.1 保水剂施用 于2008年春季在降雨来临的前2~3 d施用法国SNF(爱森)公司生产的AQUA-SORB3005KL型保水剂(颗粒直径0.5~3.1 mm),施用量为40 g/株。具体做法是:在离树体中心20 cm处挖环沟,将40 g保水剂与表土按1:1充分混匀后施入,再在其上覆盖一层5 cm厚的土以避免保水剂与大气直接接触。

2.3.2 石子铺设 就地取材,选取粒径为5~10 cm的块状石子,铺满整个种植穴。

2.3.3 秸秆铺设 将玉米秸秆剪成50 cm左右,盖于种植穴,厚度5 cm。

2.4 测定指标及方法

2.4.1 生长调查 以地径、树高、新梢生长等作为生长指标,对82株样树每木检尺逐株测定。为了尽量减少误差,地径测定处用红油漆做好标记,每次测定都在标记处。生长季结束时测定山杏新梢生长量。

2.4.2 土壤含水量 用土钻对82株样树每株采集距树体20 cm、深20 cm处土样,采用烘干法测定。

2.4.3 净光合速率 利用Li-6400便携式光合测定系统测定山杏叶片净光合速率。在同一坡向选各处理相邻标准木中上部南向枝条上叶片定时、定位观测,日变化从8:00到18:00,步长2 h,自然光源,每株标准木测定3片。为了尽量减小因时间差异导致的误差,操作时先依次测定各种处理的第一片叶片,之后测定第二片,最后再循环测定第三片。

2.4.4 叶绿素含量 采用丙酮一分光光度法测定。叶绿素含量测定取样除测定标准木外,不同处理再各选另外2株采样,每株取3叶片,每处理共9片叶片,将每株树的3片叶片作为1个重复,每重复读3个数。

2.5 数据处理

试验所得数据利用Excel 2003和SPSS 17.0分析整理。不同处理下土壤水分含量、新梢生长量、净光合速率、叶绿素含量的差异利用单因素方差分析进行比较,多重比较在0.05和0.01水平上利用LSD

法检验。为了消除初始条件对试验结果的影响,利用协方差分析来分析不同处理下地径生长、材积指标生长差异,协方差分析后利用LSD法对协方差分析的矫正均值进行多重比较。

3 结果与分析

3.1 不同集水保墒措施对山杏土壤水分的影响

3.1.1 生长季内不同集水保墒措施对土壤水分的影响 一个生长季内(6—10月,图2中所示数据为每月5日、15日及25日土壤含水量测定的平均值),山杏土壤水分动态呈现“降—升—降”的变化趋势(图2),结合生长季内降水量和蒸发量分布(图3),可以发现,虽然6—8月3个月降水集中且降水量较大而均匀,但7月相对较大的蒸发量导致8月和6月土壤水分含量较高,7月较低。生长季各集水保墒处理下山杏的土壤水分含量平均均为10.9%,对照平均均为7.8%。整个生长季,YY+S、YY+J、YY+B、YY+B+J、YY+B+S、YY分别较CK高61.8%,53.5%,45.7%,25.3%,23.9%,22.4%,采取翼式鱼鳞坑及施用保水剂、秸秆及石子覆盖等综合保水措施能有效改善山杏土壤水分条件。从一个生长季土壤水分动态来看,YY+S、YY+J和YY+B处理效果相对较好。

