

草地雀麦对北京山区石灰性褐土水土保持作用的研究

张磊^{1,2}, 朴顺姬², 孙铁军¹, 武菊英¹

(1. 北京市农林科学院 北京草业与环境研究发展中心, 北京 100097; 2. 内蒙古大学 生命科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要: 北京山区石灰性褐土草地雀麦播种后第2 a, 研究了其主要生物学特性对土壤物理性质及坡地水土流失的影响。结果表明, 草地雀麦种植1 a后, 4月份返青, 7月份地表覆盖度可达85%以上, 8月份植株密度最大, 地上、地下生物量为2 322.6 kg/hm²和5 623.0 kg/hm², 且0—10 cm地下生物量是草地雀麦地下水保持功能发挥的主要部分。北京地区石灰性褐土土壤侵蚀的主要形式是坡面地表径流流失, 降雨与植物生物学特性是坡地土壤侵蚀的主要影响因素, 且不同因素作用大小表现为: 地表径流量> 降雨量> 降雨强度> 坡度> 植被盖度> 植被高度> 植株密度。草地雀麦种植第2 a, 可以明显改善石灰性褐土土壤物理性质, 减小土壤容重2.4%~9.8%, 降低土壤紧实度, 提高土壤入渗率, 坡地地表年径流损失量与土壤侵蚀模数仅为13.5 mm和105.2 t/(km²·a), 保水固土能力达到65.4%和98.1%, 水土保持效果显著。

关键词: 草地雀麦; 石灰性褐土; 水土保持; 灰色关联

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0180-06

中图分类号: S157.2, S714.7

Effects of *Bromus Riparius* on Soil and Water Conservation on Slope with Calcareous Cinnamon Soil in Beijing

ZHANG Lei^{1,2}, PIAO Shun-ji², SUN Tie-jun¹, WU Ju-ying¹

(1. Beijing Research and Development Center for Grass and Environment, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097; 2. College of Life Sciences, Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia 010021, China)

Abstract: Experiment was conducted to study the effects of *Bromus riparius* on soil and water conservation on the slope with calcareous cinnamon soil in Beijing by analyzing the relation to main biological characters and soil and water loss for a year. *Bromus riparius* turned green in April and its cover was over 85% in July. In August, their overground and underground biomasses at the highest plant density were 2 322.6 and 5 623.0 kg/hm², respectively, and the root amount in 0—10 cm soil layer was important to prevent soil and water loss. The main form of soil erosion on the slope with the calcareous cinnamon soil in Beijing was surface runoff. Rainfall and biological characters were two major factors to soil erosion on the slope. The order of factors was surface runoff> rainfall> rainfall intensity> slope degree> vegetation cover> vegetation height> tiller density according to their effects to soil erosion. After one year *Bromus riparius*, the physical properties of the calcareous cinnamon soil were significantly improved. Soil bulk density was deduced by 2.4%~9.8%, soil compaction was decreased, and infiltration capacity was promoted. The yearly amount of surface runoff loss and soil erosion modulus on the slope were reduced to 13.5 mm and 105.2 t/(km²·a) and the capacity of soil and water conservation reached 65.4% and 98.1%, respectively. Grass planting on the slope with the calcareous cinnamon soil has great significance in soil and water conservation.

Keywords: *Bromus riparius*; calcareous cinnamon soil; soil and water conservation; gray correlation

水土流失危害性大, 涉及面广, 给农业生产和人类生存带来严重威胁, 由此成为人们一直关注的全球性环境问题之一。早在19世纪80年代, 德国土壤学

家 Wollny 通过径流试验小区研究了植被对降雨侵蚀和土壤结构恶化的影响, 之后, Ellson 揭示了植被水土流失防治的关键所在, 为土壤侵蚀科学开辟出

了一个新的领域^[1]。而 20 世纪 60 年代朱显谟提出生物防治措施是水土保持中最有效和最根本的方法^[2], 生物措施作为水土保持三大措施(生物措施、耕作措施和工程措施)之一倍受青睐。其中, 草本植物由于其抗逆性强, 适应性广, 生长速度快, 而被广泛应用与水土流失防治中。刘明国等在辽西地区建平县境内草本植物改土防蚀效益研究中得出, 草本植物种植可使土壤容重下降 3.1%~10.1%, 透水速率提高 73.14%~55%, 土壤侵蚀率降低 11.97%~21.4%, 水土保持效益显著^[3]。赵明华等在江苏沿海地区沙壤土种植牧草, 汛期可增加地表覆盖度 46%~84%, 减少土壤侵蚀量 49.9%~71.4%, 坡地水土保持效果明显改善^[4,5]。

