

修剪高度对草地早熟禾草坪生态效益的影响

张慧敏¹, 王建光^{1,2}, 王明玖^{1,2}, 叶文兴¹, 黄瑞霞¹, 张忠婷¹

(1. 内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010011; 2. 草地资源教育部重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010011)

摘要:以生长4年的草地早熟禾(*Poa pratensis*)草坪为供试材料,设置12、8、5、3 cm 4个留茬高度,以不修剪(自然高度约18 cm)作为对照,于2019年8—10月通过测试草坪的固碳、释氧、释水、吸热和降温等5个生态因子指标,运用隶属函数分析法对其生态效益进行综合评价,以探讨半干旱地区休闲草坪的合理修剪高度。结果表明:草地早熟禾草坪上述5个生态因子的生态效能均随其修剪高度的降低而减少,按照生态效益综合评价三级制考量,不修剪对照生态效益最高,为Ⅰ级,修剪高度12 cm处理和8 cm处理生态效益较高,为Ⅱ级,修剪高度5 cm处理和3 cm处理生态效益最低,为Ⅲ级。为兼顾各修剪高度草坪的景观效果和生态效益,以及景观维持时长,建议干旱、半干旱地区城市休闲草坪的合理修剪高度以8~12 cm为宜。

关键词:草地早熟禾;休闲草坪;修剪高度,生态效益;隶属函数

中图分类号:S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)05-0031-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.05.004

由于人类活动的影响,1959—2008年,大气中二氧化碳(CO₂)的浓度从315.98 mg/L增加到385.34 mg/L,年均增加1.39 mg/L,2019年突破415 mg/L,创造有史以来最高纪录^[1-2]。大气中CO₂浓度的增加直接加强了温室效应,使得全球气候向不利于人类发展与生存的方向变化。草坪和草地、林地一样,对地区性气候要素如温度、湿度等有调节作用。草坪生态系统的气体调节功能和气候调节功能是衡量其生态效益的重要服务效能。草坪草通过呼吸作用和光合作用维持大气中CO₂与氧气(O₂)的平衡^[3-4];同时,草坪草光合作用和蒸腾作用对太阳辐射有吸收和转化作用,对周围空气起到降温增湿的效果,使城市热岛效应得

以缓解^[5]。

固碳释氧量和释水吸热能力是配置园林绿化植物时必须考虑的因素,草坪在城市绿化中的地位一直备受争议,因为在粗放养护下,它既没有乔木显著的遮荫效益,也没有灌木强大的生命力。草坪的修剪精细且繁琐,后期的修剪等养护管理费用也较高^[6]。修剪时不仅要考虑景观效果,还要考虑修剪高度与频度,以及草坪的生态服务效益。有关草坪生态效益的研究,大多将乔灌草群落作为对象,对草坪生态效益的独立研究相对较少。目前,城市休闲草坪在修剪管护中处于两种状况,即在非重要场景中因顾及养护费用往往处于不修剪状态,在重要场景中又因为过于顾及景观而处于过低过频的修剪。近年来的研究已经证实,草坪的修剪高度与其景观效果和养护费用均呈负相关^[7],但与其生态效益的关系尚未明确。基于此,本研究试图探明草坪修剪高度与生态效益的关系,并确定在北方地区兼顾景观效果和生态效益的最适草坪修剪高度。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于内蒙古自治区呼和浩特市内蒙古农业

收稿日期:2020-09-30; 修回日期:2020-11-26

基金项目:国家自然科学基金(31460633);内蒙古自然科学基金(2017MS0353)

作者简介:张慧敏(1995-),女,内蒙古巴彦淖尔市人,博士研究生,研究方向为草坪与植被恢复。

E-mail:zhanghm0927@163.com

王明玖为通讯作者。

E-mail:wangmj_0540@163.com

大学南校区(E 111°42', N 40°48', 海拔 1 060 m)。该地区年均气温 6.7℃, 无霜期 140 d; 年均降水量 401.6 mm, 年均蒸发量 1 766.1 mm, 6—9 月的降水量占全年降水量的 70% 以上; 0~30 cm 土层田间持水量为 25.15%, 土壤质地为砂质粘壤土。属于典型的半干旱温带大陆性气候。

