

江苏沿海地区生物措施提高水土保持效益研究

赵明华¹, 杨延春², 邹志国², 刘德斌²

(1. 江苏省水利厅农发中心, 南京 210029; 2. 江苏省沿海水利科学研究所, 东台 224200)

摘 要: 在江苏沿海地区沙壤土区种植意杨、银杏、柿子等经济乔、灌木水土保持的基础上, 种植菊苣、德宝、爱国草等牧草, 结果表明: 在汛期可增加地表覆盖度 46% ~ 84%, 减少土壤侵蚀量 49. 9% ~ 71. 4%, 土壤有机质增加 19. 1%, 土壤年脱盐率达 26. 5%, 夏季地表温度下降 1. 8 ~ 4. 6 , 减少蒸发 0. 9 ~ 12. 6 mm/d, 相对湿度提高 14% ~ 20%, 增加经济收益 4 500 元/hm², 其水土保持效果、生态效益、经济效益得到明显改善和提高。

关键词: 生物措施; 牧草; 水土保持

中图分类号: S 157. 43 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004)03-0233-04

Studies on Benefits of Improving Water and Soil Conservation by Ecological Measures in Coastal Regions of Jiangsu Province

ZHAO Ming-hua¹, YANG Yan-chun², ZOU Zhi-gou², LIU De-bin²

(1. Agricultural Technology Popularization Center of Water Conservancy Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China; 2. Institute of Water Science in Coastal Regions of Jiangsu Province, Dongtai 224200, Jiangsu, China)

Abstract: In coastal regions of Jiangsu Province, not only tress, such as Italian tree, ginkgo, persimmon, but also grass, such as Juju grass, Derby, Aiguo grass, etc., were planted to conserve water and soil. The results showed that in rain season, land cover rate increased by 46% ~ 84%, soil erosion decreased by 49. 9% ~ 71. 4%, soil humus increased by 19. 1%, desalination increased to 26. 6% per year, tempereature of land surface in summer decreased 1. 8 ~ 4. 6 , soil evaporation decreased by 0. 9 ~ 12. 6 mm/d, relative humidity increased by 14% ~ 20%, economic benefits increased by 4 500 yuan/ hm², the effects of water and soil conservation, ecological benefits and economic benefits were greatly improved.

Key words: ecological measures; grass; water and soil conservation

江苏沿海地区沙壤土区占该区总面积的一半以上。沙壤土具有土体结构松散、保肥、蓄涵水性差等特点, 因此, 水、土、肥极易流失, 具体表现为以下几个方面: 一是部分地区土地日渐贫瘠, 土壤次生盐渍化问题严重, 增产、增收潜力下降; 二是河道淤积严重, 河床抬高, 水引不进、排不出, 同样存在水多、水少、水污染的问题; 三是土壤覆盖度低, 局地小气候调节能力差。要彻底解决这类生态环境恶化问题, 首先必须搞好该地区的水土保持。目前在江苏沿海地区, 比较成熟的水土保持措施有水土保持工程措施、生物措施和农业措施。由于工程措施投入大、技术要求高, 配套、维修保养及应用研究和推广都有一定的困难。在农业措施方面, 采用增加覆盖增温保墒, 建设低压供水及防渗渠道、喷灌、滴灌等节水工程, 已是当今高效生态农业的发展方向。为适应市场经济对沿海地区农业的需求, 使产业结构由以粮、棉为主转向大力发展蓄、禽、渔、经济林果等多种经营产业, 研究引种适宜于本地区种植的牧草品种, 以及与乔、灌木配套种植的生物措施, 以提高单纯种植乔、灌木的水土保持效益, 通过其水土保持效果以及生态环境、经济效益的分析, 为大面积推广提