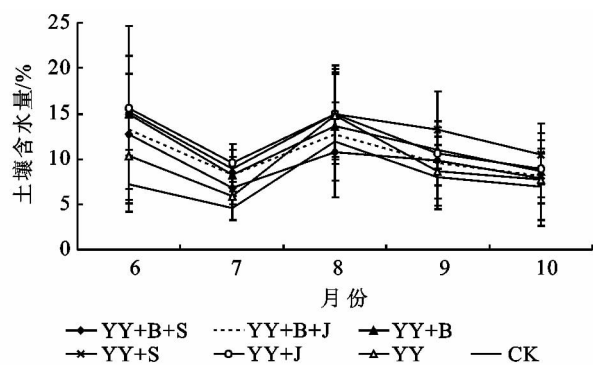


图2 一个生长季不同集水保墒措施下山杏土壤水分

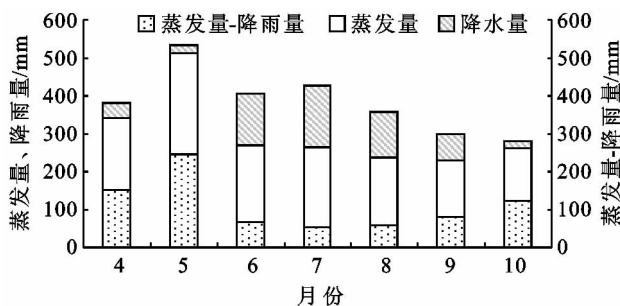


图3 试验地2008年生长季降水量和蒸发量分布

3.1.2 一次大降水后土壤水分含量变化 为更好地说明不同集水保墒措施对山杏土壤水分的影响,对2008年7月17日一次性降水31.3 mm后各处理土

壤水分动态进行了监测(图 4)。由图 4 可以发现,采取集水保墒措施处理的山杏土壤水分含量整体要高于对照,处理和对照土壤水分的差异随着降雨后时间的推移而逐渐减小。降水后的 9 d 内,各处理下土壤水分平均含量 7.84%,对照 4.62%。雨后第三天,各处理下土壤平均水分含量为 11.2%,对照平均 6.0%;方差分析表明,YY+J、YY+B 处理土壤水分含量显著高于 YY+B+J、YY+B+S、YY、CK,YY+S 处理土壤含水量显著高于 YY+B+S、YY、CK;YY+J、YY+B、YY+S 的土壤含水量分别比 CK 提高了 125.6%,117.3%和 108.5%。随着时间的推移,各处理土壤水分含量虽然没有再显著高于对照,但依然显示出处理效果好于对照的趋势。雨后第 5 天,各处理下土壤水分含量平均为 8.7%,对照平均为 4.6%;到雨后第 9 天时,各处理下平均为 4.9%,对照平均为 3.9%。从一次大降水后不同处理对山杏土壤水分的影响来看,YY+J、YY+S 和 YY+B 效果较好。

3.2 不同集水保墒措施对山杏幼树生长的影响

3.2.1 对地径、树高及材积生长的影响 表 1 为分别以山杏初始地径、树高及材积指标为协变量作协方

差分析后得到的不同集水保墒措施山杏地径、树高及材积生长的矫正均值。由表 1 可以发现,消除初始条件对山杏生长的影响后,一个生长季内,YY+J、YY+B+J、YY+S 处理下山杏的地径生长量显著高于 YY+B+S 和 CK;YY+S 处理下山杏的树高显著高于 YY+B+S 和 CK;以 $\Delta h \cdot \Delta d^2$ 表征的材积生长指标在不同处理间的表现与树高相同。因此,从不同集水保墒措施对山杏地径、树高及材积生长的影响来看,YY+S、YY+J、YY+B 效果较好,而 YY+B+S 效果最差。

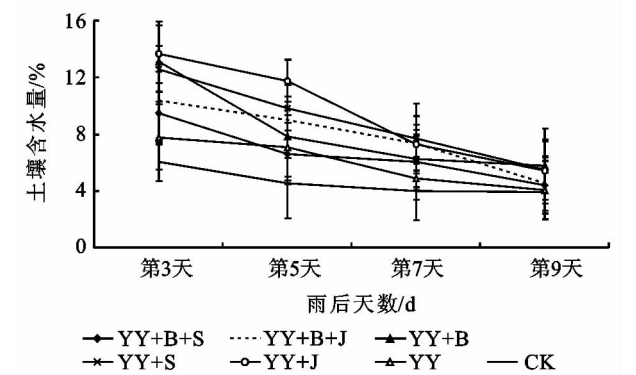


图 4 一次大降水后不同集水保墒措施对山杏土壤水分的影响

表 1 不同集水保墒措施下山杏幼树地径、树高、材积生长的矫正均值

集水保墒措施	地径生长量/cm	树高生长量/cm	材积生长指标/cm ³
YY+B+S	0.62±0.082c	25.25±15.38b	795.73±3187.54b
YY+B+J	0.91±0.075a	51.08±14.13ab	3652.88±2931.73ab
YY+B	0.59±0.078c	47.71±14.75ab	5158.00±3063.04ab
YY+S	0.85±0.082ab	79.56±15.79a	10697.60±3252.08a
YY+J	0.97±0.068a	53.49±12.90ab	6184.90±2658.40ab
YY	0.75±0.112abc	38.60±20.87ab	1051.84±4322.69ab
CK	0.62±0.106bc	22.62±20.12b	844.04±4109.07b

