

12 种林下地被植物水土保持功能研究

赵雪乔, 袁小环

(北京草业与环境研究发展中心, 北京 100097; 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

摘要:为了研究林下地被植物的水土保持功能,分别运用室内茎叶浸泡法、静水崩析法、双环刀法对 12 种地被植物的茎叶截留雨水能力、土壤抗蚀性和渗透性进行了测定。结果表明:茎叶截留雨水最强的为拂子茅(*Calamagrostis brachytricha*)和玉带草(*Phalaris arundinacea* var. *picta*),超过自身质量的 40%;玉带草、披针叶苔草(*Carex lanceolata*)和青绿苔草(*Carex leucochlora*)最大地提高了土壤抗蚀性;种植地被植物普遍地降低了土壤容重,提高了土壤的渗透系数,其中玉带草、狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、拂子茅、青绿苔草、披针叶苔草、硫华菊效果极显著。青绿苔草、披针叶苔草、玉带草、拂子茅的综合水土保持功能较强,适合林下栽植。

关键词:土壤; 抗蚀性; 渗透性; 地被植物; 林下

中图分类号:S157.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0066-04

Soil and Water Conservation of Twelve Under-forest Cover Plants

ZHAO Xueqiao, YUAN Xiaohuan

(Beijing Research & Development Center for Grass and Environment, Beijing 100097,
China; Key Laboratory of Urban Agriculture (North), ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: To study the soil and water conservation function of cover plants on the forest floor, the water absorption of stem and leaves, the soil anti-erodibility and the soil permeability were measured with 12 cover plants using the indoor leaf immersion method, the hydrostatic collapse method, and the bicyclic knife method, respectively. The results showed that *Calamagrostis brachytricha* and *Phalaris arundinacea* var. *picta* had the highest water absorption over 40% of the stem and leaves weight; *Phalaris arundinacea* var. *Picta*, *Carex lanceolata* and *Carex leucochlora* best increased the soil anti-erodibility; the cover plants decreased the soil bulk density and generally increased the soil permeability, and the permeability of soils planted with *Phalaris arundinacea* var. *picta*, *Pennisetum alopecuroides*, *C. brachytricha*, *C. leucochlora*, *C. lanceolata* and *Cosmos sulphureus* extremely significantly differed from the control. Therefore, *C. leucochlora*, *C. Lanceolata*, *P. arundinacea* var. *picta* and *C. brachytricha* have the higher integrated soil and water conservation function and fit to be planted under the forest.

Keywords: soil; anti-erodibility; permeability; cover plants; under-forest

经济发展对生态环境提出了更高要求。黄土不露天要求乔、灌、草相结合的绿化模式,需要在林下种植地被植物。林下种植生态效益较强的地被植物,有利于提高林地植被覆盖率和蓄水保肥能力,对改良土壤,建立新的生态平衡,丰富林下种植模式,促进生态效益、经济效益和社会效益同步增长,具有重要意义。近年来,植树造林力度加大,仅北京市就完成了百万亩的造林工程,林下地被具有广阔的应用前景。然而,林下地被研究更多地集中于生态适应性与经济效益方面,在生态功能尤其水土保持功能方面鲜有涉及。

林下地被植物是指一些生长低矮、扩展性强、高度在一米以下的植物,有一定的耐阴性,强调使用价值或观赏价值且具有一定的生态效益,适宜在林下种植。在水土流失治理中,植物措施具有投资少、见效快、种类多、适应性广等特点,可短时间内覆盖地表^[1-2],保持水土,发挥林地生态效益。本研究选取适应性强、北京地区应用广泛的 12 种地被植物种植林下,通过测定植物茎叶截留雨水能力、土壤抗蚀性、土壤渗透性能^[3-4]筛选适合林下种植的植物,为林下水土保持植物应用提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在北京市丰台区王佐镇怪村大苗基地内,东经 116°8′16″,北纬 39°48′30″,属典型温带大陆性气候,北京气象局 30 a(1971—2000 年)的气象数据表明,年平均气温 12.3℃,年平均降水量 571.8 mm,无霜期 180~200 d。

上层林为 5 a 生元宝枫(*Acer truncatum*),树间距东西 5.5 m,南北 4.9 m,郁闭度 29.3%,属中度郁闭。土壤有机质含量 12.8 g/kg,土壤容重 1.62 g/cm³,速效氮 32.04 mg/kg,速效磷 2.18 mg/kg,速效钾 9.19 mg/kg。