供理论和实践依据。

1 试区概况

试区选在东台市沿海经济植物园和大丰市草庙镇内。该区地处北亚热带向暖温带过渡地段, 温和湿润、雨水充沛、雨热同季、四季分明, 多年平均降水量为 1 048 mm, 但时空分布极不均匀, 汛期(6 ~ 9 月) 4 个月降水量占全年降水量的 58. 9%, 雨涝、台风、龙卷风、冰雹等灾害性天气多在此期出现, 此期亦是水利工程毁坏和水土流失的最主要时期。东台试验点在近梁垛河闸西北岸圩堤下青坎处, 土壤为重沙土, 土体中含有一定的盐分, 养分含量低(表 1)。随着近年来的土壤改良, 该地区已适宜农作物生长, 但有近一半的农田和坡地仍然比较贫瘠。地下水 and 河沟水的矿化度在 3. 0 ~ 9. 8 g/L, 不能用于灌溉, 灌溉用水主要是依靠天然降雨和深井水。园内沟、河坡及青坎处树木较小, 覆盖度低, 水土保持工程措施不能到位, 水土流失造成河、沟严重淤积。大丰草庙试验点在该镇水利站下属的盐丰公司内, 位于草庙河南岸, 为河坡地, 坡度 32 ~ 39°, 土壤为轻砂土, 由于该公司水土保持工作起步较早, 水

¹ 收稿日期: 2004-02-20
基金项目: 江苏省小流域综合治理专项基金项目(2001)- 12
作者简介: 赵明华(1952-), 女, 工程师, 长期从事农田水利科学研究和技术推广工作。

利工程和节水灌溉措施都已到位。两试区具有一定的对比性, 开展水土保持研究提供了便利的自然条件。

表 1 试验前土壤(0~20 cm)的理化性状

| 试区 | 全盐/(g·kg ⁻¹) | pH | 土 壤 粒 径/% | | | 有机质 /(g·kg ⁻¹) | 容重 /(g·cm ⁻³) | 总孔隙度 /% | 渗透系数 | 给水度 /% |
|----|--------------------------|------|-----------|------|-----|-------------------------------|------------------------------|------------|------|-----------|
| | | | 砂粒 | 粉粒 | 黏粒 | | | | | |
| 东台 | 1.85 | 8.14 | 30.2 | 69.0 | 0.8 | 11.0 | 1.34 | 46.7 | 4.13 | 4.1 |
| 大丰 | 0.32 | 8.08 | 13.3 | 84.3 | 2.4 | 14.2 | 1.29 | 51.6 | 5.22 | 3.5 |

2 试验处理设计

2.1 小区的布置

东台试区采用乔—灌—草的配套种植模式,即在圩堤上种植以刺槐、意杨为主的高大乔木,青坎上栽植银杏(行4 m×株3 m),银杏下种植牧草。兼顾禾本科、豆科,宽叶型、尖叶型牧草,选择了具有代表性的菊苣、德宝、狗芽根、白三叶、爱国草5个品种。采用随机区组试验,两次重复,每个小区的面积约250 m²,四周筑有高20 cm的田埂,确保每个小区为一个单独的径流试验场。试区中央有排水沟经跌水入河,四周采用宽叶型黑麦草作保护行,行外设置栅栏以防牛、羊等食草动物的侵扰。

大丰试区采用小意杨—牧草的生物护坡模式,树距3 m×4 m,种有菊苣、德宝、黑麦草、白三叶四个品种,设8个小区,两次重复,小区面积90 m²(15 m×6 m),均采用条播,行距25~40 cm,方向与河流走向相同。

