

地埂花椒林根系分布及力学强度测定

李会科 王忠林 贺秀贤
(西北农林科技大学 陕西杨陵 712100)

摘 要: 地埂花椒林根系水平分布呈现出阶梯型分布, 其中 20 ~ 150 cm 为集中分布区, 占总根重的 70%, 150 ~ 210 cm 为次集中分布区, 占总根重的 22. 72%, 210 ~ 250 cm 为根系的少量分布区, 占总根重的 7. 28%, 根系的垂直分布呈现“V”字型分布, 其中 0 ~ 60 cm 为根系集中分布区, 在该土层中, 0 ~ 20 cm 土层根系分布最多, 密度最大。在 0 ~ 60 cm 土层中, < 1 mm 根集中分布于 0 ~ 20 cm 土层中, 占总根长的 56. 73%, 且随深度的增加, 其数量大幅度减少, 1 ~ 3 mm 根随深度的增加趋于减少, 但减少幅度较小, > 3 mm 根随深度的增加而增加。地埂花椒林根系随树龄的增加, 根系增粗明显, 根系总量增加。根系拉力与根径呈线性相关, 在整个根系中, > 3 mm 根是抗拉力的主体, 占总拉力的 59. 35%, 其次是< 1 mm 根, 占总拉力的 23. 63%, 1 ~ 3 mm 根最小, 占总拉力的 17. 12%。抗剪强度, < 1 mm 根最大, 占总抗剪强度的 72. 37%, 其次是> 3 mm 根, 占总抗剪强度的 19. 09%, 1 ~ 3 mm 根最小, 占总抗剪强度的 8. 54%。

关键词: 地埂花椒林 根系分布 力学强度

中图分类号: 157. 1 S573. 9 文献标识码: A 文章编号: 1005- 3409(2000) 01- 0038- 04

Root Systems Distribution of Prickly Ash in Terrace
Edge and Determination of Their Strength of Force

LI Hui-ke WANG Zhong-lin HE Xiu-xian
(Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry Yangling Shaanxi 712100)

Abstract The horizontal distributions of prickly ash in terrace edge roots is the ladder pattern distribution, of which 20 ~ 150 cm range is concentrating distribution areas, accounting for 70% of total root-mass, 150 ~ 210 cm, secondary concentrating distribution areas, accounting for 22. 72% of total root-mass, and there are few root systems in 210 ~ 250 cm range, accounting for 7. 28% of total root-mass. The vertical distribution of root system shows “V” pattern distribution. Of which root system concentrates in 0 ~ 60 cm soil layer in which root system distribution greatest and has greatest density in 0 ~ 20 cm soil layer. In 0 ~ 60 cm soil layer, < 1 mm roots concentrate in 0 ~ 20 cm soil layer and decrease sharply with depth increasing, 1 ~ 3 mm roots tend to decrease slightly with depth increasing, > 3 mm roots increase with depth increasing. Prickly ash in terrace edge root system becomes stout obviously with age of trees and total amount of root system increases. The tensile of root system with diameter of root shows linear function. In total systems, > 3 mm roots are the body of resistant tensile, accounting for 59. 35% of total tensile, second is < 1 mm roots, accounting for 23. 63% of total tensile, the last is 1 ~ 3 mm roots, accounting for 17. 12% of total tensile. But shearing strength of < 1 mm roots is greatest, accounting for 72. 27% of total shearing strength, second is > 3 mm roots, accounting for 19. 09% of shearing strength, the last is 1 ~ 3 mm roots, accounting for 8. 54% of total shearing strength.