北京西部山地为太行山脉的东北余脉, 北部、东北部山地为燕山山脉的西段支脉, 其山麓以及低山丘陵地区主要分布为石灰性褐土^[6]。该类型土壤的成土母质是钙质岩坡洪积物及黄土母质, 土壤通体碳酸钙含量较高, 且土层深厚, 多含砾石。浅层土体, 厚度 60 cm 左右, 因其多数所处地形部位较高, 坡度大而水土流失严重。草地雀麦是禾本科雀麦属多年生牧草, 抗旱、耐寒、耐贫瘠, 根系发达, 覆盖能力强, 适于冷凉干燥地区生长, 是我国北方地区水土保持的优选牧草^[7]。试验选择北京市延庆县石灰性褐土坡地种植草地雀麦, 设置径流试验区, 观测生物学特性变化及其对土壤物理性质和坡地水土流失的影响, 探索石灰性褐土坡地水土流失的主要影响因素, 从而为该地区坡地水土保持与生态治理提供一定的理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 实验区概况

研究区设在北京市延庆县米家堡苗圃, 位于北京市西北郊, 离北京市 80 km 余, 东经 115°59', 北纬 40°29', 海拔 365 m, 属温带与中温带、半干旱与半湿润的过渡地带, 受大陆性季风气候控制, 四季分明, 夏季多雨, 昼夜温差大, 无霜期短, 一般在 155~165 d 左右, 年平均温度 8.5 °C, 7 月平均气温 23 °C, 1 月平均气温 -8.8 °C, 日平均气温 8 °C~9 °C; 地表水年内、年际变化大, 主要受降水量影响, 丰水年年降雨量可达 689.3 mm, 枯水年仅 298.4 mm, 年内各月降雨量极不均匀, 6—9 月降雨量可占全年的 84%。2007 年延庆县月降水情况见图 1。另外, 北京市土壤调查结果显示, 研究区土壤主要为灰白黄土, 属于石灰性褐土亚类火褐灰泥土土属, 分布在北京市门头沟、延庆、房山等区(县)的低山丘陵, 面积 9 000 hm²^[6]。

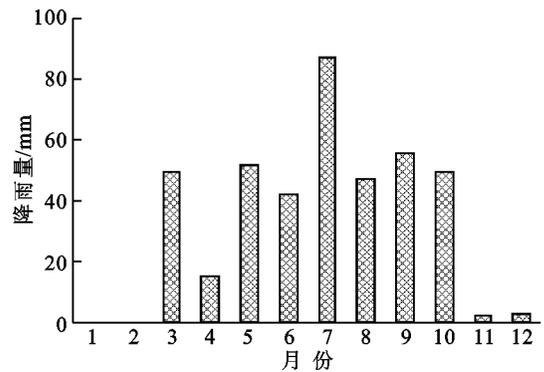


图 1 2007 年延庆县月降水量

1.2 试验小区布设

选择 25°坡地建立共 6 个径流试验区, 每径流小区水平投影面积为 2 m×3 m, 以裸露坡面为对照 (CK), 以草地雀麦种植区为处理, 全部在同一坡地“一”字型等高间隔排列, 坡向坐南向北, 处理和对照各 3 个重复。每个小区四周用油毡纸隔开, 埋入地下 30 cm, 高出地面 20 cm, 小区最低处设一出水口, 出口端接体积为 0.13 m³的分流桶, 并通过 5 孔分流后再接 1 个体积相同的集流桶, 用于产流后地表径流与泥沙收集。2006 年 5 月 18 日采用等高线条播方式, 在径流试验区播种草地雀麦, 行距 15 cm, 播种前翻地 20 cm, 再平整, 播种后时常拔除裸地径流小区杂草, 使其地表覆盖度保持在 5% 以下, 草地雀麦出苗后完全处于自然生长状态, 且试验区光照充足, 通风条件良好。