2.2 试验内容与方法

(1) 牧草的引种:通过定点、定时考苗,分区收获记产,掌握其出苗及不同季节的生长发育情况、生活习性、抗逆性等,以确定适应本地区土壤和气候的牧草品种。

(2) 水土保持效果:采用人工模拟降雨,测定小区径流中的泥沙含量和土壤侵蚀量,来确定牧草根系的固土效果和植

被的抗冲、抗侵蚀能力。沟、河淤积量和面上流失量由埋设断面桩测定。

(3) 经济效益:包括牧草的产量,单位面积可供养畜、禽、渔数量以及相配套种植的乔、灌木产生的经济效益。

(4) 生态效益:定点、定时测定局地小气候和土壤环境。包括地表温度、相对湿度、叶面积指数、覆盖度、土壤水分、侵蚀模数、各类土壤养分、孔隙度、容重等。

3 结果与分析

3.1 水土保持效果

3.1.1 增加地面覆盖度和固持土壤能力

在银杏和小意杨下种植牧草,能明显增加地面覆盖度。黑麦草在秋、冬、春季有较高的覆盖度,但不能越夏。4月上旬播种的其它几种牧草,在春、夏、秋都有较高的覆盖度。在播种出苗阶段,叶面积指数为0.1~0.3,覆盖度均在10%以内。在生长旺盛中、后期,在刈割前,德宝、菊苣的叶面积指数为4.23和3.5,覆盖度都达到96%以上。图1显示,除白三叶由于不耐高温,在盛夏叶面积指数和覆盖度有所下降外,到了汛期,德宝、菊苣、爱国草、狗芽根都能维持很高的叶面积指数和覆盖度,其平均覆盖度分别是单纯种植银杏的4.5~4.6倍,是种植小意杨的6.2~6.6倍。覆盖度的增加,有利于降低土壤表面的蒸发,为防风固沙和抗雨滴击溅打下了良好的基础。

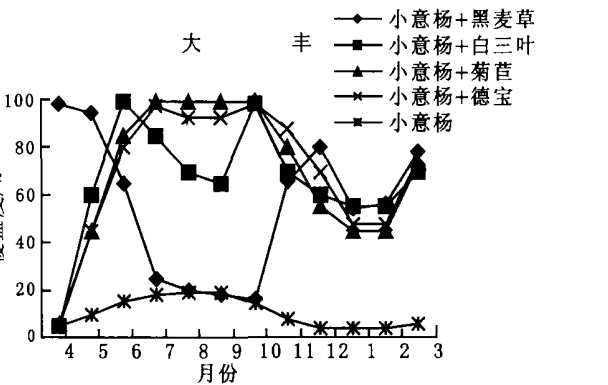
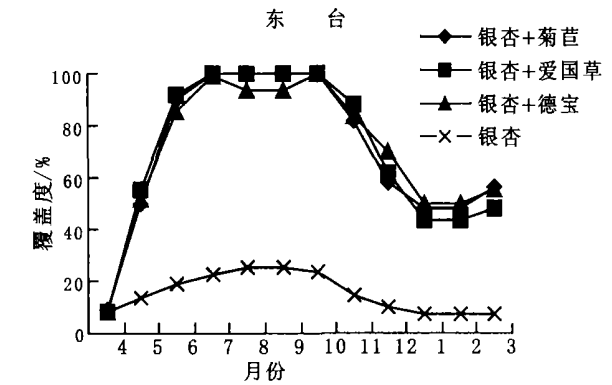


图 1 覆盖度随季节的变化

表 2 不同品种牧草的根系*

| 牧草 | 主根长 | 侧根数 | 根干重 | 根鲜重 | 叶干重 | 根冠比 |
|-----|------|------|------|------|------|-------|
| 品种 | /cm | /条 | /g | /g | /g | |
| 菊苣 | 71.1 | 14.2 | 0.52 | 21.3 | 1.20 | 1:2.3 |
| 德宝 | 86.2 | 15.6 | 0.63 | 16.5 | 1.32 | 1:2.1 |
| 白三叶 | 16.5 | 12.3 | 0.25 | 7.23 | 0.58 | 1:2.3 |
| 爱国草 | 14.7 | 46.3 | 2.92 | 24.6 | 13.1 | 1:4.5 |
| 黑麦草 | 须根 | | 0.57 | 8.21 | 1.54 | 1:2.7 |

* 20株平均数(东台)。
牧草在地上部分生长发育的同时,地下部分—根系也同时迅速生长发育。6月下旬的考苗结果显示,德宝、菊苣具有较强的耐旱性能,主根分别下扎深度达71.1和82.6 cm(表2),能吸收深层土壤中的水分,白三叶、狗芽根和黑麦草主根短,但侧根发达,且密集交织,具有很好的固持土壤性能。

