

柠条林土壤水分生态环境特征研究初报

王孟本 李洪建

提 要

研究表明,柠条人工林对土壤有效水的利用率很高;土壤干湿季的成因及其水分动态特点,主要与柠条的物候期和气候的时段降雨量两者有关;土壤水分的垂直动态特征主要表现在120cm以下土层的水分含量骤减。土壤水分严重亏缺必然会对柠条林的生产力产生不良影响,但一般并不会使柠条林枯死。由于柠条林地的降水入渗率很高,因而在很大程度上减弱降水形成地面径流,有效地防止土壤侵蚀。营造柠条人工林可发挥其良好的生态作用。

柠条(*Caragana korshinskii*)是营造水土保持林和防风固沙林的重要灌木树种之一。柠条人工林主要分布在黄土高原区北部,晋西北现有此种林地面积共约34.5万亩。

定量研究柠条人工林的土壤水分生态环境特征,揭示群落与其水分生态环境之间的相互影响关系,对客观认识、评价与合理经营柠条人工林具有重要理论意义和实际参考价值。

一、概 况

试验区位于晋西北河曲县砖窑沟流域,东经 $111^{\circ}15'11''$ 和北纬 $39^{\circ}12'15''$ 之间,属黄土丘陵沟壑区,海拔1060—1080m。当地年平均气温 8.8°C ,年平均无霜期166.5天,年平均降水量447.5mm。

供试柠条林地总面积约48亩,属种植20年以上的人工柠条林。测试处林地坡度 5° ,坡向正西。柠条覆盖度 $(66.2 \pm 1.2)\%$ (标准误差,下同),平均株高 $1.05\text{m} \pm 0.26\text{m}$ 。林下草本层覆盖度75%左右,以百里香(*Thymus przewalskii*)居优势。

土壤水分测定工作于1988年4—10月进行。自4月20日始,每半月(一般为各月的5日和20日)对柠条林地土壤含水量进行一次测定。测定采用称重法,土样于 105°C 温度下烘干至恒重。样品设三个重复,测定土层深度为0—300cm。11个土层的深度下限分别为10cm、20cm、40cm、60cm、80cm、100cm、120cm、150cm、200cm、250cm和300cm。

试验以荒地作为对照,样品为两个重复。荒地的海拔高度、坡度、坡向以及草本层特点,与前述供试林情况基本一致。

二、试验结果与分析

(一) 林地土壤水分生态环境基本特征

1. 生长季土壤水分含量和有效水的利用率。1988年生长季(4—10月)的总降水量

为436.2mm，高于近20年同期降水量约400mm的平均值，为丰水年。由我们的测定结果（表1）可知，生长季柠条人工林地0—300cm土层的平均含水量为3.76%，可折合

表 1 生长季土壤湿度平均状况

	柠 条 林 地	荒 地
土 壤 质 地	轻 壤	轻 壤
土 壤 容 重	1.42	1.37
土 壤 含 水 量 (干土重%)	3.76	6.22
土 壤 储 水 量 (mm/300cm)	160	256

储水量160mm。而荒地对照区平均含水量则为6.22%，折合储水量 256mm。足见柠条林地的土壤水分处于低含量和低储量的状况。

林地土壤水分含量较低的原因，显然是由于它较荒地多一项灌木层蒸腾耗水。从土壤有效水利用率的角度作进一步分析，我们即可看出，柠条人工林对土壤有效水的利用率很高。

因为人们通常把萎蔫湿度作为土壤有效含水量的下限^[1]，而本区土壤萎蔫湿度的下限值为3%（干土重%）^[2]。以此值作为供试林土壤萎蔫湿度的参考值，算出的林地0—300cm土层的剩余有效水量也仅32mm，并可得出柠条林对0—300cm土层有效水的利用率高达96%。

由以上可看出，在生长季期间，柠条林地的土壤水分状况在总体上具有低含量、低储量和有效水高利用率的特点。

2. 土壤干湿季与柠条物候期和时段降水量的关系。如图1所示，柠条林地土壤含水量的最低值和最高值，分别出现在6月初和8月初。土壤干湿季大体上以7月下旬为界。林地土壤干季的水分动态曲线以6—7月初土壤失水量很大

