

辽西北风沙地不同植物群落土壤入渗特性

吕刚,翟景轩,李叶鑫,王磊,王韞策

(辽宁工程技术大学环境科学与工程学院,辽宁阜新123000)

摘要:采用野外双环入渗试验和室内土壤物理性质分析相结合的方法,研究辽西北风沙地不同植物群落(乔木林地、灌木林地、人工草地、荒草地)土壤入渗特征及影响因素。结果表明:不同植物群落的土壤初始入渗率、16 min入渗率、稳定入渗率和累计入渗量等土壤入渗特征值均表现为荒草地>人工草地>灌木林地>乔木林地;土壤入渗特征值与毛管孔隙度呈显著负相关,与饱和含水量、粉粒含量呈负相关,与土壤初始含水率、土壤容重、非毛管孔隙度、砂粒、粘粒含量呈正相关,但未达显著水平。不同植物群落下土壤入渗过程的拟合优度存在差异,Horton模型、G-P综合模型、Philip模型、Kostiakov模型的平均拟合优度依次为0.948、0.896、0.893、0.868,Horton模型相对误差为15.71%~68.61%,可作为辽西北风沙地不同植物群落土壤入渗过程的预测模型;主成分分析评价的土壤入渗能力排序为荒草地>人工草地>灌木林地>乔木林地,初始入渗率、稳定入渗率、16 min入渗率和累积入渗量的主成分方差累积贡献率为99.628%,较好地表达了土壤入渗能力。

关键词:辽西北风沙地;土壤入渗;土壤水分;植物群落

中图分类号:S152.7⁺2 **文献标志码:**A

Soil infiltration characteristics of different plant community in sandy land of northwestern Liaoning

LU Gang, ZHAI Jing-xuan, LI Ye-xin, WANG Lei, WANG Yun-ce

(College of Environmental Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000)

Abstract: The method of field double ring infiltration test and indoor soil physical properties analysis was used to study the soil infiltration characteristics of different plant community (arbor forest land, shrub land, artificial meadow, wild meadow) in sandy land of northwestern Liaoning. The results showed that soil infiltration characteristics such as initial infiltration rate, 16 min infiltration rate, stable infiltration rate and cumulative infiltration rate of different plant communities were all represented as wild grassland > artificial grassland > shrub forest land > arbor woodland. Soil infiltration characteristics are negatively correlated with capillary porosity and silt content, soil infiltration characteristics are negatively correlated with soil initial moisture content, soil bulk density, non capillary porosity, sand and clay content, but not significant. The goodness of fit of soil infiltration process under different plant communities exist difference. The average goodness of fit of Horton Model, G-P Model, Philip Model, Kostiakov Model in turn was 0.948, 0.896, 0.893, 0.868. The relative error of Horton Model was 15.71% ~ 68.61%, which can be used as a prediction model for soil infiltration processes of different plant communities in sandy land of northwest Liaoning. The ranking of soil infiltration capacity evaluated by principal component analysis is wasteland > artificial grassland > shrubbery > arbor woodland, The cumulative contribution rate of principal component variance of the initial infiltration rate of soil, the 16min infiltration rate of soil, the stable infiltration rate of soil and the cumulative infiltration was 99.628%, which better expressed the infiltration capacity of soil.

Keywords: sandy land of northwestern Liaoning, soil infiltration, soil moisture, phytobiocoenose