Key words prickly ash in terrace edge root system distribution strength of force

为进一步探讨地埂花椒林固土机理, 我们在陕西淳化县泥河沟流域综合治理试验区对地埂花椒林

* 收稿日期: 2000- 01- 01
国家“九五”重点科技攻关计划项目, 编号为 96- 004- 05- 07。

根系分布及其力学强度进行了测定。

1 试验区自然概况

淳化县位于渭北高原的南缘, 地处东经 108°10′~108°31′, 北纬 34°43′~35°03′, 平均海拔高度 900~1 300 m, 地势北高南低, 呈单向斜坡, 以塬为主。该区水土流失严重, 土壤侵蚀模数达 3 000~4 000 t/km², 年均温 9.6℃, 年均降水 600 mm, 多集中于 7、8、9 三个月, 全年太阳辐射 504.35 kJ/cm², 年日照时数 2 372 h, 全年无霜期为 103 d, 土壤以黑垆土, 黄壤土为主, 肥力低, 干旱、冰雪及大风是该区主要灾害性天气。试验地位于淳化县泥河沟流域地母庄村, 所选择的地埂花椒林样地, 埂高 15~20 cm, 埂宽 20 cm, 地坎高 1.5~1.8 m, 台田宽度 12~30 m, 长 150~200 m, 树龄 5~10 a, 株距 1.8~2.0 m, 树高 2.0~2.8 m, 地径 4.5~6.0 m, 冠幅 1.8~2.25 m, 种植作物以小麦为主。

2 研究方法

2.1 根系分布调查

在花椒地埂上选取不同树龄有代表性的标准地 5 块, 结合常规标准地调查, 选取标准地段, 在标准地段内选取标准株为待测样株, 采用挖掘剖面壁法^[1, 2]。在地上部分切除后的样方内, 距树干 20 cm 处挖取 20 cm×10 cm 的剖面, 每隔 20 cm 为一层, 取至 60 cm (经预备试验证明, 0~60 cm 土层根系占总根重的 70% 以上), 与此同时测用弹簧称测定不同径级根的拉力强度, 并用游标卡测定断根处的根径。分层将采集到的原状土柱放入双层纱布袋并浸泡于水中冲洗, 洗净后移入较大容器, 继续反复冲洗, 目测拣出大沙石, 昆虫残体等异物, 将洗净的根系室内烘干。按直径<1 mm, 1~3 mm, >3 mm 径级分别进行根长, 重量测定。

2.2 测根系力学强度

在 20 cm×10 cm×60 cm 的土柱中, 按<1 mm, 1~3 mm, >3 mm 三个径级在 0~20 cm, 20~40 cm, 40~60 cm 土层中各选 3~5 条长 10 cm 的根作为待测根, 将待测根放在拉力测试机上分别测定干根, 湿根的拉力强度并利用公式 $S_r = a + bR_d$ ^[3] (S_r ——剪切强度; R_d ——干根重; a 、 b ——为待定系数) 计算剪切强度。

3 结果与分析

3.1 地埂花椒林根系分布特征

根系的固土作用主要取决于根系的分布状态及其力学强度^[4]。因此, 研究地埂花椒林根系的分布状态是进一步探讨其固埂机理的基础。

3.1.1 根系的垂直分布 通过对 5~10 a 地埂花椒根系分布调查表明: (1) 根系在 0~100 cm 土层的垂直分布大致呈现出“V”字形, 其垂直分异明显, 并随深度的增加而减少, 其中 0~60 cm 为根系的集中分布区, 根系长度约占根系总长的 81.6%, 根系重量约占总根重的 71.2%。(2) 在 0~60 cm 土层中, 0~20 cm 土层根长所占百分数最大(见表 1), 约占 0~60 cm 土层根长 61.78%, 主要是由于该层具有丰富的毛根和细根, 而毛根和细根决定根系的总长度, 从该层根长百分比与重量百分比的对比分析可以看出在 0~20 cm 土层中, 根系密度最大。对 20~60 cm 土层根长百分比与根重百分比的对比分析表明在 20~60 cm 土层中, 单位根长的根重较大, 说明在 20~60 cm 土层粗根较多, 其中 40~60 cm 土层单位根长的根重较 20~40 cm 土层大, 说明 40~60 cm 土层的根系比 20~40 cm 土层分布的粗根更多。(3) 由表 2 可以看出在 0~60 cm 土层中, <1 mm 根长占 0~60 cm 土层根长总长度的 87.98%, 且随深度的增加其百分含量减少幅度较大, 说明<1 mm 根在 0~60 cm 土层中分布最多, 其中在 0~20 cm 土层<1 mm 根长占 0~60 cm 土层根系总长 56.73%, 远高于其它二层, 且根重百分比最大, 说明在该层<1 mm 根分布最多, 密度最大。李勇、吴钦孝等人研究认为^[4, 5]: 将不同径级的根与土壤抗冲性联系起来分析发现, 土壤抗冲性与<1 mm 径级的须根密度关系最为密切, 其根径虽小, 但密度甚大, 改良土壤, 建造抗冲性土体构型具有粗根不可比拟之作用。由此可见, 地埂花椒林根系的这一分布特征, 对于其提高表层土壤抗冲性, 保土固埂有着极其重要的意义。