1.2 试验材料

供试材料为 2016 年从美国进口草地早熟禾(*Poa pratensis*)品种午夜(Midnight)建植的草坪, 该材料属于冷季型, 为世界广域性草坪草, 在中国北方地区有广泛的应用。

1.3 试验设计

采用单因素随机区组设计, 设置 4 个修剪高度(12、8、5 和 3 cm, 分别简称为 H12、H8、H5 和 H3)处理, 以不修剪(绝对高度约 31 cm, 相对高度约 18 cm, 简称为 CK)作为对照, 3 次重复, 每个小区面积 5 m×4.5 m, 在每个小区四周均嵌入 30 cm 深的防渗膜进行隔离, 在试验地外围设置 1 m 宽的保护行。

1.4 测定内容及方法

1.4.1 叶面积指数 在每个试验小区内, 随机取 3 个 10 cm×10 cm 的草坪样方, 用剪刀剪下样方内草叶, 放在已知面积的白纸上立即拍照, 将照片导入 ArcGIS 打点定坐标, 再导入 Cognition Developer 64 绘出叶片斑块, 最后导回 ArcGIS 算出样方内总叶面积, 叶面积指数=样方内总叶面积/样方面积。

1.4.2 净光合速率与蒸腾速率 测试于 2019 年 8—10 月进行, 每月选取晴朗无云的一天进行测定, 测定时间为 8:00~18:00 点, 每隔 2 h 测定一次, 每个小区随机选取 3 片修剪后的剩余叶片, 通过 LI-6400XT 便携式光合测量仪, 采用开放气路, 使用红蓝光源叶室, 控光 1 800 mv, 控温 25℃, 在室外进行活体测试, 得到净光合速率及蒸腾速率的日动态曲线。

1.4.3 固碳释氧量计算 在光合作用日变化曲线中, 运用积分法, 净同化量是由净光合速率曲线和时间横轴围合的面积, 设净同化量为 P_d , 则各处理草坪草在测定当日的净同化量计算公式为:

$$P_d = \sum_{i=1}^j [(P_{i+1} + P_i) / 2 \times (T_{i+1} - T_i) 3600 / 1000] \quad (1)$$

式中: P_d 为各处理草地早熟禾草坪在测定日的净同化量, 单位 $\text{mmol}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$; P_i 为初测点的瞬时光合作用速率, P_{i+1} 为下一测点的瞬时光合作用速率, 单位

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; T_i 为初测点测试时间, T_{i+1} 为下一测点时间, 单位小时(h); j 为测试次数, 3 600 指 1 h=3 600s, 1 000 指 1 mol=1 000 μmol 。

①设单位叶面积日固定 CO_2 的质量为 W_{CO_2} , 则:

$$W_{\text{CO}_2} = P_d \times 44 / 1000 \quad (2)$$

式中: 44 为 CO_2 的摩尔质量, 单位 g/mol, W_{CO_2} 单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

根据光合作用反应方程: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$,

②设单位叶面积日释放 O_2 质量为 W_{O_2} , 则

$$W_{\text{O}_2} = P_d \times 32 / 1000 \quad (3)$$

式中: 32 为 O_2 的摩尔质量, 单位 g/mol, W_{O_2} 单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

③设单位面积草坪日固碳量、释氧量分别为 $G_d(\text{CO}_2)$ 和 $G_d(\text{O}_2)$, 则:

$$G_d(\text{CO}_2) = \text{LAI} \times W_{\text{CO}_2} \quad (4)$$

$$G_d(\text{O}_2) = \text{LAI} \times W_{\text{O}_2} \quad (5)$$

式中: LAI 为叶面积指数, $G_d(\text{CO}_2)$ 和 $G_d(\text{O}_2)$ 的单位均为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