1.2 试验材料和种植

地被植物为:玉带草(*Phalaris arundinacea* var. *picta*)、‘斑叶’芒(*Miscanthus sinensis* ‘Zebrius’)、‘小兔子’狼尾草(*Pennisetum alopecuroides* ‘Little Bunny’)、狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、拂子茅(*Calamagrostis brachytricha*)、‘细叶’芒(*Miscanthus sinensis* ‘Gracillimus’)、青绿苔草(*Carex leucochlora*)、披针叶苔草(*Carex lanceolata*)、蓝赖草(*Leymus secalinus*)、玉簪(*Hosta plantaginea*)、百日草(*Zinnia elegans*)和硫华菊(*Cosmos sulphureus*),其中百日草、硫华菊、青绿苔草、披针叶苔草为当年生实生苗,其他为当年生分株苗。

种植前覆 5 cm 厚腐殖质,整地,翻入表土。2014 年 5 月栽植。每种植物种植四个样区,每个样区 2 m×5 m。

1.3 茎叶截留雨水测定

2014 年 9 月,采用室内茎叶浸泡法测定吸水率,表示植物截留雨水能力。每种植物随机选取 4 棵,刈割,采用赛多利斯天平(BS124S, sartorius)称量地上部分(g_1),随后浸水 3 h,等茎叶不滴水时再次称重(g_2),吸水率 $p=(g_2-g_1)/g_1\times 100\%$,求平均值。

1.4 土壤抗蚀性测定

2014 年 10 月,采用静水崩解法测定土壤抗蚀性^[5-6]。在距植株 5—10 cm 处,取 10—20 cm 土层土壤,过筛,选取 5—7 mm 粒径的土壤 25 颗,放在 5 mm 孔径筛子上浸入水中,每隔 1 min 记录崩塌的土粒数,连续记录 10 min,计算抗蚀指数=(土粒总数—崩解土粒数)×100%/土粒总数。4 次重复,取平均值。

1.5 土壤容重测定

2014 年 10 月,用环刀取土法测定种植不同地被后的土壤容重,在距植株 5—10 cm 处取 10—20 cm 原状土,环刀规格 5.1 cm×5.1 cm,以空旷地原状土作对照,4 次重复。

1.6 土壤渗透系数测定

2014 年 10 月,用环刀(5.1 cm×5.1 cm)在距植株 5—10 cm 处取土层 10—20 cm 原状土,带回室内用双环刀法测定土壤渗透性。4 次重复。计算公式如下:

$$K_{\theta}=10 Q_n/[t_n S(h+l)]$$

式中: K_{θ} 为温度为 θ 时的渗透系数(mm/min); Q_n 为每次渗出水量(ml); t_n 是每次渗滤间隔时间(min); S 为环刀的横断面积(cm²); h 为水层厚度(cm); l 为土层深度(m)。

$$K_{10}=K_{\theta}/(0.07+0.03\theta)$$

式中: θ 为渗透测定时的水层温度(测量日水层温度为 18℃)(℃); K_{θ} 为温度为 θ 时的渗透系数(mm/min)。

2 结果与分析

2.1 茎叶截留雨水功能分析

降雨时雨水首先被地被植物的茎叶所阻流,形成水珠后从茎叶上缓慢下落到地表,又被地表覆盖物吸收,缓解了降水对地表的溅蚀作用,避免了雨水直接冲刷地面表土,起到有效截持降水、防止水土流失作用。12 种地被植物按照吸水率由强到弱排列为:拂子茅>玉带草>‘细叶’芒>蓝赖草>青绿苔草>披针叶苔草>狼尾草>‘小兔子’狼尾草>硫华菊>百日草>‘斑叶’芒>玉簪(表 1)。拂子茅和玉带草吸水率都超过茎叶质重量的 40%,截留雨水作用显著。

表 1 12 种地被植物茎叶吸水量比较

植物名称	鲜重/g	浸泡后质量/g	吸水量/g	吸水率/%
玉带草	19.5±2.00	27.5±3.09	7.92±2.71	40.5±2.1a
‘小兔子’狼尾草	21.5±2.26	28.2±2.22	6.71±1.29	31.2±4.2de
狼尾草	89.7±6.40	118.1±5.66	28.4±4.60	31.7±4.0cd
‘斑叶’芒	61.2±3.52	77.3±3.25	16.0±3.14	26.1±2.3fg
蓝赖草	8.9±1.37	12.3±2.62	3.39±1.28	38.0±3.4bc
拂子茅	26.5±3.85	37.4±2.97	10.9±2.97	41.2±4.2a
‘细叶’芒	51.3±5.12	71.3±4.68	20.0±4.16	39.0±3.0ab
青绿苔草	26.0±3.19	35.7±3.09	9.67±1.36	37.1±5.9bc
披针叶苔草	16.6±3.57	22.2±2.10	5.59±2.05	33.7±3.7cd
百日草	34.6±3.29	43.9±2.64	9.22±0.69	26.6±1.3efg
硫华菊	42.9±3.05	55.4±1.63	12.5±2.70	29.2±2.8def
玉簪	27.7±2.48	33.9±2.02	6.23±0.92	22.5±2.2g