表 1 根的长度、重量垂直分布

土层/cm	平均长度百分含量/%	平均重量百分含量/%
0~20	61.78	30.72
20~40	27.0	39.21
40~60	11.22	29.82

表 2 各径级根长、根重垂直分布

土层/cm	< 1 mm		1~3 mm		> 3 mm		%
	根长	根重	根长	根重	根长	根重	
0~20	56.73	14.75	4.49	9.06	0.54	6.88	
20~40	22.52	8.90	3.44	8.53	1.05	18.43	
40~60	8.73	5.44	1.74	6.06	0.82	18.45	
总 计	87.98	29.09	9.67	23.65	2.41	43.76	

3.1.2 根系的水平分布特征 通过对 7 年生地埂花椒林标准株剖面观测得知(1)地埂花椒林根系水平分布大于其垂直分布(垂直分布 110 cm,水平分布达 250 cm),其水平分布随根系的水平延伸呈现阶梯型分布形式,其中在 20~150 cm 范围内为其根系水平分布集中分布区,根重占总根重的 70%。其次是 150~210 cm 范围,根系占总根重的 22.72%,210~250 cm 范围根系分布最少,仅占总根重的 7.28%。根系水平分布层次如图 1 所示。(2)各径级根在水平分布上变化不尽一致,其大致的规律是:随水平距离的增加,<1 mm 根根重百分含量趋于减少,且减少幅度较大,而>3 mm 的根趋于增加,1~

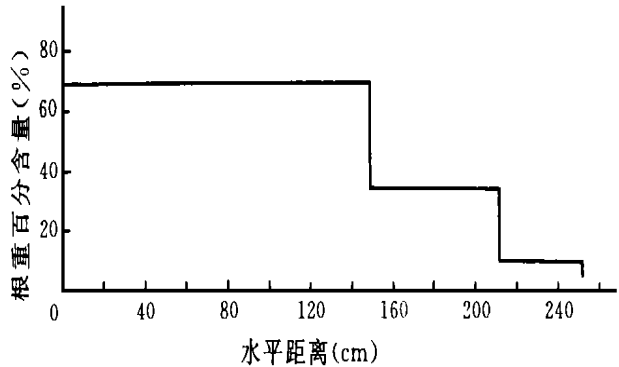


图 1 根系水平分布示意图

3 mm 根重百分含量趋于减少,但减少幅度较小。

3.2 地埂花椒林根系随树龄的变化

表 3 各土层根长、根重百分含量随树龄的变化 %

土层/cm	5a		6a		9a		10a	
	根长	根重	根长	根重	根长	根重	根长	根重
0~20	62.8	30.06	68.45	32.63	68.24	34.27	54.68	28.33
20~40	24.4	12.77	22.48	44.01	20.28	50.02	31.89	44.68
40~60	8.69	57.17	9.07	23.35	11.48	15.72	13.43	26.41

表 4 各径级根长、根重百分含量随树龄的变化 %

径级	5a		6a		9a		10a	
	根长	根重	根长	根重	根长	根重	根长	根重
<1mm	98.31	23.3	90.38	26.77	81.57	21.11	89.35	37.34
1~3mm	8.07	21.3	8.95	23.6	12.66	18.43	9.57	36.4
>3mm	1.34	55.19	1.73	49.91	6.27	60.43	1.27	26.62