科尔沁沙地是我国四大沙地之一,近一百多年来,随着人口增加、农田开垦、过度放牧,目前该区

已经成为我国土地沙漠化迅速发展的地区之一^[1]。地处科尔沁沙地南缘的辽西北地区是辽宁省荒漠化最严重的地区之一,土壤类型主要为风沙土^[2],质地疏松,土壤以大孔隙为主,毛管孔隙度所占比例较小,具有透水快、保水能力差、水分消长迅速等特性,其中以 0~20 cm 土层更为显著^[3]。土壤入渗是水分从土壤表面进入土壤内部的过程,它是降水、地表水、土壤水和地下水相互转化的一个重要环节^[4],是降雨或灌溉水再分配的重要过程,提高土壤入渗量是植被涵养水源、调蓄径流、防治水土流失的关键^[5-6]。特别是在半干旱沙地地区降水稀少,水分消长迅速,土壤水分成为农牧业生产和植被恢复的主要限制因子^[7]。因此,土壤水分对荒漠区生态水文以及对植被恢复至关重要^[8]。阿拉木萨等^[9]通过研究科尔沁沙地不同林龄人工小叶锦鸡儿固沙植被降雨入渗,认为雨后短期内流动沙丘浅层土壤中含水量高,后期有植被沙丘深层土壤含水量高。汤英等^[10]采用双环入渗试验方法在古尔班通古特沙漠分别选取沙垄顶、沙垄间研究不同下垫面条件的沙漠土壤稳定入渗速率的变化规律,认为植被稳定入渗率在距树干较近时最大,随着距离的增加而呈放射状迅速下降。原鹏飞等^[11]研究毛乌素沙地降雨入渗的结果表明,降雨量大小对沙地的入渗深度、入渗速率影响显著,并且不同下渗深度的水分在沙土中保存时间不同且沙区不同植被根系的垂直分布差异较大。鲁瑞洁等^[12]通过监测青海湖湖东沙地 3 种类型沙丘的土壤水分和降雨情况,认为降雨量和土壤前期含水量相近时,入渗量随降雨强度的增大而增加;降雨量和降雨强度相近的情况下,入渗量随土壤前期含水量的增大而减小。

辽西北是阻止科尔沁沙地南下、防风固沙的前线,但目前针对辽西北风沙地不同植物群落土壤入渗特征研究较少。因此,研究辽西北风沙地不同植物群落土壤入渗特性,对于有效防治该区土地荒漠

化,从土壤水分植被承载力的角度优化土地利用结构具有重要意义。本文以辽西北风沙地为研究对象,采用野外双环入渗法研究不同植物群落土壤入渗特征及其影响因素,筛选最优入渗模型,并采用主成分分析评价了不同植物群落土壤入渗能力,以期减少沙地水分快速流失、提高土壤蓄水能力提供科学依据。

1 研究区概况

研究地点位于辽宁省风沙地利用改良研究所章古台试验基地内,该研究基地位于辽宁省阜新市彰武县境内(E122°22',N42°43')。往北距内蒙古哲里木盟科左后旗甘旗卡镇 30 km,往南距彰武县城 40 km。自然区域属于科尔沁沙地东南部边缘,是西辽河平原的边缘地带,海拔高度 345.1 m。年平均气温 6.82℃,极端最低气温 -33.4℃,极端最高气温 43.2℃,平均气温变化幅度在 4.9℃~6.7℃,平均空气湿度 60.4%,年降水量 450 mm 左右,年均蒸发量为 1 590 mm,为降水的 3.2 倍,全年降水量的 69.6% 集中在 6、7、8 三个月,全年平均风速 3.33 m·s⁻¹,风速大于 3 m·s⁻¹ 的日数平均为 160 d,风速大于 10 m·s⁻¹ 的日数为 10 d,而起风沙的风速 5 m·s⁻¹ 全年达 240 多次。无霜期 145~150 d,是典型的北方风沙半干旱地区。基地土壤属于风沙土^[13],植被属内蒙古植被区系西辽河小区,以抗旱性较强的沙生植物为主。代表性植物有色木(*Acer mono*)、山里红(*Crataegus pinnatifida*)、家榆(*Ulmus pumila*)、大果榆(*Ulmus macrocarpa*)、山杏(*Armeniaca sibirica*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、小黄柳(*Salix gordejewii*)、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*)、中华隐子草(*Cleistogenes chinensis*)等。综合考虑植被类型、地形状况,在试验地选取 4 种植物群落作为研究对象,分别为乔木林地(樟子松)、灌木林地(山杏)、人工草地和荒草地。样地基本情况见表 1。

表 1 各样地的基本概况

Table 1 Basic overview of various places

项目 Items	乔木林地 Arbor forest land	灌木林地 Shrub land	人工草地 Artificial meadow	荒草地 Wild meadow
地理位置 Geographic position	E122°22'21.37" N42°43'40.19"	E122°22'17.55" N42°43'16.52"	E122°22'23.14" N42°43'15.35"	E122°22'06.45" N42°43'23.26"
海拔 Height/m	223.7	220.1	232.5	216.3
枯落物覆盖度/% Litter coverage	98	60	0	95
乔木层郁闭度/% Canopy density of tree layer	65	65	0	0
植物总盖度/% Plant total coverage	99	98	99	97
土壤侵蚀程度 Soil erosion degree	中度 Moderate	中度 Moderate	中度 Moderate	轻度 Slightly