注:表中数据为矫正均值±标准误,不同字母表示 0.05 水平上差异显著。

3.2.2 对新梢生长的影响 不同集水保墒措施对山杏新梢生长的影响见图 5。各处理下山杏新梢生长量排序依次是 YY+J、YY+S、YY+B、YY+B+S、YY、YY+B+J,分别较 CK 高 120.87%($P<0.01$),119.74%($P<0.01$),78.30%($P<0.01$),73.14%($P<0.01$),66.51%($P>0.05$),45.71%($P>0.05$)。因此,从促进新梢生长的角度来看,YY+J、YY+S、YY+B、YY+B+S 效果最好。

3.3 不同集水保墒措施对山杏光合特性的影响

3.3.1 不同集水保墒措施下山杏幼树净光合速率日变化 已有研究表明,不同发育时期、不同条件对山杏的光合能力有较大影响。王铎等^[9]对陕西吴起县中山丘陵沟壑区山杏人工林光合特征的研究表明,5—8 月山杏的光合能力不同,最大净光合速率(P_{max})5 月最小 [$6.19 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$],8 月最大 [$13.7 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]。不同土壤水分条件下,山杏 6 月净光合速率日变化峰

值介于 $2.0 \sim 8 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ^[10],7 月中下旬 P_{max} 为 $4.14 \sim 13.30 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ^[6]。而不同遮光处理对山杏 7 月上旬 P_{max} 也有较大影响,从 $8.36 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 到 $19.69 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 不等^[11]。

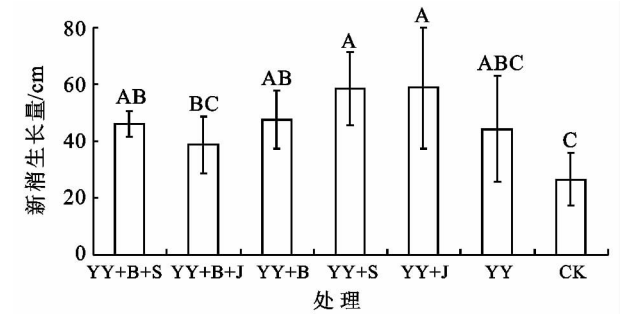


图 5 不同集水保墒措施对山杏幼树新梢生长的影响

从初夏(5 月 20 日)和盛夏(7 月 20 日)晴天不同处理山杏幼树叶片净光合速率日变化(图 6)也可以看出,山杏幼树叶片净光合速率日变化趋势不同,初夏

从 8:00—18:00 波动下降,峰值分别在 8:00、12:00 和 16:00;盛夏呈“双峰型”日变化,出现光合午休现象,峰值出现在 10:00 和 14:00,10:00 时峰值更大。初夏 YY+S、YY+J、YY+B+J、YY+B、YY+B+S、YY 各处理净光合速率日平均分别为 3.83 ± 1.94 , 3.19 ± 1.84 , 2.89 ± 1.35 , 2.64 ± 1.48 , 2.56 ± 1.26 , $2.09 \pm 1.30 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,分别较 CK 高 153.56%, 111.44%, 91.15%, 75.12%, 69.28%, 38.18%;盛夏 YY+J、YY+B+S、YY、YY+B+J、YY+S、YY+B 各处理净光合速率日平均分别为 (9.31 ± 4.35) , (8.83 ± 4.00) , (8.40 ± 3.96) , (8.26 ± 4.19) , $(7.93 \pm$