1.3 测定项目及其方法

1.3.1 径流量观测 每次有产流降雨结束之后, 先测定每个径流池的水位高度(精确至 0.1 cm), 测算出径流总体积, 然后搅浑池内的水, 用自制取样器取水样, 每次取 150 ml 左右, 3 次重复取样混装在取样瓶内。测定取样瓶内样品总重量、体积。将浑水静置若干小时, 过滤掉清水。在 105 °C 下烘箱内烘 12 h, 测定泥沙干重, 再经下面公式换算成径流量 (mm)^[8]。

$$Q = \frac{(M - m) \times V}{v \times S}$$

式中: Q ——径流量; M ——样品总重量; v ——样品总体积; m ——样品泥沙干重; V ——径流总体积; S ——径流小区面积。

1.3.2 侵蚀量观测 同径流量取样测定方法相同, 再经下面公式换算成侵蚀量(t/km²)^[8]。

$$W = \frac{m \times V}{v \times S}$$

式中: W ——侵蚀量; v ——样品总体积; m ——样品泥沙干重; V ——径流总体积; S ——径流小区面积。

1.3.3 生物量测定

(1) 地上生物量测定。用直接收获法^[9], 将各径流试验小区草地雀麦地上部分全部刈割, 80 °C 烘干至恒重, 然后称干重, 计算地上生物量。

(2) 地下生物量测定。用土柱筒法^[10] (深 20 cm, 直径 25.23 cm, 体积 10 000 cm³), 将径流试验小区中轴线 1/3 处靠下选定为取样点, 分 0—10, 10—20, 20—30 cm 深度的 3 个剖面层次取样, 重复 3 次, 之后用英国 *Delta-T* 公司生产的 RWC 型洗根系统进行洗根, 在放入烘箱 80 °C 烘干至质量恒重, 电子天平称重, 计算地下生物量。

1.3.4 土壤容重测定 径流试验小区中轴线 1/3 处靠上选定 1 个取样点, 将地表覆盖物去除后, 分 0—10, 10—20, 20—30 cm 3 个剖面层次, 用手持土钻环刀取样器分层取出 100 cm³ 土样, 放入铝盒带回实验室测定土壤鲜重, 之后在 105 °C 下烘箱内烘 12 h 后测定干重, 计算土壤容重。

1.3.5 土壤入渗测定 用同心环法^[11], 在径流试验小区中选择中轴线 2/3 处作为同心环圆心测定, 重复 3 次, 计算不同处理小区平均土壤入渗率。

1.3.6 土壤紧实度测定 选用 SG-900 型数显式土壤紧实度仪, 随机选点测定径流试验小区 0—45 cm 土层紧实度, 求平均值, 每处理重复 3 次, 计算不同处理小区土壤紧实度。

1.3.7 灰色关联系数与关联度的计算方法 设: x_1, x_2, \dots, x_N 为 N 个因素, 反映各因素变化特性的数据列分别为 $\{x^1(t)\}, \{x^2(t)\}, \dots, \{x^N(t)\}, t = 1, 2, \dots, M$ 。

首先, 为了消除各参数间量纲的不同, 采用公式

(1) 对各参数进行无量纲化生成处理^[14]。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ij}^{\max}} \quad (1)$$

式中: x'_{ij} ——新生成的参数; x_{ij}^{\max} ——某一参数的平均值。

其次, 采用公式(2), 计算因素 x_j 对 x_i 的关联系数^[12-14]。

$$\zeta_{ij}(t) = \frac{\min_i \min_j \Delta_{ij}(t) + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}(t)}{\Delta_{ij}(t) + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}(t)} \quad (2)$$