2 研究方法

2.1 野外双环入渗试验

在不同植物群落内选取比较平整的地段,将内、外环同时垂直砸入土壤中 10 cm(本试验使用的双环规格为:内环直径 5 cm,外环直径 8.5 cm,环高 20 cm),开始测定的时候向双环的内、外环中注水并使水面保持在 10 cm 的高度,利用医用注射器随时往内环内注水,以此保持内环外环水位一定。并用马氏瓶往外环中注水,保证外环的水面高度保持与内环相同。试验开始后分别在 1、3、6、11、16、21、26、31、36、41 min 记录注射器内所消耗的水量。每种植物群落样地内设 3 次重复。

$$V = \frac{10Q_n}{ST_n}$$

式中, V 为沙地某一时刻土壤入渗率($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$); Q_n 为第 n 次测定时间内的加水量(ml); S 为内环横截面积(cm^2); T_n 为第 n 次测定时间间隔(min)。

本试验选取土壤的初始入渗率、稳定入渗率、16 min 入渗率和累计入渗量为评价土壤水分入渗的基本指标。初始入渗率=最初入渗时段内渗透量÷入渗时间,本试验初始入渗时间为 1 min;稳定入渗率为单位时间内的渗透量趋于稳定时的渗透速率;16 min 入渗率为第 16 min 瞬时入渗速率;累计入渗量为前 41 min 内的渗透总量。

2.2 土壤物理性质测定

在每种植物群落样地各取 3 个环刀样品(高和直径均 5 cm 的钢环刀)和 3 个铝盒样品,利用环刀和铝盒采集样品后立即用胶布和塑料口袋密封,以防止土壤水分蒸发。带回实验室内立即测定土壤初始含水率、土壤容重、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、饱和含水量、机械组成等指标(机械组成采用国际标准,砂粒为 0.02~2 mm,粉粒为 0.002~0.02 mm,粘粒为<0.002 mm)。试验方法详见文献[14]。土壤物理性质见表 2。

表 2 土壤物理性质

Table 2 Soil physical property

土地利用类型 Land use type	初始含水率 Initial water content /%	土壤容重 Volume weight of soil /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	毛管孔隙度 Capillary porosity /%	非毛管孔隙度 Noncapillary porosity /%	饱和含水量 Saturation moisture content /%	机械组成/% Mechanical composition		
						砂粒 Sand	粉粒 Silt	粘粒 Clay
乔木林地 Arbor forest land	2.79	1.55	27.05	15.71	42.76	21.23	75.83	2.94
灌木林地 Shrub land	1.34	1.51	26.51	17.63	44.14	17.20	70.12	12.68
人工草地 Artificial meadow	1.71	1.66	26.99	12.11	39.10	24.59	63.28	12.13
荒草地 Wild meadow	3.33	1.58	25.19	16.48	41.67	30.14	54.26	15.6

3 结果与分析

3.1 土壤入渗特征

土壤渗透性是土壤极为重要的物理特征参数之一,渗透性能的好坏直接关系到地表产生径流量的多少^[15]。

由图 1 可知,不同植物群落样地的土壤初始入渗率依次为荒草地($16.82 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>人工草地($6.88 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>灌木林地($5.61 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>乔木林地($4.59 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)。因为研究地为风沙地,土壤结构松散,土壤中物理性砂粒(>0.01 mm)是绝对优势组成成分,土壤持水时间短,保水能力差,荒草地土壤结构尤为松散,较其他植物群落初始入渗率大。乔木林地对沙地土壤有一定改良作用,其表面枯枝落叶和根系对水分有一定截留、储蓄作用,所以乔木林地土壤初始入渗率最小。沙地