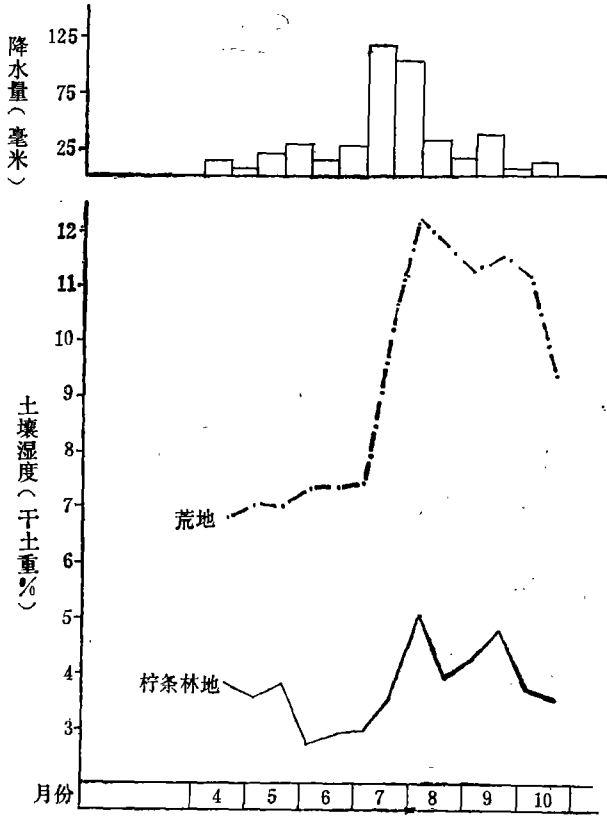


图 1 柠条林地与荒地土壤水分季节动态

为特点，与同期荒地土壤水分动态曲线具有明显差异。后者土壤水分动态曲线4—8月基本上呈逐渐上升趋势。

林地土壤干湿季的形成及其水分动态特点，主要与柠条的物候期和气候的时段降水量有关。观察情况表明，柠条4月中旬即开始萌发，5月上中旬开花，6月中下旬荚果即开始成熟。这意味着柠条生长发育渐盛，所需耗水量渐增，而4—7月初的降水量充其量仅占生长季降水量的1/4。显然是由于在柠条萌发至荚果始熟期间，林分耗水量与降水入渗量相比，耗水量占优势。降水入渗量不但不敷需要，并要动用土壤原有储水，因而使土壤含水量在土壤干季总体上呈减少趋势。在7月初以后，虽然林分仍要消耗大量水分，但降水很快进入高峰期，林分耗水量与降水入渗量相比，后者占绝对优势，因而土壤储水迅速得到恢复、提高，并达到储水量高峰。土壤湿季水分动态曲线出现双峰，则同时与降水量分布（图1）和柠条枝条生长的高峰在8月份有关。

3. 生长季土壤水分垂直动态。生长季林地各土层湿度变幅之大小，可以用变异系数的大小来衡量。在本例中，我们初步确定以0.15作为判别土层湿度变幅大小的界值。根据这一原则，由表2可看出，柠条林地120cm以上各土层的湿度在生长季中变化较大，而其下各土层的湿度则基本稳定。

更值得注意的是，柠条林地土壤湿度的垂直变化梯度很大（表2和图2）。从0—120cm土层含水量的4.82%骤减为120cm—300cm土层的3.05%。上下土层的储水量分别为67mm/100cm和44mm/100cm。下层湿度明显小于上层。

相对而言，荒地的情况则是150cm以上各土层的土壤湿度在生长季变化较大，以下各土层的土壤湿度则比较稳定；不仅土壤湿度垂直变化梯度很小，且下层土壤湿度大于上层。

上述分析说明，在林分的影响下，土壤严重干旱，降水年渗入深度约1.2m左右，在1.2m以下即出现所谓的“干层”^[3]。

（二）土壤水分生态环境的重要影响。

1. 土壤水分亏缺对林分生产力的影响。前述研究已经表明，由于林分的强烈作用，与荒地或裸地相比，林地的土壤水分生态环境表现出一些显然不同的特点。但反过来讲，这样的土壤水分生态环境也必然会对林分施加进一步的深刻影响。