1.4.4 释水吸热量计算 同理, 在蒸腾作用日变化曲线图中, 草地早熟禾的蒸腾总量是由蒸腾速率曲线和时间横轴围合的面积, 设蒸腾总量为 E_d , 则各处理草坪草在测定当日的蒸腾总量计算公式为:

$$E_d = \sum_{i=1}^j [(E_{i+1} + E_i) / 2 \times (T_{i+1} - T_i) 3600 / 1000] \quad (6)$$

式中, E_d 为该测定日的蒸腾总量, 单位 $\text{mol}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$; E_i 为蒸腾作用速率, E_{i+1} 为下一测点的瞬时蒸腾作用速率, 单位 $\text{mmol}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$; T_i 为初测点的测试时间, T_{i+1} 为下一测点的测试时间, 单位为小时(h); j 为测试次数。

①设单位叶面积日释放水的质量为 $W_{\text{H}_2\text{O}}$, 则:

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = E_d \times 18 \quad (7)$$

式中: 18 为 H_2O 的摩尔质量, 单位 g/mol, $W_{\text{H}_2\text{O}}$ 单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

②设单位叶面积吸热量为 Q_d , 则:

$$Q_d = W_{\text{H}_2\text{O}} \times L \times 4.1868 \quad (8)$$

式中: Q_d 为单个叶片每日吸收的热量, 单位 $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$; L 为蒸发耗热系数 ($L = 597 - 0.57 \times t$), 指在 t 温度下, 使 1 g 水汽化所需要吸收的热量, t 为测定日的温度, 597 为 0℃时的蒸发潜热, 1 J=4.1868 cal。测

定日的 t 值 8 月为 28°C , 9 月为 19°C , 10 月为 13°C 。

③ 设单位面积草坪释日水量、吸热量为 G_d (H_2O)、 Q_a , 则:

$$G_d(\text{H}_2\text{O}) = \text{LAI} \times W_{\text{H}_2\text{O}} \quad (9)$$

$$Q_a = \text{LAI} \times Q_d \quad (10)$$

式中: $G_d(\text{H}_2\text{O})$ 单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, Q_a 单位为 $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, LAI 为叶面积指数。

考虑到空气湍流、对流和辐射作用, 空气与叶面之间及空气微气团之间不断进行热量扩散和交换, 故取底面积为 10 m^2 , 高 100 m 的空气柱作为计算单元, 在此体积为 $1\,000 \text{ m}^3$ 的空气柱体中, 气温下降值用下式表示:

$$Q = Q_a / 1\,000 \quad (11)$$

$$\Delta T = Q / \rho_c \quad (12)$$

式中, Q 为草地早熟禾蒸腾使其单位体积空气损失的热量, 单位 J/m^3 ; ρ_c 为空气的容积热容量, 取值为 $1\,256 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$; ΔT 为降温量, 单位 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.4.5 生态效益综合评价 运用隶属函数分析, 以各指标平均隶属函数值进行生态效益综合评价。因本研究评价指标均与生态效益呈正相关关系, 故隶属函数值为:

$$U_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (13)$$

式中: U_{ij} 表示 i 高度 j 指标的生态效益隶属函数值, 其中 i 表示某一修剪高度处理, j 表示某项指标, X_{ij} 表示 i 高度处理下 j 指标的测定值; $X_{j\min}$ 表示所有处理中 j 指标的最小值; $X_{j\max}$ 表示所有处理中 j 指标的最大值。

结合本研究的实际情况, 将不同修剪高度处理的草地早熟禾草坪按照生态效益隶属函数值划分为 3 级: \geq

0.5 为 I 级; < 0.5 且 ≥ 0.3 为 II 级; < 0.3 为 III 级。

1.5 数据处理方法

使用 Excel 2010 软件对数据进行筛选与剔除, 并绘图制表; 使用 sas 9.0 进行数据显著性统计分析; 结合 ArcGIS 与 Cognition Developer 64 计算叶面积。