土壤初始入渗率最大,随后土壤入渗率下降趋势趋于缓慢且存在一定程度的波动。各样地 16 min 入渗率为荒草地($13.25 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>人工草地($3.60 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>灌木林地($3.11 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>乔木林地($1.53 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$),与初始入渗率相比分别降低 21.2%、47.8%、44.6%和 66.7%。这是由于随着土壤含水率的增加,水分将土壤颗粒间隙占据,使得土壤水饱和度增大,降低土壤入渗率。土壤稳定入渗率为荒草地($11.87 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>人工草地($3.57 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>灌木林地($2.80 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)>乔木林地($1.43 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$),与初始入渗率相比分别降低 29.4%、48.1%、50.0%和 68.8%。发现乔木林地初始入渗率到稳定入渗率变化最大,荒草地变化最小,这是因为乔木林地对土壤进行改良,土壤质地变好,土壤的蓄水能力增强。土壤累计入渗量表现为荒草地(955 ml)>人工草地(290 ml)>灌木林地

(225.5 ml) > 乔木林地 (123.5 ml)。通过方差分析可知各样地初始入渗率、16 min 入渗率有显著差异 ($P < 0.05$), 乔木林地、人工草地、荒草地的稳定入渗

率、累计入渗量有显著差异 ($P < 0.05$), 人工草地和灌木林地无显著性差异 ($P > 0.05$)。

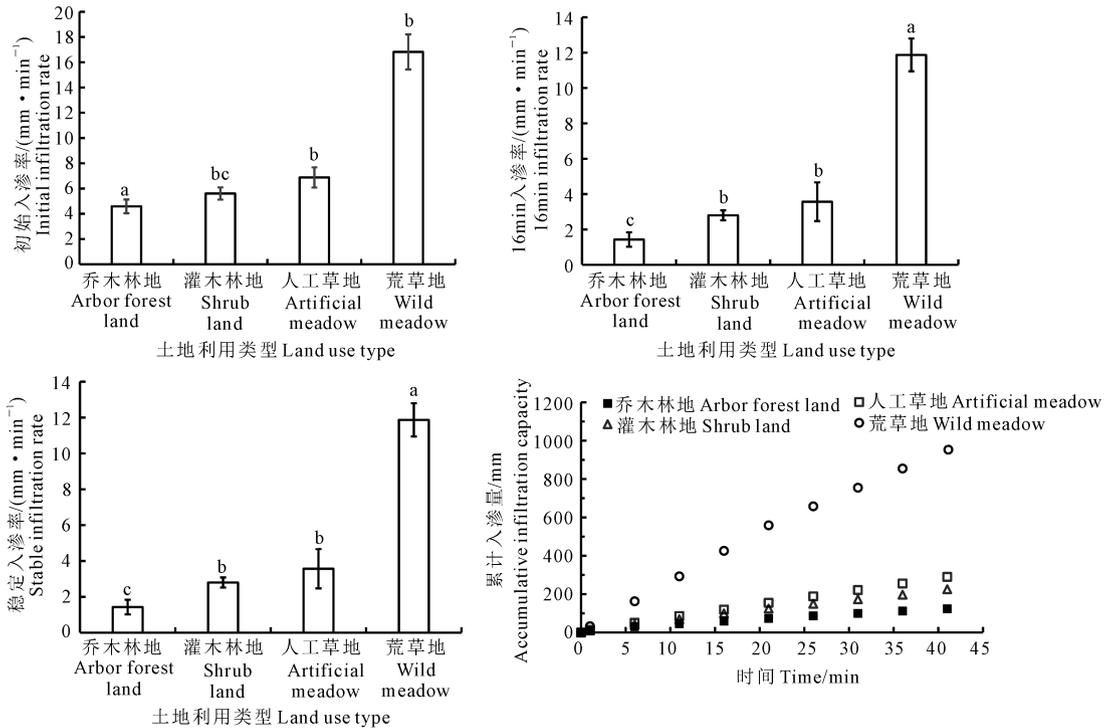


图 1 土壤入渗特征值

Fig. 1 Soil infiltration characteristics

3.2 土壤水分入渗影响因素

不同植物群落的初始入渗率、稳定入渗率和累计入渗量的差异与土壤质地、土壤容重和孔隙度、土壤初始含水率等有关^[16]。由表 3 可知, 初始入渗率、稳定入渗率和累计入渗量与毛管孔隙度呈显著负相关, 这说明风沙地区土壤的毛管孔隙度对土壤入渗能力有显著的影响, 但相关研究表明, 非毛管孔隙度决定着土壤渗透能力的强弱, 与之呈极显著