式中: $\zeta_{ij}(t)$ ——关联系数; $\Delta_{ij}(t)$ ——比较数列与参考数列各对应点的绝对差值; ρ ——分辨系数, ρ 越小, 分辨率越大, 一般取 $\rho = 0.5$ ^[12-14]。

采用公式(3), 运用平权法, 求得计算各因素的灰色关联度^[12-14]。

$$Y_{ij} = 1/n \sum_{k=1}^n \zeta_{ij}(t) \quad (3)$$

之后根据各因素数列间的灰色关联度值大小判断比较因素与参考因素的相关性大小。

2 结果与分析

2.1 草地雀麦生物学特性的动态变化

草地雀麦生长发育过程中, 其生物学特性具有一定的规律性变化, 并对坡地水土保持效果有着重要的影响, 其中, 地表覆盖是草地雀麦地上部分生长时所形成的主要生物学特性之一, 有效的地表覆盖可以拦截雨滴, 减少溅蚀, 防止坡地水土流失。2007 年测定结果显示, 石灰性褐土种植草地雀麦后, 第 2 年(2007 年)4 月份开始返青, 5 月份地表覆盖度达到 25% 以上, 并随地上部分的不断增加, 覆盖度显著提高, 7 月 27 日达到 85% (图 2), 之后差异不显著。延庆地区雨季一般在 7—9 月(图 1), 该时期降雨集中, 雨量大, 易使石灰性褐土裸露地表形成较大产流, 此时坡地植被覆盖度达到 80% 以上, 将有利于坡面水土流失防治和土壤水分涵养。

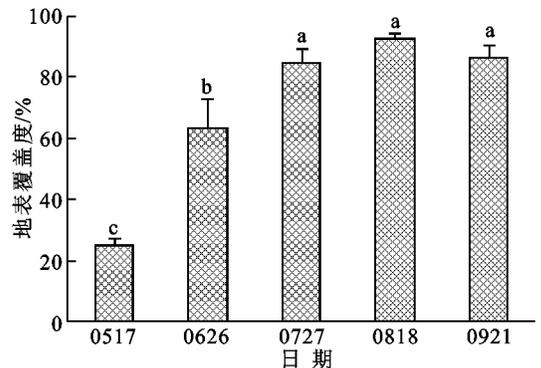


图 2 2007 年 5—9 月径流试验小区草地雀麦地表覆盖度变化

注: 图中不同字母表示各时期草地雀麦地表覆盖度在 0.05 水平上差异显著。

植株密度是植被地表覆盖度的主要影响因素之一。一般而言, 植株密度越大, 地表覆盖度越高。2007 年径流试验小区植株密度测定结果显示, 草地雀麦返青后, 植株密度逐渐增加, 8 月中旬草地雀麦进入完熟期, 植株密度达到最大, 为 1.839×10^7 株/hm², 之后生殖枝逐渐枯萎, 植株密度有所降低(图 3)。

生物量也是植被水土保持特性的重要影响因素之一, 2007 年草地雀麦地上生物量为 2 322.6 kg/hm², 地下生物量达到 5 623.0 kg/hm², 是地上生物量的 2.4 倍, 大量的根系纵横交错, 形成紧密的根网, 可以固结土壤颗粒, 抵抗侵蚀, 尤其是 0—10 cm 土层内根系, 显著高于其它土层根量, 占 0—30 cm 土层地下生物量的 76.3%, 是根系水土保持作用的重要组成部分(表 1)。

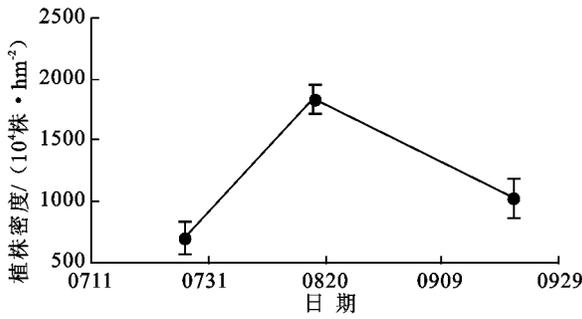


图 3 径流试验小区草地雀麦植株密度变化

表 1 2007 年草地雀麦地上、地下生物量

地上生物量/ (kg · hm ⁻²)	地下生物量/(kg · hm ⁻²)			
	0—10 cm	10—20 cm	20—30 cm	总计
2 322.6c	4 289.4b	826.0d	507.6d	5 623.0a