3.1.2 抗冲、抗侵蚀能力增强

采用人工模拟降雨,通过改变出水压力和出水时间来改变雨强,观测产生地表径流的时间,取样测定地表径流中的泥沙含量和侵蚀模数(表3)。本试验采用了0.05 MPa、0.10 MPa、0.15 MPa、0.25 MPa四个级别的出水压力,经测定,其I₃₀分别约为:30 mm、50 mm、70 mm、120 mm,比较径流中的泥含量,狗芽根最低,其根系郁密交叉,抗冲、抗侵蚀能力最强径流中的泥沙含量仅为0.20~0.64 g/L,几乎没有土壤流失。其次是爱国草和菊苣,泥沙含量仅为0.31~2.56 g/L,其流失量小与其叶片大,抗雨滴击溅能力强有关。德宝、白三叶的抗侵蚀能力不及狗芽根和菊苣,这主要是因为苜蓿和白三叶的叶片较小,在雨水的直接击溅下,极易倒伏,使雨滴直接击打在地表土上,从而造成大量的水土流失,

但平均泥沙含量东台比对照少 102% ~ 115%, 大丰比对照少 241% ~ 505%。从几个径流试验场的土壤侵蚀模数来看, 平均侵蚀模数东台比对照减少 93% ~ 6 570%, 大丰比对照

表 3 不同雨强下径流中的泥沙含量和侵蚀模数

| 地 点 | 30/ mm | 径流泥沙含量/(g · L ⁻¹)/ 侵蚀模数(g · m ⁻²)* | | | | | | |
|-----|--------|--|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | | 狗牙根 | 白三叶 | 德宝 | 菊 苣 | 爱国草 | 黑麦草 | 对 照 |
| 东台 | 30 | 0.29/ 8.7 | 8.87/ 266.1 | 2.16/ 64.8 | 0.31/ 9.3 | 0.26/ 6.4 | | 14.06/ 421.8 |
| | 50 | 0.57/ 37.2 | 13.76/ 954.1 | 3.57/ 243.3 | 0.61/ 39.8 | 0.51/ 18.7 | | 21.60/ 1501.8 |
| | 70 | 0.24/ 53.6 | 12.42/ 1821.5 | 8.40/ 831.3 | 2.56/ 219.0 | 0.55/ 53.2 | | 13.29/ 2431.8 |
| | 120 | 0.20/ 77.6 | 10.47/ 3077.9 | 28.07/ 4499.7 | 2.37/ 503.4 | 0.41/ 146.6 | | 41.93/ 7463.4 |
| 大丰 | 30 | 0.34/ 9.6 | 4.26/ 127.8 | 1.63/ 48.9 | 0.20/ 6.0 | | 0.29/ 9.3 | 21.84/ 655.2 |
| | 50 | 0.64/ 47.4 | 5.17/ 386.3 | 2.82/ 189.9 | 0.33/ 22.5 | | 0.44/ 29.4 | 22.14/ 1762.2 |
| | 70 | 0.41/ 69.4 | 5.78/ 790.9 | 3.58/ 440.5 | 1.37/ 118.4 | | 1.33/ 185.7 | 17.87/ 3013.1 |
| | 120 | 0.33/ 89.2 | 7.14/ 1647.7 | 4.58/ 990.1 | 1.74/ 327.2 | | 2.23/ 427.0 | 14.42/ 4743.5 |

* 本次试验产生的侵蚀量。

测定大丰试区天然降水对土壤的侵蚀量, 结果表明, 黑麦草、白三叶、菊苣、德宝四个小区的侵蚀模数分别为 123.3 t/(hm² · a)、157.0 t/(hm² · a)、100.8 t/(hm² · a)、89.6 t/(hm² · a), 对照是 313.6 t/(hm² · a), 减少土壤流失 49.9% ~ 71.4%。2003 年淮河流域恰逢百年一遇的水灾, 该试区汛期降水量达 867 mm, 牧草护坡起到了很好的效果。对照区的草庙河河床平均淤积深度为 4 cm, 而牧草试验区只有 1.3 cm 就是一个例证。