关系^[17]。研究区土壤的毛管孔隙度较其他植物群落小、非毛管孔隙度大, 且风沙地土壤结构较其他土壤持水、蓄水能力弱。土壤的毛管孔隙度决定土壤的持水性, 所以该地区土壤水分渗漏量大。初始入渗率、稳定入渗率与累计入渗量、饱和含水量、土壤中粉粒含量呈负相关, 与初始含水率、容重、非毛管孔隙度、粘粒和砂粒呈正相关, 但未达显著水平。

表 3 土壤入渗性能与水分物理性质的相关分析

Table 3 Correlation analysis of soil infiltration

入渗特征值 Infiltration characteristic value	初始含水率 Initial water content	土壤容重 Volume weight of soil	毛管孔隙度 Capillary porosity	非毛管孔隙度 Noncapillary porosity	饱和含水量 Saturation moisture content	机械组成 Mechanical composition		
						砂粒 Sand	粉粒 Silt	粘粒 Clay
初始入渗率 Initial infiltration rate	0.66	0.18	-0.95 *	0.17	-0.20	0.87	-0.91	0.68
稳定入渗率 Stable infiltration rate	0.63	0.13	-0.97 *	0.21	-0.15	0.84	-0.91	0.71
累计入渗量 Cumulative infiltration	0.64	0.16	-0.96 *	0.18	-0.19	0.85	-0.92	0.70
样本数 Sample number	12	12	12	12	12	12	12	12

注: * 表示在 5% 水平下相关性显著。Note: * stands for significant correlation at 0.05 level.

3.3 土壤入渗速率的拟合模型

由于土壤的入渗速度是随时间递减的一个过程,土壤初始入渗速度通常很大,而土壤稳定入渗速度则较小,不同植物群落下不同入渗方程对土壤入渗的衰退阶段和稳定入渗阶段拟合的效果可能不同,这就有必要对入渗方程在入渗的不同阶段进行进一步的对比分析。基于此,采用 Kostiakov 模型(模型 1)、Horton 模型(模型 2)、Philip 模型(模型 3)和 G-P 综合模型(模型 4)对风沙地不同样地土壤水分入渗过程进行拟合,比较不同模型的拟合优度(表 4),绘制实测数据与模型计算值的关系曲线(图 2)。

由表 4 可知,不同植物群落的土壤入渗过程的

回归模型的拟合优度存在差异,大小依次为 Horton 模型> G-P 综合模型> Philip 模型>Kostiakov 模型。Horton 模型的决定系数为 0.836~0.994,平均为 0.948;G-P 综合模型拟合的决定系数为 0.730~0.988,平均为 0.896;Philip 模型的决定系数为 0.730~0.974,平均为 0.893;Kostiakov 模型拟合的决定系数为 0.772~0.95,平均为 0.868。各个样地的最优模型的决定系数在 0.730~0.994 之间,其中 Horton 模型占 3 个,表明 Horton 模型较 Kostiakov 模型、Philip 模型、G-P 综合模型更能全面反映辽西北风沙地土壤入渗的实际情况,且 Horton 模型可以更好地模拟和预测风沙地的入渗过程和入渗能力。

表 4 土壤入渗模型拟合参数

Table 4 Parameters of soil infiltration model

土地利用类型 Land use type	Kostiakov 模型拟合参数 Kostiakov model fitting parameter $f(t) = at^{-n}$			Horton 模型拟合参数 Horton model fitting parameter $f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$				Philip 模型参数 Philip model fitting parameter $i = 0.5St^{-0.5} + A$			G-P 综合模型参数 G-P synthesize model parameter $f(t) = Mt^{-0.5} + N$		
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>R</i> ²	<i>f_c</i>	<i>f₀-f_c</i>	<i>k</i>	<i>R</i> ²	<i>S</i>	<i>A</i>	<i>R</i> ²	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>R</i> ²
	乔木林地 Arbor forest land	4.338	0.389	0.952	1.376	5.083	0.472	0.978	7.716	0.517	0.974	3.858	0.517
灌木林地 Shrub land	5.293	0.185	0.924	2.998	3.829	0.394	0.984	6.393	2.312	0.974	3.197	2.312	0.988
人工草地 Artificial meadow	6.137	0.192	0.772	3.478	7.288	0.763	0.994	7.714	2.568	0.893	3.857	2.568	0.892
荒草地 Wild meadow	16.96	0.128	0.822	7.05	8.811	0.03	0.836	15.051	9.829	0.730	7.525	9.829	0.730