注:表中的数值为平均值±标准误,不同字母表示在 $p<0.05$ 水平下差异显著。

2.2 土壤抗蚀性能分析

试验结果表明,随着浸水时间,各植物抗蚀指数均呈现下降趋势。说明随着降雨历时增加,土壤颗粒逐渐分散崩塌。随着分散的土壤颗粒越来越多,堵塞了土壤的非毛管孔隙,影响了土壤水分下渗,产生地表径流,造成土壤侵蚀。在浸水试验第 1 min,除空旷地以外,种植 12 种植物的土壤抗蚀指数均大于 68%。随着浸水时间延长,种植不同植物的土壤抗蚀

指数表现出不同的变化规律。0—3 min 时,抗蚀指数下降幅度较大,除空旷地对照以外,其他土壤的抗蚀指数仍大于 50%;4 min 后,抗蚀指数变化较为平缓,‘小兔子’狼尾草、玉簪抗蚀指数分别降为 44%和 45%,青绿苔草此时仍为 86%,不同植物之间抗蚀指数差距逐渐加大。10 min 后,按照抗蚀指数由大至小排列为披针叶苔草>玉带草>青绿苔草>拂子茅>狼尾草>硫华菊>‘细叶’芒>‘斑叶’芒>百日草>蓝赖草>‘小兔子’狼尾草>玉簪,其中披针叶苔草、玉带草、青绿苔草土壤的抗蚀指数仍在 50%以

上,抗侵蚀能力强(表 2)。

2.3 土壤容重与渗透性能分析

种植地被植物的土壤与空旷地相比容重均有所下降,种植玉带草、狼尾草、拂子茅、青绿苔草、披针叶苔草、硫华菊后极显著地降低了土壤容重,种植‘细叶’芒显著地降低了土壤容重,说明这 7 种植物具有改善土壤结构的作用(表 3)。

种植 12 种地被植物均改善了土壤的渗透性能,其中种植玉带草、‘小兔子’狼尾草和狼尾草土壤的渗透系数分别是空旷地的 2.6 倍、2.53 倍和 2.38 倍。

表 2 种植 12 种地被植物土壤的抗蚀指数比较 %

植物	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	7 min	8 min	9 min	10 min
玉带草	98±2a	85±2b	78±5b	75±2bc	72±3b	69±2b	67±2b	64±3ab	62±2a	55±2a
‘小兔子’狼尾草	68±3f	56±3d	50±0.02d	44±3f	35±6e	30±2e	24±3f	22±2f	17±2f	14±2e
狼尾草	96±3ab	81±3bc	72±3bc	64±3e	61±4cd	58±2cd	53±4cde	51±2cde	48±3bc	44±3bc
‘斑叶’芒	85±4d	77±4bc	65±4c	63±4e	57±2d	52±5d	49±5de	44±7e	40±7cde	36±7cd
蓝赖草	95±2abc	79±2bc	69±4c	64±3e	61±4cd	56±3cd	55±5cde	44±6e	34±5e	31±7d
拂子茅	90±15cd	76±7c	72±7bc	64±7e	63±6bcd	57±7cd	56±6cd	55±5bcd	50±5bc	48±3ab
‘细叶’芒	92±3bc	80±3bc	68±3c	66±2de	63±5bcd	57±6cd	48±6de	47±4de	44±3cd	40±3bc
青绿苔草	96±3ab	93±4a	88±3a	86±2a	84±3a	81±2a	76±3a	66±5a	60±7a	54±5a
披针叶苔草	85±4d	76±3c	69±2c	68±1cde	65±2bcd	63±4cd	62±2abc	58±4abc	56±3ab	56±3a
百日草	86±5d	81±6ab	80±5ab	78±5b	56±12d	51±8d	46±5e	44±3e	37±4de	32±6d
硫华菊	93±2abc	84±3ab	80±3ab	73±5bcd	68±7bc	63±6bc	56±6bcd	55±6bcd	50±5bc	42±5bc
玉簪	75±4e	52±9d	50±9d	45±5f	35±7e	28±3e	21±6f	19±6f	16±9f	12±8e
空旷地	63±5f	44±9e	40±11e	36±11g	31±11e	28±11e	24±12f	19±11f	14±10f	9±7e