3.71), $(7.37 \pm 3.57) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,分别较 CK 高 54.36%, 46.39%, 39.26%, 36.86%, 31.45%, 22.18%。与上述不同时期、不同条件下山杏净光合速率不同类似^[6,9-11],图 6 也表明从初夏到盛夏随着山杏叶片的生长发育及温度、光照、土壤水分等环境条件的变化,山杏叶片净光合速率大幅提升,而不同处理对其光合速率的影响也较初夏有所减弱。方差分析表明,尽管各处理日平均净光合速率没有显著高于对照,但在各峰值点各处理的平均值都显著高于对照($P < 0.05$),也表明不同集水保墒措施通过对土壤水分的改善提高了山杏同化 CO_2 的能力,激发了山杏的生长潜力。

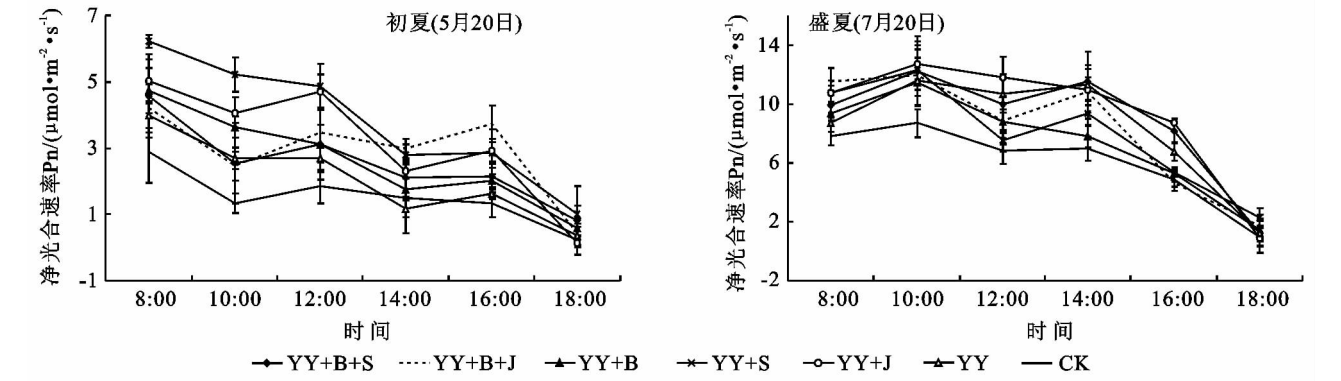


图 6 不同集水保墒措施下山杏幼树净光合速率日变化

3.3.2 一次大降水后不同集水保墒措施下山杏幼树的净光合速率变化 从一次大降水后不同集水保墒措施对山杏叶片净光合速率的影响来看(图 7),雨后山杏叶片净光合速率呈现先升高后降低的趋势,雨后第 5 天最大,随后逐渐减小。所有观测日 8:00 各处理下山杏净光合速率平均为 $(9.81 \pm 1.11) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,对照下山杏净光合速率为 $(8.13 \pm 0.86) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。雨后第 3 天,各处理下山杏净光合速率平均为 $10.20 \pm 1.03 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,对照平均为 $7.85 \pm 0.67 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;方差分析表明,除 YY+B 和 YY 外,其余各处理都显著高于 CK($P < 0.05$)。到雨后第 9 天,虽然各处理土壤水分含量都有了不同程度的下降,但 YY+S、YY+J 和 YY 3 个处理下山杏的净光合速率仍显著高于 CK($P < 0.05$)。可见,经过集水保墒技术处理的山杏通过土壤水分条件的改善使得其光合作用加强,而且这种加强效应较未处理的山杏更具有可持续性。

0.05 mg/g)和沙棘($2.00 \pm 0.05 \text{ mg/g}$),并认为这是山杏光合能力受到一定限制的因素之一。本研究不同处理山杏叶片叶绿素含量见图 8,其中最低的为 YY 和 CK,分别为 $(0.68 \pm 0.04) \text{ mg/g}$ 和 $(0.74 \pm 0.04) \text{ mg/g}$,低于靳甜甜等的研究结果,但经过一定集水保墒措施处理后,山杏叶片叶绿素含量便有了显著提高($P < 0.05$),最高的 YY+B、YY+S、YY+B+J、YY+J 分别达到 (1.70 ± 0.14) , (1.43 ± 0.07) , (1.36 ± 0.05) , $(0.98 \pm 0.50) \text{ mg/g}$ 。可见,通过集水保墒措施可有效提高山杏叶片叶绿素含量,由此改善和提高其光合能力,促进树木生长。