利用 Horton 综合模型($f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$,式中: $f(t)$ 为入渗速率; t 为入渗时间; $f_0, f_0 - f_c, k$ 为由试验数据拟合的参数)拟合了风沙地不同植物群落土壤水分入渗过程,并得到了相应的模型参数。由表 4 可以看出,Horton 综合模型的决定系数在 0.836

~0.994 之间,表明风沙地不同植物群落土壤入渗速率和时间符合幂函数方程。其中 f_c 值在 1.396~7.05 之间, $f_0 - f_c$ 值在 3.829~8.811 之间, k 值在 0.03~0.763 之间。其大小和初始含水量相关,能较好反映土壤初始含水率的变化情况。

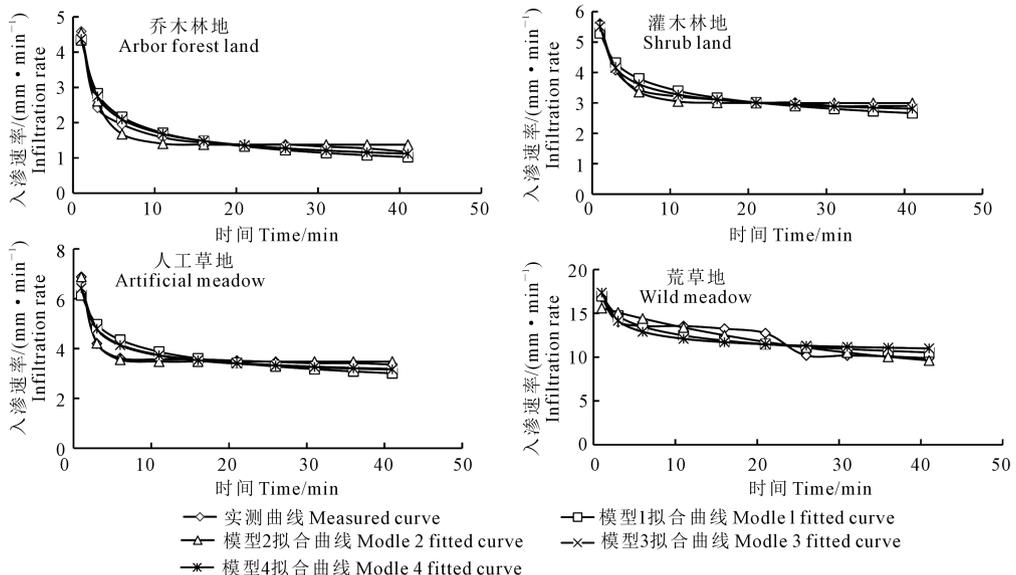


图 2 风沙地各样地实测曲线与拟合曲线

Fig. 2 Measured curves and calculated curves of sandy land

将实测数据与模型计算值进行对比,分别计算入渗率的绝对误差和相对误差,具体见表 5。由表 5 可知,Kastiakov 模型、Horton 模型、Philip 模型、G-P 综合模型的绝对误差变化范围分别为 1.78~7.63、0.55~6.61、0.66~9.83、0.66~9.83 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$,相对误差的变化范围为 51.32%~101.51%、15.71%~68.61%、19.07%~83.28%、19.07%~83.28%。对比

表 5 实测入渗率与模型计算值的绝对误差和相对误差

Table 5 Absolute error and relative error of the measured infiltration rate and the calculated value

土地利用类型 Land use type	Kastiakov 模型 Kastiakov model		Horton 模型 Horton model		Philip 模型 Philip model		G-P 综合模型 G-P synthesize model	
	绝对误差 Absolute error	相对误差 Relative error/%						
	/($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)		/($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)		/($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)		/($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	
乔木林地 Arbor forest land	1.78	101.51	1.11	68.61	1.23	65.87	1.22	65.49
灌木林地 Shrub land	1.79	51.32	0.78	24.20	0.66	19.07	0.66	19.07
人工草地 Artificial meadow	3.79	94.09	0.55	15.71	2.57	64.01	2.57	64.00
荒草地 Wild meadow	7.63	64.35	6.61	51.21	9.83	83.28	9.83	83.28