注: 表中不同字母表示草地雀麦地上、地下生物量在 0.05 水平上差异显著。

2.2 对土壤容重的影响

土壤容重是表征土壤物理性状及其透水能力的一个重要指标, 容重越小, 土壤入渗率越大。2007 年径流试验小区土壤容重测定结果显示, 0—30 cm 土层内, 草地雀麦地不同深度土壤容重与裸露地相比, 均有所降低, 其中, 0—10 cm 土层容重降低 9.8%, 10—20 cm 土层降低 3.6%, 20—30 cm 土层降低 2.4%, 与不同土壤深度草地雀麦地下生物量相比较 (表 2), 可以看出, 地下生物量越多, 石灰性褐土土壤容重改善效果越明显 (图 4)。

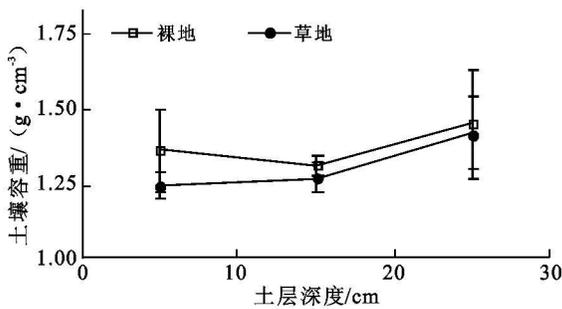


图 4 径流试验小区不同深度土壤容重

2.3 对土壤紧实度的影响

土壤紧实度也是土壤入渗率的主要影响因素之一, 土壤紧实度越小, 土壤入渗速率大。2007 年草地雀麦生长季末期, 测定不同处理径流试验小区 0—45 cm 土层内土壤紧实度。结果显示, 随着土壤深度增加, 草地雀麦地与裸露地土壤紧实度逐渐增加, 但同一深度草地雀麦地土壤紧实度低于裸露地, 表明草地雀麦种植可以减小石灰性褐土土壤紧实度, 有利于土壤入渗率的提高 (图 5)。

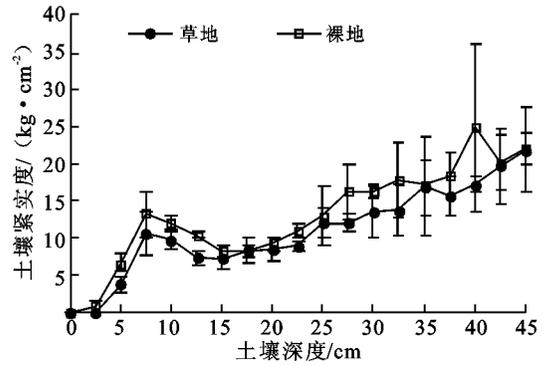


图 5 2007 年径流试验小区不同处理土壤紧实度

2.4 对土壤入渗速率的影响

土壤入渗速率是表征土壤入渗状况的重要指标, 入渗率高, 地表径流流失量小, 土壤侵蚀量相对较少。2007 年测定石灰性褐土不同处理径流试验小区土壤入渗率, 结果显示: 随着入渗时间的延长, 土壤入渗率逐渐下降, 但同一时段草地雀麦种植后的石灰性褐土土壤入渗率高于裸露地, 并在 0~5 min 内差异显著, 进一步表明草地雀麦种植可以降低土壤容重和紧实度, 提高土壤入渗率, 尤其是初始入渗率 (图 6)。