3.3.3 不同集水保墒措施下山杏幼树叶片叶绿素含量 叶绿素是光合作用中最有效和最重要的色素,其含量在一定程度上反映了植物的同化能力,从而影响植物生长^[12-13]。靳甜甜等^[13]对黄土高原常见树种刺槐、沙棘、山杏光合蒸腾特征的研究发现,山杏的叶绿素含量为 $(0.94 \pm 0.06) \text{ mg/g}$,显著低于刺槐($2.34 \pm$

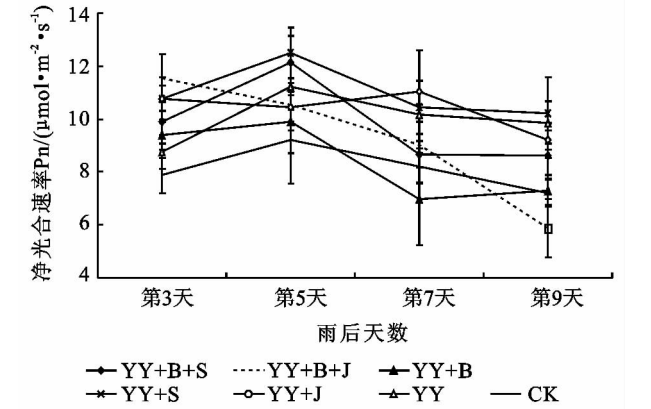


图 7 一次大降水后山杏幼树在不同集水保墒措施下 8 点净光合速率的比较

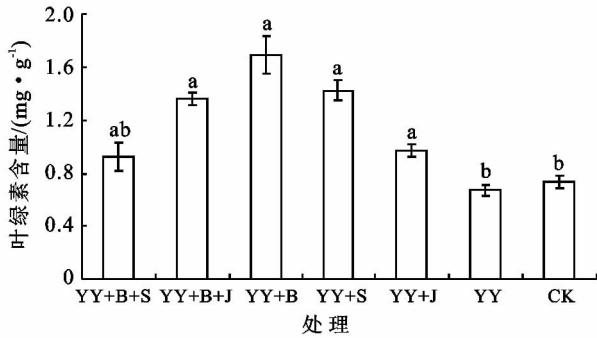


图8 不同集水保墒措施下山杏幼树叶绿素含量

4 结论与讨论

(1) 黄志霖等^[14]针对太行山石灰岩低山区的主要限制因子,提出了以集水、蓄水为目的翼式鱼鳞坑整地,经过3 a观测后认为翼式鱼鳞坑较常规鱼鳞坑土壤含水率平均增加3.4%,幼树新梢生长量平均提高15.8%。本文的研究也表明,在一个生长季,采用翼式鱼鳞坑及翼式鱼鳞坑与石子、秸秆、保水剂等综合保水措施后,土壤含水量和新梢生长较对照分别提高了22.4%~61.8%和45.71%~120.87%,而采取翼式鱼鳞坑的综合保水措施对土壤水分的改善和新梢生长的促进作用更为明显。

(2) 采用翼式鱼鳞坑等集水保墒措施可促进山杏地径、树高、材积及新梢生长,一方面在于集水保墒措施对山杏土壤水分条件的改善,另一方面也在于土壤水分条件改善对山杏叶绿素含量的提高和光合作用等生理功能的改善。因为无论从净光合速率的日变化,还是一次大降水后净光合速率的变化来看,集水保墒措施处理下的山杏叶片净光合速率都要高于对照。集水保墒措施处理下的山杏叶片叶绿素含量较对照高25.24%~128.73%。各处理下山杏叶片日平均净光合速率较对照高22.18%~153.56%;一次大降水后的9天内,处理后的山杏叶片净光合速率较对照高3.16%~35.35%。