3.2 生态效益

3.2.1 培肥、改善土壤的物理性状

种植牧草, 其根系可吸收和活化土壤中的养分, 残叶、茎遗留地表, 可疏松土壤、参与土壤团粒形成, 能培肥改土, 增加土壤养分含量, 加速脱盐, 改善土壤的物理性状。两年的试验结果表明, 德宝和白三叶能有效地增加土壤中的氮素含量(表 4), 土壤中有有效 N 较试验前提高 29.5% 和 22.2%, 可能是因为这两种牧草均属于豆科, 与生物固 N 有关; 黏粒含量由 0.8% 提高到 1.9%, 土壤盐分由 1.85 g/kg 下降到 1.36 g/kg, 年脱盐率达 26.5%, 有机质从试验前的 11.0 g/kg 提高到 13.1 g/kg, 增加 19.1%。狗牙根和菊苣小区的速效 P 增加了 22.2% 和 13.3%, 小于 0.005 mm 黏粒由 0.8% 提高至 1.9% ~ 2.1%, 增加了 137.5% ~ 162.5%。牧草试验区土壤的容重较对照下降了 3.0% ~ 6.0%, 孔隙度较对照增加

了 9.0% ~ 12.2%, 物理现状得到明性显改善。

表 4 牧草的培肥、改土效果(东台)

| 品 种 | 有效 N /(mg · kg ⁻¹) | 速效 P /(mg · kg ⁻¹) | 黏粒 含量 | 有机质 /(g · kg ⁻¹) | 盐分 /(g · kg ⁻¹) | pH | 容重 /(g · cm ⁻³) | 总孔隙 度/% |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|---------------------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------------|
| 德 宝 | 79.4 | 4.6 | 1.9 | 13.1 | 1.36 | 8.16 | 1.30 | 50.9 |
| 白三叶 | 74.9 | 4.6 | 1.9 | 13.3 | 1.36 | 8.14 | 1.27 | 52.2 |
| 狗牙根 | 63.0 | 5.5 | 2.1 | 13.3 | 1.45 | 8.08 | 1.26 | 52.4 |
| 菊 苣 | 69.3 | 5.1 | 1.9 | 12.9 | 1.48 | 8.19 | 1.30 | 51.2 |
| 试验前(对照) | 61.3 | 4.5 | 0.8 | 11.0 | 1.85 | 8.14 | 1.34 | 46.7 |

3.2.2 调蓄雨水、土壤持水性增强

在乔、灌木下种植牧草, 其保土作用可分为三个层次: 首先是乔、灌木冠层拦截雨水, 削减降水侵蚀能量; 其次是牧草保护地面免遭雨滴直接击溅, 又调节地表径流, 增加雨水入渗时间, 图 2 显示, 大丰试区平均产生径流的时间比对照长 60% ~ 171%; 另外, 乔、灌、草根系呈多层分布, 根系穿插和新陈代谢能增加土壤孔隙度, 更多的雨水入渗补给土壤和地下水, 提高了土壤含水量和贮水量, 由雨后土壤含水率消退变化曲线(图 3)可知, 在雨后的任一时段, 牧草区的土壤含水率都较对照高 0.40% ~ 5.0%, 土壤的持水性能明显增强。进一步说明通过种植牧草可将部分降水涵养于土壤之中, 在较长的时间内可作为渗流补给河流, 达到“整存零取”的水源涵养效果。