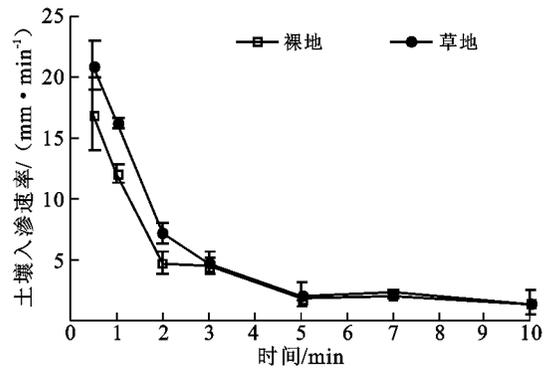


图 6 不同处理径流试验小区间土壤入渗率

2.5 水土保持能力

草地雀麦种植可以改善土壤物理性状, 提高土壤入渗率, 有利于坡地水土保持。2007 年试验区水土流失监测数据显示: 石灰性褐土裸露地地表年径流量达到 39.1 mm, 土壤侵蚀模数为 5 380.2 t/(km² · a), 而草地雀麦种植地地表年径流量与土壤侵蚀模数仅为 13.5 mm 和 105.2 t/(km² · a), 保水固土能力达到 65.4% 和 98.1%, 有效减少了石灰性褐土的地表水土流失量, 水土保持效果显著 (表 2)。

2007 年试验区有产流的降雨 4 次, 其中, 次降雨量最大的是 7 月 7 日, 为 36.1 mm, 裸露地地表径流量达到 23.69 mm, 径流系数为 0.656 2, 草地地表径流量为 8.56 mm, 径流系数仅为 0.237 2, 显著低于

裸露地。次降雨量最小的是 8 月 26 日, 为 20.2 mm, 裸露地与草地径流系数分别为 0.034 7, 0.008 6, 二者差异显著, 且不同次降雨条件下, 草地减沙效率均高于 97%, 表明草地雀麦种植不但可以显著减少雨季石灰性褐土地表径流, 还可以大幅度降低地表径流中泥沙含量, 从而进一步减弱坡地土壤侵蚀(表 3)。

表 3 2007 年试验区各场次降雨下的地表径流量和土壤侵蚀量

日期	降雨量/ mm	降雨强度/ (mm·min ⁻¹)	径流量/mm		径流系数		侵蚀量/(t·km ⁻²)		减沙 效率/%
			裸露地	草地雀麦地	裸露地	草地雀麦地	裸露地	草地雀麦地	
0630	20.8	0.12	0.63a	0.01b	0.030 1a	0.000 6b	9.61a	0.36b	96.21
0707	36.1	0.21	23.69a	8.56b	0.656 2a	0.237 2b	3 779.11a	96.05b	97.46
0731	22.8	0.23	14.08a	4.77b	0.617 3a	0.209 1b	1 589.30a	8.70b	99.45
0826	20.2	0.09	0.70a	0.17b	0.034 7a	0.008 6b	2.15a	0.04b	97.98

注: 同一项数据不同处理之间不同字母表示其值在 0.05 水平上差异显著。

2.6 石灰性褐土侵蚀影响因素关联度分析

同一系统发展过程中, 若其中两个因素的变化趋势具有一致性, 则二者关联程度较高; 反之, 则较低。灰色关联分析方法, 是根据因素之间发展趋势的相似或相异程度, 作为衡量因素间关联程度的一种方法, 该方法可用于动态历程分析, 并通过寻求系统中各子系统(或因素)之间的数值关系, 为系统的发展变化态势研究提供量化的度量。以 2007 年不同场次降雨产流后草地雀麦地土壤侵蚀量为对照因素, 设置为 x_0 , 以土壤侵蚀的主要影响因素径流量、坡度、降雨量、降雨强度、植被盖度、植株密度、植被高度为参考因素, 设置为 x_1, x_2, \dots, x_7 , 建立参数表, 求各参考因素与对照因素之间的灰度关联度(表 4)。