3.4 土壤水分入渗能力评价

为评价风沙地 4 种植物群落土壤入渗能力,采用 SPSS 软件对初渗率、稳渗率、16 min 入渗率和渗透总量等 4 个指标进行主成分分析,以揭示各指标对土壤入渗能力的贡献。从表 5 可以看出抽取的主成分贡献率达到了 99.628%,完成了对总方差的解释,因子负荷量表明主成分 4 个变量的正荷载差异较小,以稳定入渗率(X_2)最大,最大为 0.501,可以解释为土壤入渗能力的量度。16 min 入渗率(X_2)

和初始入渗率(X_1),分别为 0.498、0.500。其主成分方程为 $P_1 = 0.498 \times \hat{X}_1 + 0.500 \times \hat{X}_2 + 0.501 \times \hat{X}_3 + 0.501 \times \hat{X}_4$ (\hat{X}_i 为各指标的标准化数据),第一主成分的贡献率为 99.628%,第二主成分的贡献率为 0.347%,说明对于土壤入渗能力的表述无法用单一的土壤入渗特征指标解释,需要将初始入渗率、稳定入渗率、16 min 入渗率和累积入渗量等 4 个指标综合起来,进一步解释土壤入渗能力。

表 6 土壤水分入渗能力的 PCA 分析

Table 6 PCA analysis of soil infiltration capacity

主成分 Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4	特征值 Characteristic value	贡献率/% Contribution rate	累积贡献率/% Cumulative
P1	0.498	0.500	0.501	0.501	3.985	99.628	99.628
P2	0.839	-0.473	-0.183	-0.179	0.014	0.347	99.976

为了更好地比较各植物群落土壤入渗能力的强弱,通过得出的主成分方程,计算各植物群落土壤渗透能力得分。从表 7 可以看出,风沙地土壤入渗能力强弱排序依次为荒草地>人工草地>灌木林地>乔木林地。这是因为风沙地土壤持水时间短,保水能力差。植物根系和枯枝落叶对土壤有一定的改良作用,风沙地荒草土壤腐殖质含量低,结构性差,人工草地、灌木林地、乔木林地根系较多,对土壤有一定改良作用,且乔木林地地表枯枝落叶较多,对水分有一定拦截。所以土壤入渗能力表现为荒草地最强、乔木林地最弱。

表 7 土壤入渗能力评价

Table 7 Evaluation of soil infiltration capacity

植物群落 Phytobiocoenose	得分 Score	排序 Sort
乔木林地 Arbor forest land	-1.415	4
灌木林地 Shrub land	-0.966	3
人工草地 Artificial meadow	-0.568	2
荒草地 Wild meadow	2.949	1

4 讨论

风沙土具有结构松散,组成相对单一(以细砂为主)等特点,土壤以大孔隙占主要比例,毛管孔隙所占比例较少,渗水快,保水能力低^[3]。研究风沙

地不同植物群落土壤入渗特性,可以为减少风沙地水分快速流失、提高土壤蓄水能力提供科学依据。风沙地土壤入渗率在不同土地类型下变化规律较其他土壤相比有所不同,蒋定生等^[18]通过对黄土区不同植物群落土壤入渗能力分析,得出乔木林地稳定入渗率>天然草地或人工草地。莫斌等^[19]通过对紫色土区不同植物群落土壤入渗能力分析,得出初渗速率和平均入渗率大小基本表现为林地>坡耕地>草地,稳渗速率则为坡耕地>林地>草地。与本文得出结果不同,这是因为风沙地土壤毛管孔隙度较小,非毛管孔隙度较其他类型土壤大,土壤透水能力强。风沙地不同植物群落的土壤入渗特征值存在一定差异。相关研究表明^[20]毛乌素沙地0~10 cm土层入渗特征值均表现为:无植被沙地>有植被沙地。这与本文结果一致,这是因为风沙地土壤质地不好,土壤孔隙度较大,导致土壤持水时间短,保水能力差。有植被沙地根系蓄水能力增强,对沙地土壤有一定改良效果。因此,0~10 cm土层入渗特征值表现为无植被沙地>有植被沙地。在今后应加强风沙地蓄水保水能力等方面的研究。

5 结论

1) 辽西北风沙地不同植物群落的初始入渗率、稳定入渗率、16 min 瞬时入渗率、稳定入渗率和累计入渗量等土壤入渗特征值均表现为荒草地>人工草地>灌木林地>乔木林地,不同植物群落之间土壤入渗特征值的差异与土壤质地、土壤容重和孔隙度、土壤初始含水率等有关。