注:表中的数值为平均值±标准误,同一列数值后的不同字母表示在 $p<0.05$ 水平下差异显著。

表 3 种植 12 种地被植物土壤的容重与渗透性能比较

植物	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	渗透系数/ (mm·min ⁻¹)
玉带草	1.22±0.09**	5.51±0.50**
‘小兔子’狼尾草	1.55±0.08	5.37±0.25**
狼尾草	1.33±0.05**	5.27±0.07**
‘斑叶’芒	1.44±0.04	4.94±0.34**
蓝赖草	1.58±0.12	3.23±0.12*
拂子茅	1.37±0.05**	5.11±0.18**
‘细叶’芒	1.48±0.10*	4.32±0.27**
青绿苔草	1.27±0.03**	5.37±0.04**
披针叶苔草	1.29±0.06**	5.25±0.17**
百日草	1.51±0.03	4.03±2.81**
硫华菊	1.38±0.10**	4.87±0.18**
玉簪	1.53±0.05	3.56±0.10*
空旷地	1.62±0.15	2.12±0.08

注:表中的数值为平均值±标准误;*表示在 $p<0.05$ 水平下与对照相比差异显著;**表示在 $p<0.01$ 水平下差异显著。

3 讨论

3.1 植物茎叶截留降水

植物茎叶具有降水截留、削弱溅蚀、抑制地表径流

等作用^[7]。降雨过程中,植物茎叶能将一部分降雨截留并暂时贮存起来,有效地降低了直接到达地面的降雨量,在夏季雨量大时作用尤其明显。采用浸泡法试验得出拂子茅、玉带草茎叶吸水能力较强,可有效截持雨水。孙铁军^[8]和王震洪等^[9]研究表明茎叶对雨滴有分层拦截与缓冲作用,有利于减少地表径流,阻延土壤溅水,焦菊英等^[10]研究也表明林草种植模式可在暴雨条件下有效吸收雨水,发挥水土保持作用,马金平^[11]研究表明乔木林下层或地植物层有明显蓄水保土作用。随着植物生长,株高、分蘖、覆盖面积逐渐增大,其茎叶对降水的截留逐渐增加,生态效益愈加明显。

3.2 植物对土壤抗蚀性的影响

土壤抗蚀性是影响土壤侵蚀的重要因子,受土壤、植被、人为因素影响较大。赵明坤等^[12]研究表明,种植苇状羊茅(*Festuca arundinacea*)的土壤侵蚀量比对照降低 88.57%,地表径流量降低 80%;种植非洲狗尾草(*Setaria sphacelata*)与对照相比,土壤侵蚀量减少 96.4%^[13],说明种植植物能提高土壤抗蚀性能。在本研究的土壤浸水过程中,土壤抗蚀指数均随浸水时间延长逐步下降,这与吕文星^[14]、郑子成^[15]的研究结果一致,说明随浸水时间延长,土壤抗

蚀性能降低,易于土壤侵蚀的发生和加剧。在历时较长的降雨过程中应加大对土壤侵蚀的防控。试验过程中发现,披针叶苔草、玉带草、青绿苔草有部分较细根系穿插在土粒中,根系的弹性拉力能平衡掉部分崩解力,使土粒较难在短时间的浸水过程中崩解,延迟了土粒崩解过程,增强了土壤的抗蚀性能,说明植物较细小的根系对土壤抗蚀性具有重要影响^[16-17]。植物根系通过改善土壤理化性质和自身力学作用提高土壤抗蚀性,有效防止水流对土壤的侵蚀。

3.3 植物对土壤容重与渗透性的影响

试验表明,种植后与空旷地相比,土壤容重均呈减小趋势,说明地被植物能降低土壤容重,具有改善土壤理化性质的作用,与龙钟富等^[18]、马琦等^[19]的研究结果一致。另外,种植植物还能增强土壤渗透系数,与王凭青等^[20]研究一致。增强土壤渗透性可避免或减少因降雨强度大而来不及渗透形成的地表径流,从而提高土壤的贮水量和蓄水保水能力,促进雨洪径流向地下水转变,结合上层林充分发挥地下水库蓄水功能,将防洪和补给结合起来,实现良性循环。