表 4 草地雀麦种植小区中各参考因素与对照因素参数

项目	日期			
	0630	0707	0731	0826
侵蚀量 $X_0/(t \cdot km^{-2})$	0.36	96.05	8.70	0.04
径流量 X_1/mm	0.01	8.56	4.77	0.17
坡度 $X_2/(^\circ)$	25.00	25.00	25.00	25.00
降雨量 X_3/mm	20.80	36.10	22.80	20.20
降雨强度 $X_4/(mm \cdot min^{-1})$	0.12	0.21	0.23	0.09
植被盖度 $X_5/\%$	70.00	80.00	86.00	93.00
植株密度 $X_6/(10^4 \text{株} \cdot hm^{-2})$	680.00	800.00	900.00	1146.00
植被高度 X_7/cm	52.00	55.00	70.00	45.00

为了消除各参数量纲不同, 首先对各参数采取无量纲化生成处理(表 5)。

选择土壤侵蚀量为参考数列, 其余各项为比较数

表 2 不同处理坡面地表年径流量与土壤侵蚀模数

处理	年径流量/mm	土壤侵蚀模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)	保水 能力/%	固土 能力/%
裸地	39.1a	5 380.2a	—	—
草地	13.5b	105.2b	65.4	98.1

注: 同列不同字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著。

列, 求各比较数列与参考数列的绝对差值。得出, 两极最小差值为 0.010 444, 最大差值为 2 746 019(表 6)。

根据灰色关联系数计算公式, 求得各影响因素的关联系数(表 7)。

将各影响因素的灰色关联系数代入灰色关联度计算公式, 求得各影响因素的灰色关联度(表 8)。

表 5 标准化后的各个参数

项目	日期			
	0630	0707	0731	0826
侵蚀量 X_0	0.013 849	3.653 563	0.330 935	0.001 653
径流量 X_1	0.003 405	2.534 244	1.411 025	0.051 326
坡度 X_2	1.000 000	1.000 000	1.000 000	1.000 000
降雨量 X_3	0.832 833	1.445 445	0.912 913	0.808 809
降雨强度 X_4	0.713 607	1.311 374	1.408 001	0.567 018
植被盖度 X_5	0.851 064	0.972 644	1.045 593	1.130 699
植株密度 X_6	0.771 412	0.907 544	1.020 987	1.300 057
植被高度 X_7	0.936 937	0.990 991	1.261 261	0.810 811

表 6 各比较数列与参考数列之间的绝对差值

项目	日期			
	0630	0707	0731	0826
径流量 X_1	0.010 444	1.119 319	1.080 089	0.049 673
坡度 X_2	0.986 151	2.653 563	0.669 065	0.998 347
降雨量 X_3	0.818 983	2.208 117	0.581 978	0.807 156
降雨强度 X_4	0.699 758	2.342 189	1.077 066	0.565 365
植被盖度 X_5	0.837 214	2.680 918	0.714 657	1.129 046
植株密度 X_6	0.757 563	2.746 019	0.690 052	1.298 404
植被高度 X_7	0.923 088	2.662 572	0.930 326	0.809 158

表 7 各因素的关联系数

项目	日期			
	0630	0707	0731	0826
径流量 ξ_1	1.000 000	0.555 085	0.563 962	0.972 426
坡度 ξ_2	0.586 418	0.343 581	0.677 475	0.583 402
降雨量 ξ_3	0.631 140	0.386 318	0.707 653	0.634 564
降雨强度 ξ_4	0.667 443	0.372 377	0.564 657	0.713 718
植被盖度 ξ_5	0.625 934	0.341 262	0.662 679	0.552 927
植株密度 ξ_6	0.649 334	0.335 869	0.670 583	0.517 873
植被高度 ξ_7	0.602 524	0.342 814	0.600 630	0.633 981

表 8 土壤侵蚀各主要影响因素之间的灰色关联度

径流量 r_1	坡度 r_2	降雨量 r_3	降雨强度 r_4	植被盖度 r_5	植株密度 r_6	植被高度 r_7
0.772 868	0.547 719	0.589 919	0.579 549	0.545 701	0.543 415	0.544 987