2) 风沙地不同植物群落土壤的初始入渗率、稳定入渗率和累计入渗量与毛管孔隙度呈显著负相关,与饱和含水量、粉粒含量呈负相关,与土壤初始含水率、土壤容重、非毛管孔隙度、砂粒、粘粒含量呈正相关,但未达显著水平。

3) 风沙地植物群落土壤的入渗过程的回归模型的拟合优度存在差异,其拟合优度依次为 Horton 模型(0.948)>G-P 综合模型(0.896)>Philip 模型(0.893)>Kostiakov 模型(0.868),表明 Horton 模型较符合风沙地土壤入渗的实际情况

4) 主成分分析表明土壤初始入渗率、稳定入渗率、16 min 入渗率和累积入渗量 4 个指标对土壤入

渗能力的累积贡献率达到 99.976%,不同植物群落土壤的入渗能力排序:荒草地>人工草地>灌木林地>乔木林地。

参考文献:

- [1] 姚淑霞,赵传成,张铜会. 科尔沁不同沙地土壤饱和和导水率比较研究[J]. 土壤学报, 2013, 50(3):469-477.
- [2] 赵艳,关冰,于国庆. 辽西北风沙半干旱区生态治理对策与建议[J]. 农业开发与装备, 2016, (11):58-58.
- [3] 隋艳红. 治理辽西北地区风沙土的主要植物工程技术[J]. 防护林科技, 2014, (1):122-123.
- [4] 雷泽勇,刘心玲,周凯,等. 辽西北沙地人工林植物水分亏缺与恢复研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(4):86-90.
- [5] 雷廷武,刘汗,潘英华,等. 坡地土壤降雨入渗性能的径流-入流-产流测量方法与模型[J]. 中国科学:地球科学, 2005, 35(12):1180-1186.
- [6] Yuan J. Factors affecting rainfall_runoff duration on sloping land [J]. Journal of Mountain Research, 1999, (03):259-264.
- [7] 冯伟,杨文斌,党宏忠,等. 毛乌素沙地流动沙丘土壤水分对降雨的响应[J]. 中国沙漠, 2015, 35(2):400-406.
- [8] 周海,赵文智. 河西走廊典型荒漠区土壤水分对降水脉动响应的稳定同位素分析[J]. 中国沙漠, 2016, 36(6):1637-1645.
- [9] 阿拉木萨,蒋德明,裴铁瑶. 科尔沁沙地人工小叶锦鸡儿植被水分入渗动态研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1):56-59.
- [10] 汤英,周宏飞,徐利岗. 荒漠植被影响下的沙地稳定入渗率变化特征[J]. 土壤通报, 2009, 40(2):235-239.
- [11] 原鹏飞,丁国栋,王炜炜,等. 毛乌素沙地降雨入渗和蒸发特征[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(4):23-27.
- [12] 鲁瑞洁,唐清亮,魏殿生,等. 青海湖湖东沙地不同沙丘降雨入渗研究[J]. 中国沙漠, 2013, 33(3):797-803.
- [13] 焦树仁. 章古台固沙林生态系统的结构与功能[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1989.
- [14] 中科院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京:科学出版社, 1978.
- [15] 罗珠珠. 保护性耕作对黄土高原旱地土壤渗透性能的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2005.
- [16] 姚淑霞,赵传成,张铜会. 科尔沁不同沙地土壤饱和和导水率比较研究[J]. 土壤学报, 2013, 50(3):469-477.
- [17] 周宏飞,汤英,周宝佳. 荒漠灌木及冻融影响下的风沙土入渗特征[C]//2009 土壤资源持续利用与生态环境安全学术研讨会. 南京:中国土壤学会, 2009.
- [18] 蒋定生,黄国俊,谢永生. 黄土高原土壤入渗能力野外测试[J]. 水土保持通报, 1984, 4(4):7-9.
- [19] 莫斌,陈晓燕,杨以翠,等. 不同土地利用类型土壤入渗性能及其影响因素研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(1):13-17.
- [20] 张强,孙向阳,黄利江,等. 毛乌素沙地土壤水分特征曲线和入渗性能的研究[J]. 林业科学研究, 2004, 17(s1):9-14.