3.3 地埂花椒林根系的力学强度测定

抗拉强度和抗剪强度是研究、评价根系固土作用的主要指标^[7]。对不同树龄不同径级带土根、干根、湿根单根拉力强度进行测定并分别做散点图,结果表明,单根拉力强度与根径级呈线性相关。不同径级带土根、干根、湿根回归方程如表 5 所示。以表 5 中<1 mm 根为例,对其方程求导可得,湿根 $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ =

由表 2 可以看出:(1)在 0~60 cm 土层中,0~20 cm 土层不同树龄根系根长的百分含量远高于其它二层,表明 0~20 cm 土层是各树龄根系密集分布区。(2)土层根系重量取决于根的总长度和单根重量^[6],那以可用根的重量百分含量和长度的百分含量变化来说明根的生长变化。在 40~60 cm 土层中,5~9 a 生地埂花椒林根的长度百分含量趋于减小而重量百分数增大,表明该树龄段,根系的生长主要是变粗,而 10 a 生根长百分含量增大而重量百分含量下降,表明根径变小,说明在该年有较细根出现。在 20~40 cm 土层中,5~6 a 根长的百分含量大而重量百分含量小,说明根径较小,而 9~10 a 根长及根重百分含量均增加,且重量百分含量增加更快,表明在该树龄段,20~40 cm 土层根系增粗明显。从根长及根重百分含量对比分析可以看出,在 0~20 cm 土层中,随树龄的增加,根径增大。(3)表 4 结果表明,<1 mm 径级的毛细根长百分含量在各树龄中占有绝对优势,其中 5~6 a 树<1 mm 根长百分含量要比 9~10 a 树根长百分含量大,表明树龄小的毛细根比树龄大的多。从 1~3 mm 根长及根重百分含量对比分析可以看出,5~9 a 间根随树龄的增大而变粗,尤其 9 a 生增幅较大。从>3 mm 根长及根重百分含量对比分析表明,其根长、根重随对龄的增大呈现出变粗的趋势。

1.072,干根 $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ =3.430 5,带土根 $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ =1.647 6,假设 ΔX 相同,那么湿根 ΔY < 带土根 ΔY < 干根 ΔY ,同理可以推导出 1~3 mm,>3 mm 根,湿根 ΔY < 带土根 ΔY < 干根 ΔY 。这一结果表明,在根径一定的情况下,干根拉力>带土根拉力>湿根拉力。由表 5 同样可得出不同径级单根拉力强度,随根径增加而增大。利用表 5 的回归方程对 7 a 生地埂花椒林

20 cm × 10 cm × 60 cm 土柱不同径级干根总拉力计算结果表明: > 3 mm 根, 虽单根数少, 但其单根拉力强度大, 因而总拉力最大, 达 1 103. 87 N, 占根系总拉力的 59. 35%; < 1 mm 根, 虽单根拉力较小, 但数量多, 因而总拉力仅次 > 3 mm 根, 总拉力达 437. 67 N, 占根系总拉力的 23. 63%; 1~3 mm 根总

拉力最小, 其值为 318. 5 N 占根系总拉力的 17. 12%。由此可见, 在整个土体中, > 3 mm 根拉拢大量土体, 是整个根系抗拉力的主体, < 1 mm 根则充斥整个土体中, 起着固结土壤的作用, 1~3 mm 根则起着连接过渡作用, 使得地埂花椒林根系整体具有良好地固埂保土功能。

表 5 带土根、干根、湿根不同径级回归方程

径级	湿根	带土根	干根
< 1 mm	$Y= 1. 0602X+ 0. 047$ $R^2= 0. 9232$	$Y= 2. 1145X - 0. 4669$ $R^2= 0. 7106$	$Y= 5. 7318X - 2. 3013$ $R^2= 0. 9487$
1~3 mm	$Y= 7. 7492X - 7. 693$ $R^2= 0. 9324$	$Y= 8. 2015X - 8. 6098$ $R^2= 0. 9844$	$Y= 9. 8129X - 6. 7693$ $R^2= 0. 8469$
> 3 mm	$Y= 27. 196X - 88. 544$ $R^2= 0. 9311$	$Y= 40. 15X - 136. 89$ $R^2= 0. 948$	$Y= 55. 88X - 169. 4$ $R^2= 0. 9655$