4 结论

地被植物截留雨水的能力与植物茎叶吸水率有关,12种地被植物按照吸水率由强到弱排列为:拂子茅>玉带草>‘细叶’芒>蓝赖草>青绿苔草>披针叶苔草>狼尾草>‘小兔子’狼尾草>硫华菊>百日草>‘斑叶’芒>玉簪,其中拂子茅和玉带草吸水率都超过自身质量的40%,截留雨水作用显著。

种植植物能提高土壤抗蚀性能,随着浸水时间的增长,种植不同植物的土壤抗蚀指数表现出不同的变化规律。其中披针叶苔草、玉带草、青绿苔草3种植物10 min后抗蚀指数仍在50%以上,穿插在土粒中的较细根系能够改善土壤理化性质,并且能够通过根系自身力学作用提高土壤抗蚀性。

种植地被植物普遍地降低了土壤容重,提高了土壤的渗透系数,其中种植玉带草、狼尾草、拂子茅、青绿苔草、披针叶苔草、硫华菊后极显著地降低了土壤容重,种植‘细叶’芒显著地降低了土壤容重;种植玉带草、‘小兔子’狼尾草和狼尾草土壤的渗透系数分别是空旷地的2.6倍、2.53倍和2.38倍。

综合上述指标,青绿苔草、披针叶苔草、玉带草、拂子茅的综合水土保持功能较强,适合林下栽植。

参考文献:

[1] Lumaret R, Guillermin J L, Maillet J, et al. Plant species diversity and polyploidy in islands of natural vegetation

isolated in extensive cultivated lands[J]. Biodiversity and Conservation, 1997,6(4):591-613.

- [2] Clary Jr R F, Slayback R D. Plant materials and establishment techniques for revegetation of California desert highways[J]. Transportation Research Record, 1983, 969(1):24-26.
- [3] 李辉,赵卫智. 北京5种草坪地被植物生态效益的研究[J]. 中国园林,1998,14(4):36-38.
- [4] 龙忠富,唐成斌,钱晓刚,等. 几种草被植物保持水土效益的研究[J]. 水土保持研究,2002,9(4):136-138.
- [5] 赵洋毅,周运超,段旭. 黔中石灰岩喀斯特表层土壤结构性与土壤抗蚀抗冲性[J]. 水土保持研究,2008,15(2):18-21.
- [6] 王玉杰,王云琦,夏一平. 重庆缙云山典型林分的林地土壤抗蚀抗冲性能[J]. 中国水土保持科学,2006,4(1):20-26.
- [7] 符气浩,杨小波,吴庆书. 城市绿化的生态效益[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
- [8] 孙铁军,刘素军,武菊英,等. 6种禾草坡地水土保持效果的比较研究[J]. 水土保持学报,2008,22(3):158-162.
- [9] 王震洪,段昌群,侯永平,等. 植物多样性与生态系统土壤保持功能关系及其生态学意义[J]. 植物生态学报,2006,30(3):392-403.
- [10] 焦菊英,王万中,李靖. 黄土高原林草水土保持有效盖度分析[J]. 植物生态学报,2000,24(5):608-612.
- [11] 马金平. 植被保持水土效益研究综述[J]. 山西水土保持科技,2005(1):13-15.
- [12] 赵明坤,陈瑞祥. 苇状羊茅和鸭茅的水土保持效果[J]. 贵州农业科学,2006,34(4):92-94.
- [13] 字淑慧,吴伯志,段青松,等. 非洲狗尾草防治坡耕地水土流失效应的研究[J]. 水土保持研究,2006,13(5):183-185.
- [14] 郑子成,杨玉梅,李廷轩. 不同退耕模式下土壤抗蚀性差异及其评价模型[J]. 农业工程学报,2011,27(10):199-205.
- [15] 吕文星,张洪江,程金花,等. 三峡库区植物篱对土壤理化性质及抗蚀性的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(4):69-73.
- [16] 王忠林,李会科. 渭北旱塬花椒地埂林土壤抗蚀抗冲性研究[J]. 水土保持研究,2000,7(1):33-37.
- [17] 孙传生,李春华. 提高土壤抗蚀性减少水土流失[J]. 水土保持研究,1994,1(5):5-6.
- [18] 龙忠富,汪俊良,刘正书,等. 百喜草不同种植模式的水土保持效应初探[J]. 山地农业生物学报,2004,23(5):408-411.
- [19] 马琦,王琦. 几种草被植物的水土保持效应研究[J]. 草业科学,2005,22(10):72-74.
- [20] 王凭青,段传人,王伯初,等. 杂交狼尾草水土保持能力的实验研究[J]. 水土保持学报,2005,19(1):114-116.