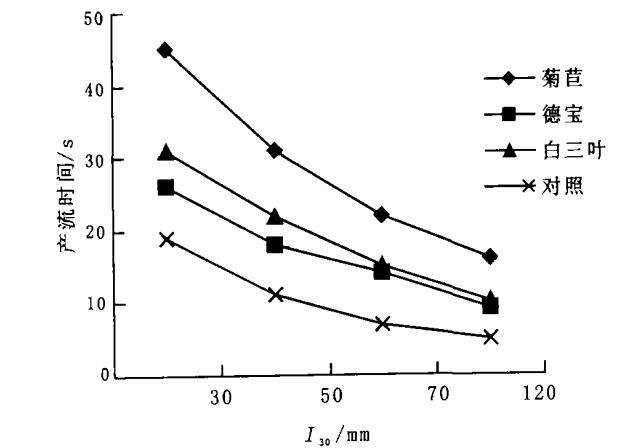


图 2 不同雨强条件下产生径流的时间

3.2.3 改善局地小气候

由于牧草试验区土壤覆盖度增加, 调蓄雨水的能力增强, 其局地小气候较对照也得到明显改善。在夏季高温, 连续

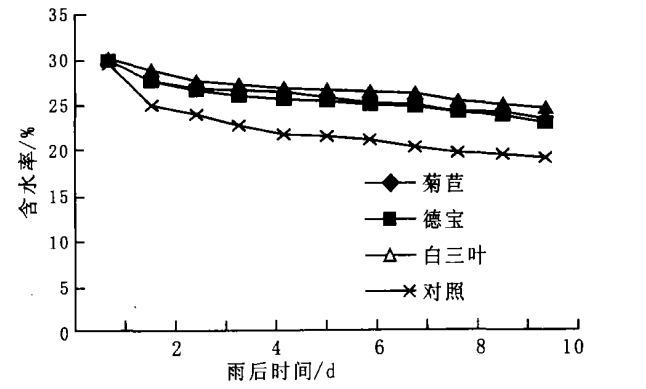


图 3 雨后土壤含水率随时间的变化

干旱无雨的情况下, 经测定, 不同品种的牧草可使地表温度下降 1.8 ~ 4.6 ℃, 5 cm 地温下降 1.7 ~ 3.8 ℃, 地面相对湿度提高 7% ~ 20%, 0 ~ 5 cm 土壤含水率提高 4.6% ~ 8.7%, 局

地小气候得到明显改善(表 5)。

3.3 提高经济效益

在沿海地区植树造林发展经济林木的基础上,在树木和经济林木尚未成材和产生经济效益时,种植牧草可以充分利用土地和自然资源,除具有明显的生态效益外,还具有明显的经济效益。两年的试验结果表明(表 6),单纯种植刺槐、意杨等乔木保持水土,平均年薪材累积量约为 15 m³/hm²,可收益 5 250 元。种植银杏、柿子等经济林木,平均每年可分别收益 12 600 元/hm² 和 8 400 元/hm²。若结合种植德宝、菊苣等牧草,以牧草饲养牛、羊、家禽、鱼等,可增加收益 4 500 元

表 6 不同种植方式下的经济效益

| 处 理 | | 收益方式 | 年产量/hm ² | 年均收益/(元·hm ⁻²) |
|-----|---------|------|----------------------|----------------------------|
| 对照区 | 刺槐、意杨 | 木 材 | 15 m ³ | 5250 |
| | 柿 子 | 柿 子 | 45000 kg | 8400 |
| | 银 杏 | 果、叶 | 果 13500 kg、叶 2250 kg | 12600 |
| 试验区 | 小意杨+ 德宝 | 木 材 | 15 m ³ | 9750 |
| | | 牧 草 | 101000 kg | |
| | 柿子+ 菊苣 | 果 | 45000 kg | 12900 |
| | | 牧 草 | 125000 kg | |
| | 银杏+ 德宝 | 果、叶 | 果 13500 kg、叶 2250 kg | 17100 |
| | | 牧 草 | 68600 kg | |
| | 菊 苣 | 牧 草 | 165000 kg | 6000 |
| | 德 宝 | 牧 草 | 132000 kg | 6000 |