(3) 郎莹等^[8]认为山杏光合作用的适宜土壤水分范围在44.7%~80.9%之间(相对含水量),最适宜的为68.2%左右。张征坤等^[10]的研究发现,土壤相对含水量在56.1%以下时,山杏叶片净光合速率随着土壤水分含量的增加而增加;当土壤相对含水量超过56.1%时,山杏叶片净光合速率随土壤水分含量的增加呈现降低的趋势。夏江宝等^[6]也发现,7月中下旬山杏净光合速率最大时土壤相对含水量为67.6%,当超过61.5%~67.6%,最大净光合速率随土壤含水量的升高而降低。可见,山杏光合作用的提高有一定的土壤水分区间,在这个适宜区间内,光合

作用会随着土壤水分的改善而增强,一旦超出这个范围,其光合能力则随土壤水分含量的增加而减弱。本研究中,在7月一次性降水31.3 mm后,土壤相对含水量从降水后第3天的67.24%降至第5天的52.18%时,净光合速率呈增大趋势;之后从52.18%降到第9天的30.95%时,净光合速率持续降低。出现这种净光合速率随着土壤含水量逐渐降低先升高后降低的趋势,一方面如上述研究结果所述可能与山杏光合作用适宜土壤水分存在一定阈值有关,另一方面也可能与环境条件的变化有关,还需要进一步研究和探讨。

(4) 综合各种集水保墒措施对山杏地径、树高、材积、新梢生长等生长指标,净光合速率、叶绿素含量等生理指标,以及以土壤水分为代表的环境条件的影响可以发现,翼式鱼鳞坑+石子(YY+S)、翼式鱼鳞坑+秸秆(YY+J)、翼式鱼鳞坑+保水剂(YY+B)三种综合集水保墒措施处理效果最好,但考虑到就地取材及经济因素,翼式鱼鳞坑+石子(YY+S)和翼式鱼鳞坑+秸秆(YY+J)两种措施更值得在生产实践中进行应用和推广。

需要指出的是,翼式鱼鳞坑+保水剂+石子(YY+B+S)、翼式鱼鳞坑+保水剂+秸秆(YY+B+J)三种措施的配比效果较两种措施配比如翼式鱼鳞坑+石子(YY+S)、翼式鱼鳞坑+秸秆(YY+J)、翼式鱼鳞坑+保水剂(YY+B)差,造成这种现象的原因尚不明确,推测可能是石子和秸秆覆盖的截流使得保水剂的吸水量减少,限制了土壤水分向下运移,由此影响到山杏主要根系分布层(10—70 cm)^[15]土壤水分条件的改善,从而影响到山杏的生长;也可能由于降水经过石子和秸秆后变的浑浊而影响到保水剂对水分的吸收。

参考文献:

- [1] 李保国,张金柱,郭素平.河北省太行山片麻岩山地景观生态经济资源特征与利用研究[J].河北农业大学学报,2005,28(4):14-17,22.
- [2] 周国娜,宋庆丰,杨新兵.华北花岗岩片麻岩山地土壤促成技术研究:室内模拟肥料对岩石金属元素释放作用Ⅰ[J].水土保持研究,2011,18(3):255-259.
- [3] 张明如,翟明普,王学勇.太行山低山丘陵区植被恢复构建的生态对策和途径[J].中国水土保持科学,2006,4(2):75-81.
- [4] 徐学华,张金柱,张慧,等.太行山片麻岩区植被恢复过程中物种多样性与土壤水分效益分析[J].水土保持学报,2007,21(2):133-136,174.

利用以空间结构单元为基础的树种混交度、大小比数和角尺度等参数分析林分空间结构,便于人们对森林的结构有一个比较清晰的认识^[18]。在调整森林结构时,应针对顶极或主要伴生树种的空间结构参数如角尺度、竞争树大小比数和混交度来进行空间结构调整,使经营对象处于竞争优势或不受到挤压的威胁,整个林分的格局趋于随机分布,群落生物多样性得到提高,林分群体均健康成长。

参考文献:

[1] 闫东锋,何静,郭芳,等. 宝天曼栎类天然次生林乔木层种间联结性研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(1):26-30.

[2] 柴勇,孟广涛,武力,等. 馨香玉兰所在群落主要树种的种间联结性[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):31-35.