备注: Y——根拉力; X——根径。

当根系周围的土体在外力作用下产生滑坡、崩塌时, 根系会产生剪切变形, 此时根系的抵抗不仅靠拉力, 也靠剪切力来抵抗。通过对不同径级干根的剪切强度测定, 并依据野久田稔郎等人计算剪切强度公式 $S_r = a + bR_d$ 进行计算机模拟后, 相关系数最高, 剩余标准差最小。各径级根剪切强度回归方程为: < 1 mm 根 $S_r = 0. 826 + 2. 853R_d$ $R^2 = 0. 913 8$; 1~3 mm 根 $S_r = 1. 384 3 + 3. 127R_d$ $R^2 = 0. 893 6$; > 3 mm 根 $S_r = 3. 16 + 4. 325R_d$ $R^2 = 0. 906 7$ 。依据上述回归方程, 对 7 a 生地埂花椒林 20 cm × 10 cm × 60 cm 土柱, 不同径级干根总剪切强度计算结果表明: < 1 mm 毛根由于数量多, 其抗剪强度最大占根系总抗剪强度的 72. 37%, > 3 mm 根占 19. 09%, 1~3 mm 根占 8. 54%。

4 结 论

(1) 地埂花椒林根系分布呈明显的规律性, 水平呈现出阶梯型分布, 其中 20~150 cm 为其根系的集中分布区, 占总根重的 70%, 150~210 cm 为次集中分布区, 占总根重的 22. 72%, 210~250 cm 为根系的少量分布区, 占总根重的 7. 28%。垂直分布呈现“V”字型分布, 其中 0~60 cm 土层为其根系集中

分布区。在 0~60 cm 土层中, 0~20 cm 土层根系分布最多, 密度最大, 根长占总根长 61. 78%。

(2) 在 0~60 cm 土层中, < 1 mm 根集中分布于 0~20 cm 土层根系分布最多, 密度最大, 根长占总根长 56. 73%, 且随土层深度的增加, 数量大幅度减少, 1~3 mm 根随深度的增加趋于减少, 但减少幅度较小, > 3 mm 根随深度的增加而增加。

(3) 在 0~60 cm 土层中, < 1 mm 根集中分布于 0~20 cm 土层中, 占总根长的 56. 73%, 且随土层深度的增加, 数量大幅减少, 1~3 mm 根随深度的增加趋于减少, > 3 mm 根随深度的增加而增加。

(4) 地埂花椒林根系随树龄的增加根系变粗明显, 根系总量增加。

(5) 根系的拉力强度与根径呈线性相关, 在根径一定的情况下, 干根的拉力> 带土根的拉力> 湿根拉力, 而不同径级根的拉力随根径的增大而增加。

(6) 在整个根系中, > 3 mm 根是抗拉力的主体, 占总拉力的 59. 35%, 其次是< 1 mm 根, 占总拉力的 23. 63%, 1~3 mm 根最小, 占总拉力 17. 12%。抗剪强度< 1 mm 根最大, 占总抗剪强度的 72. 37%, 其次是> 3 mm 根, 占总抗剪强度的 19. 09%, 1~3 mm 根最小, 占总抗剪强度的 8. 54%。

参考文献

1 W. Bohm. Methods of Studying Root Systems. Springer-Verlag Berlin cmHeidelberg, New York: 1979

2 师向庆等. 灌草丛根在保护土壤资源上的研究[J]. 北京林业大学学报, 1988, (4)

3 野久田稔郎等. 由根系的抗拉强度推算其固坡效果[J]. 水土保持科技情报, 1997, (1): 25~28

4 李勇. 植物根系提高土壤抗冲性机制研究[D]. 博士论文, 中国科学院西北水土保持研究所, 1990

5 吴钦孝等. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性能的研究[J]. 水土保持学报, 1989, (3)

6 吴钦孝等. 黄土丘陵半干旱地区柠条根系的研究[J]. 水土保持学报, 1989, (3)

7 赵廷宁等. 根系的固土作用及持续发展[C]. 水土保持持续发展—第三次全国水土保持学术讨论论文集, 北京: 林业教育出版社, 1995