从土壤水分亏缺的角度看，在田间持水量以20%^[2]计的条件下，生长季柠条林地0—300cm土层的水分亏缺量平均为692mm。与荒地相比，显然具有更大的土壤水分亏缺（表8）。由此可以推论，若在平时年或枯水年，林地土壤水分亏缺量可能会更大一

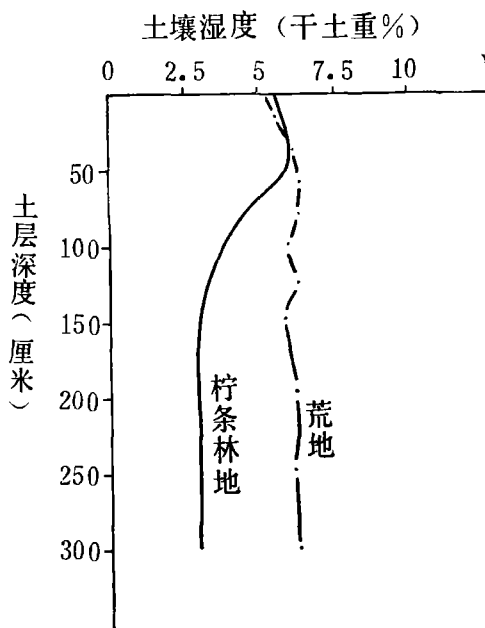


图2 柠条林生长季土壤湿度剖面

表 2 生长季土壤水分垂直动态特征

	柠条林地		荒地	
土层深度 (cm)	0—120	120—300	0—150	150—300
土壤含水量(干土重%)	4.82	3.05	6.06	6.35
变 异 系 数	0.621—0.377	0.110—0.091	0.583—0.231	0.116—0.068
土层储水量(mm/100cm)	67	44	83	88

表 3 生长季土壤水分亏缺量

	柠条林地	荒地
土壤持水能力(mm/300cm)	852	822
土壤储水量 (mm/300cm)	160	256
土壤水分亏缺量(mm/300cm)	692	566

些。

但是,调查情况却表明,即使是在遇到1972年和1980年两次大旱年时,本区及相邻流域的柠条人工林并没有一处因干旱严重而枯死。这两年的降水量均没超过250mm,生长季降水量均约200mm。虽然1980年的前一年降水量较多(约600mm),土壤储水量可能大一些,但1972年的前一年降水量则低于历年平均降水量。这说明,柠条十分耐旱,一般而言,即便土壤水分严重亏缺,柠条林也不会致死。

土壤水分严重亏缺对柠条林的反作用,主要是影响柠条林的生长势和生产力。供试林平均株高1.05m,枝干的生产力每年为13.48kg/亩就说明了这个问题。同时,也正是由于植株矮化,蒸腾失水量才不会过大。因而不致使土壤水分亏缺程度无限加剧。因此可以认为,在现在的基本地形、地貌、土壤条件下,尤其是降水量条件下,柠条林与土壤水分生态环境之间的互为因果关系,在植株矮化与土壤水分严重亏缺上达到和处于一种制衡状态,即相互作用和制约的波动平衡状态。虽然供试林的生产力可能随年降水量的不同在有限的范围内上下波动,但不可能有大的突破。

鉴于这一原理,从实践的角度看,不采取人工管理措施,供试林的现有生产力显然不可能有较大的提高,因为生产力的提高则意味着蒸腾失水作用的加强;而后者加强,必然带来土壤水分亏缺程度的进一步加剧。这种加剧反过来又必然会使生产力的提高受到遏制。因此,针对目前普遍存在着的对柠条林长期放任不管现象,应当加强人工管理。其中最简便有效的办法,就是对柠条人工林定期采取人工平茬措施,因为平茬后不仅可促进柠条生长,提高柠条林对土壤水分的利用率,同时也可使柠条枝干长得较为直而壮,使造纸或制纤维板等的生产利用率得到提高。

对新发展柠条林而言，要避免土壤水分亏缺现象显然是不可能的，因为荒地也存在一定程度的土壤水分亏缺。但是靠人工控制柠条林的密度或覆盖度，仍可使土壤水分亏缺得到某种程度的缓和。