[3] 李明辉,何风华,刘云,等. 林分空间格局的研究方法[J]. 生态科学,2003,22(1):43-50.

[4] 胡艳波,惠刚盈. 优化林分空间结构的森林经营方法探讨[J]. 林业科学研究,2006,19(1):1-8.

[5] Gadow K V. Continuous Cover Forest Assessment, Analysis Scenarios[C]. International IUFRO Conference, Goettingen, Germany, 2001:19-21.

[6] Gadow K V, Hui G Y. Modeling Forest Development [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,1999.

[7] 惠刚盈, Gadow K V, Albert M. 角尺度:一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学,1999,35(1):37-42.



(上接第 76 页)

[5] 李根柱. 新材料蓄水渗膜在干旱半干旱地区造林应用的研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.

[6] 夏江宝,张光灿,孙景宽,等. 山杏叶片光合生理参数对土壤水分和光照强度的阈值效应[J]. 植物生态学报,2011,35(3):322-329.

[7] 刘硕,贺康宁. 不同土壤水分条件下山杏的蒸腾特性与影响因子[J]. 中国水土保持科学,2006,4(4):66-70.

[8] 郎莹,张光灿,张征坤,等. 不同土壤水分下山杏光合作用响应过程及其模拟[J]. 生态学报,2011,31(16):4999-4508.

[9] 王铎,刘广全,土小宁,等. 黄土高原农牧交错带山杏光合特征测定分析[J]. 西南林业大学学报,2011,31(1):22-26.

[10] 张征坤,张光灿,刘顺生,等. 土壤水分对山杏光合作用日变化过程的影响[J]. 中国水土保持科学,2012,10

[8] 惠刚盈, Gadow K V, Albert M. 一个新的林分空间结构参数:大小比数[J]. 林业科学研究,1999,12(1):1-6.

[9] 惠刚盈,李丽,赵中华,等. 林木空间分布格局分析方法[J]. 生态学报,2007,27(11):4717-4729.

[10] 胡艳波,惠刚盈,戚继忠,等. 吉林蛟河天然红松阔叶林的空间结构分析[J]. 林业科学研究,2003,16(5):523-530.

[11] 安慧君,张韬. 异龄混交林结构的定量分析[M]. 北京:中国环境科学出版社,2004.

[12] 李丽,惠淑荣,惠刚盈,等. 森林结构调查最小面积的研究[J]. 林业资源管理,2007(2):47-51.

[13] 李明辉,何风华,刘云,等. 林分空间格局的研究方法[J]. 生态科学,2003,22(1):43-50.

[14] 惠刚盈,胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J]. 林业科学研究,2001,14(1):177-181.

[15] 惠刚盈, Gadow K V, 胡艳波. 林分空间结构参数角尺度的标准角选择[J]. 林业科学研究,2004,17(6):687-692.

[16] Gadow K V, Hui G Y. Characterizing forest spatial structure and diversity[C]//Proceedings of the SUFOR conference ‘Sustainable Forestry in Temperate Regions’,2002:7-9.

[17] 邓送求,闫家锋. 南京紫金山枫香风景林空间结构分析[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(4):117-122.

[18] Dungan J L, Perry J N, Dale M R T, et al. A balanced view of scale in spatial statistical analysis [J]. Ecography,2002,25(2):626-640.

(3):99-104.

[11] 夏江宝,张光灿,刘京涛,等. 遮光处理对山杏幼苗光合特性的影响[J]. 西北植物学报,2010,30(11):2279-2285.

[12] Nagaraj N, Reese J C, Kirkham M B, et al. Relationship between chlorophyll loss and photosynthetic rate in Greenbug (Homoptera: Aphididae) damaged sorghum [J]. Journal of the Kansas Entomological Society,2002,75(2):101-109.

[13] 靳甜甜,刘国华,胡婵娟,等. 黄土高原常见造林树种光合蒸腾特征[J]. 生态学报,2008,28(11):5758-5765.

[14] 黄志霖,郑红建,李大明,等. 翼式鱼鳞坑整地方法研究[J]. 河南林业科技,1999,19(4):27-36.

[15] 赵忠,李鹏,王乃江. 渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征的研究[J]. 应用生态学报,2000,11(1):37-39.