4 讨 论

适地牧草品种和配套模式的确定,必须考虑牧草对当地土壤和气候的适应性、经济效益、水土保持效果三个方面。两年的试验结果表明:(1)白三叶由于喜湿、不耐干旱和高温,喜钙质和偏酸性土壤,最适生长温度在 28℃ 以下,而沿海地区土壤富钙但偏碱性,夏季气温大都在 28℃ 以上,因此不适宜在沿海沙土区种植。德宝、菊苣、狗芽根、爱国草为多年生,根系发达,抗旱能力较强,春、夏、秋季生长最为迅速,对沿海沙土区土壤和气候适应性好。黑牧草为一年生牧草,在 10~25℃ 生长最为迅速,需肥量较大,具有较强的抗寒性,怕高温,不能越夏,是除夏季外的理想牧草。因此,从土壤、气候的角度考虑,适宜本地种植的牧草为德宝、菊苣、狗芽根、爱国草、黑牧草。(2)种植牧草是通过饲养畜、禽、鱼来获得收益,首先必须考虑牧草的适口性,这是饲养的关键,如果适口性

差或口感不好,效益就低,其次才是产量。通过对试验区的牧草的喂养观察和对饲养户的走访(表 7),一致认为,狗芽根和白三叶因适口性差和产量低,种植效益低。德宝、菊苣、爱国草、黑牧草的年产量均在 100 000 kg/hm² 以上,而且适合大部分畜、禽、鱼食用,每 1 hm² 可净增收益 4 500 元,种植上述 4 种牧草具有较高的经济效益。因此,从经济效益的角度考虑,应种植的牧草品种为德宝、菊苣、爱国草、黑牧草。(3)在水土保持效果方面,汛期以种植菊苣、爱国草、狗芽根、德宝最好。在人工模拟降雨试验中,菊苣、爱国草、狗芽根三个小区径流中的泥沙含量最低,侵蚀模数为 44.3~192.9 g/m²,比对照减少 92.4%~98.3%。在天然降水对土壤的侵蚀方面,四种牧草试验区的年侵蚀模数比对照减少 49.9%~77.7%。黑麦草在汛期不能生长。因此,从汛期水土保持的角度考虑,沿海沙土区理想的牧草品种为菊苣、爱国草、德宝、狗芽根。

表 7 不同品种牧草的饲用价值

| 品 种 | 刈割间隔/d | 产 量 (kg·m ⁻² ·a ⁻¹) | 适 口 性 | 生加工情况 |
|-----|--------|---|---|--------------|
| 德 宝 | 35~42 | 6.86~10.1 | 青饲料是猪、幼畜、禽、鱼最好的蛋白质补充饲料,适合成猪、马、牛、羊等 | 干草可喂养牛、马、羊 |
| 菊 苣 | 25~30 | 12.5~16.5 | 适合家禽(鹅、鸭)、鱼、兔,可作为牛、马、羊的补充草料,因水分多应在喂养时与其它干饲料搭配使用 | 不适合作干饲料 |
| 狗芽根 | 25~30 | 1.0~2.5 | 仅作牛、马的补充饲料 | 干草适口性极差 |
| 黑麦草 | 20~30 | 10.0~12.75 | 适合牛、马、羊、兔、鹅、草鱼 | 干草可喂养牛、马、羊 |
| 白三叶 | 60~80 | 2.5~4.5 | 适合大多数食草动物 | 干草可喂养牛、马、羊 |
| 爱国草 | 30~35 | 10.6~16.8 | 适合猪、家禽(鹅、鸭),可作为牛、马、羊的补充草料,因水分多应在喂养时与其它干饲料搭配使用 | 干草可喂养牛、马、羊、猪 |

综上所述,沿海地区沙壤土区以种植银杏加种菊苣、德宝或爱国草,采用菊苣、德宝或爱国草间(套)种黑麦草,可以使牧草在季节上相互补充,水土保持效果、经济效益最好,是该地区最适宜的提高水土保持效益的生物措施。

参考文献:

[1] 陈帮本,方明.江苏海岸带土壤[M].南京:河海大学出版社,1988.1-9.
[2] 杨华,等.封山育林提高森林蓄水保土效益研究[J].水土保持研究,2001,8(3):2-5.