2:降水入渗率与保土作用。供试地段地下水深埋，且基本上不存在深层渗漏、气态水凝结与上层土壤水径流。因此：

阶段土壤入渗量 = 同期土壤储水增量 + 同期土壤蒸发量 + 同期蒸腾失水量。

根据我们的测算结果，在1988年6月5日—8月5日这段时间，柠条林地的储水增量相当于96mm降水量。同时以每株柠条每天蒸腾失水 $60\text{g}^{[4]}$ 计，这段时间林分蒸腾失水量（林下草本层蒸腾失水未计入）又相当于64mm降水量。仅此两项已占同期降水量（262.1mm）的61%。这足以说明，柠条林地的降水入渗率相当高，因而具有减弱降水形成地面径流的巨大作用，可以有效地防止或减少土壤侵蚀。

降水入渗率很高与水分低含量、低储量并不矛盾，因为柠条林下没有明显可见的枯枝落叶层。林地土壤比较干燥，恰恰是接纳降水的主要有利因素。只是降水在渗入土壤后，由于蒸腾蒸发耗水，储量为零（如在土壤干季）或储量有限（如在土壤湿季）。所以，经过一个水分循环周期以后，从总体上讲，土壤水分仍然是低含量和低储量。这也说明，柠条林地土壤水分循环的方式是

低水分含量 $\xrightarrow[\text{蒸腾蒸发耗水}]{\text{降水入渗}}$ 较高水分含量，是在较低水平上的土壤水分循环。

三、问题讨论

柠条人工林对土壤有效水利用率很高，对0—120cm土层的有效水利用率可达89%，对120—300cm土层的有效水利用率几乎达100%。因此，从水分利用的角度进行判断，柠条亦具有极强的抗旱力。这也意味着，在土壤水分严酷的条件下，柠条灌木树种可能会具有其它树草种难以或不能代替的作用。

正因为柠条林对土壤有效水利用率很高，随之必然带来土壤水分亏缺量巨大。如果既要使植物对土壤有效水的利用率“达到充分程度”，又要充分减少土壤水分亏缺量，目前还找不到这种两全其美的办法。

我们初步认为，在黄土丘陵沟壑区条件下，土壤水分较严重亏缺一般并不会使柠条人工林枯死。这一事实可能与柠条林具有自然稀疏及其它自我调节机制有关。加之，柠条林具有防止土壤侵蚀等方面的良好生态作用，所以，在种树种草改善生态环境中，应以发挥其巨大抗旱力和良好生态作用为主要出发点。在基本自然条件（包括土壤水分条件）本来就很严峻的情况下，营造柠条人工林所出现的土壤水分亏缺和林分生产力低下现象，从某种意义上讲，不仅难以避免，而且也抹煞不了柠条等灌木林“功大于过”的生态经济功能。

（作者工作单位：山西大学黄土高原地理研究所）

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所主编:《中国土壤》,科学出版社,1980年,第264—284页。
- [2] 李玉山等:“黄土高原土壤水分性质及其分区”,《中国科学院西北水土保持研究所集刊》,1985年第2集,第1—17页。
- [3] 李玉山:“黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响”,《生态学报》,1983年,第3卷第2期,第91—101页。
- [4] 郭绍祖等:“柠条林地水分动态研究”,《中国水土保持》,1988年,第8期第18—20页。

Study on Soil Water Ecological Environment of Artificial Caragana Korshinskii Bushwood

Wang Mengben Li Hongjian

Abstract

The analyse result shows that in the artificial *Caragana korshinskii* bushwood the use ratio of usable soil water is very high; the formation of soil dry season and soil damp season and their water dynamic characteristics are mainly related with the phenophases of *Caragana korshinskii* and the rainfall of the relevant period of time; and it is a main feature of the vertical change of soil water that there is a obvious decrease in water content of soil deep layer under 120 cm. Though serious water deficit in soil does exert the harmful effect on the productivity of the bushwood, it does not cause the bushwood to die. Because the ratio of infiltration of rainfall into soil is quite large, the bushwood can prevent erosion effectively. Planting *Caragana korshinskii* bushwood is mainly aimed at giving full play to its good ecological role.