3 结论

(1) 北京地区春季种植草地雀麦, 越年后 4 月份返青, 7 月份地表覆盖度达 85% 以上, 8 月份植株密度最大, 可达 $1\ 839 \times 10^7$ 株/ hm^2 , 生长季内地上生物量为 $2\ 322.6\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 地下生物量 $5\ 623.0\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 其中, 0—10cm 土层地下生物量占 0—30cm 总地下生物量的 76.3%, 是草地雀麦地下水保持功能的重要组成部分。

(2) 草地雀麦种植可以明显改善石灰性褐土土壤物理性质, 种植第 2 a 后, 0—30 cm 土壤容重降低 2.4%~9.8%, 且随地下生物量增多, 效果更显著, 同时, 减小 0—45 cm 土壤紧实度, 提高土壤入渗率, 尤其是 0—5 min 内初始入渗率, 有利于增加坡地土壤入渗量, 减少地表径流流失。

(3) 北京地区石灰性褐土土壤侵蚀的主要形式是坡面地表径流流失, 其侵蚀量大小随降雨、坡度的变化而不同, 特定气候与地形条件下, 植物生物学特性的动态变化则是坡地土壤侵蚀的主要影响因素, 其中, 植被地表覆盖相对于植株高度、密度更为重要, 且不同影响因素对土壤侵蚀作用大小的顺序为: 径流量 > 降雨量 > 降雨强度 > 坡度 > 植被盖度 > 植被高度 > 植株密度; 草地雀麦种植, 可以显著减少石灰性褐土坡地水土流失。

[参 考 文 献]

[1] 哈德逊 N W. 土壤保持[M]. 窦葆璋, 译. 北京: 科学出版社, 1975: 2-3.

由关联度值大小顺序得出: 7 种因素对土壤侵蚀影响力强弱的顺序为: 径流量 > 降雨量 > 降雨强度 > 坡度 > 植被盖度 > 植被高度 > 植株密度, 说明石灰性褐土坡地土壤侵蚀的主要形式是地表径流流失, 侵蚀量大小随降雨、坡度的变化而不同, 但特定气候与地形条件下, 植物生物学特性的动态变化即成为土壤侵蚀的主要影响因素, 其中, 草地地表覆盖相对于植株高度、密度更为重要, 覆盖度大, 侵蚀量小, 其次是高度, 降低植株高度有利于减少坡地土壤侵蚀量。

- [2] 朱显谟. 黄土高原地区植被因素对于水土流失的影响[J]. 土壤学报, 1960, 8(2): 110-120.
- [3] 刘明国, 何富广, 王世英. 辽西地区草本植物改土防蚀效益研究[J]. 土壤通报, 1998, 29(5): 198-200.
- [4] 赵明华, 杨延春, 邹志国, 等. 江苏沿海地区生物措施提高水土保持效益研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 233-236.
- [5] 郭雨华, 赵廷宁, 孙保平, 等. 草地坡面水动力学特性及其阻延地表径流机制研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 264-267.
- [6] 熊毅, 席承藩, 张同亮, 等. 黄河流域土壤研究 II: 华北平原土壤的发生和演变[J]. 土壤学报, 1958, 6(1): 25-43.
- [7] 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.
- [8] 水利电力部农村水利水土保持司. 水土保持试验规范 SD239-87[M]. 北京: 水利电力部, 1988.
- [9] Walter D Wilims, Barryw Adams, Johan F Dormaar. 羊茅草地牧草生物量季节动态[J]. 国外畜牧学: 草原与牧草, 1998(2): 33-39.
- [10] 吴彦, 刘世全, 付秀琴, 等. 植物根系提高土壤水稳性团粒含量的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(1): 45-49.
- [11] 李智广. 水土流失测验与调查[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [12] 倪焱. 灰色系统理论在水土流失分析中的应用[J]. 水土保持通报, 1986, 6(2): 80-83.
- [13] 李香云, 王玉杰. 不同植被类型对地表径流影响的灰色关联度分析[J]. 水土保持通报, 2007, 27(2): 83-86.
- [14] 陈逸欣. 土壤侵蚀量与降雨因子间的灰关联分析[J]. 人民珠江, 2002(5): 51-52.