2 结果与分析

2.1 不同处理草坪固碳释氧能力分析

固碳和释氧能力是评价草坪生态效益的重要指标。以同一月不同处理分析, 在 8 月和 9 月, 固碳量均为 $\text{CK} > \text{H12} > \text{H8} > \text{H5} > \text{H3}$, 固碳量随修剪高度的降低而降低; 在 10 月, 除 H12 外, 固碳量也符合以上规律。8、9 和 10 月 4 种处理的固碳量均与 CK 有显著差异 ($P < 0.05$)。以同一高度处理不同月份分析, CK、H12、H8 固碳量均为 10 月 $>$ 9 月 $>$ 8 月, 而 H5 和 H3 均为 10 月 $>$ 8 月 $>$ 9 月。CK、H12 的 8、9 和 10 月的固碳量均有显著差异 ($P < 0.05$), H8、H5、H3 的 9 月固碳量与 10 月无显著差异 ($P > 0.05$) (图 1-A)。

以同一月不同处理分析, 在 8、9 和 10 月释氧量均为 $\text{CK} > \text{H12} > \text{H8} > \text{H5} > \text{H3}$, 释氧量随修剪高度的降低而降低。8、9 和 10 月 4 种修剪高度的释氧量均与 CK 有显著差异, 其中在 8 月和 10 月, H12 与 H8、H5 和 H3 无显著差异 ($P > 0.05$); 在 9 月, H5 和 H3 无显著差异 ($P > 0.05$)。以同一高度处理不同月份分析, CK、H12、H8 释氧量均为 10 月 $>$ 9 月 $>$ 8 月, 而 H5 和 H3 为 10 月 $>$ 8 月 $>$ 9 月。CK、H12 和 H8 的 8、9 和 10 月份间的释氧量均有显著差异 ($P < 0.05$), H5、H3 的 9 月释氧量均与 10 月无显著差异 ($P > 0.05$) (图 1-B)。

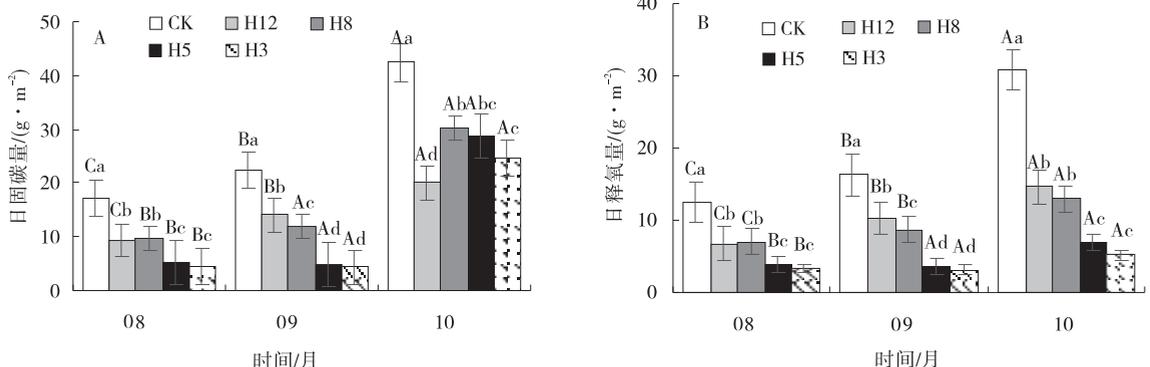


图 1 不同月份各修剪高度处理草坪的日固碳量和日释氧量

Fig. 1 Effects of mowing height on daily carbon fixation and oxygen release of lawn in different months

注: 不同小写字母表示同月份下高度处理间差异显著 ($P > 0.05$); 不同大写字母表示同高度下月份间差异显著 ($P > 0.05$)

2.2 不同处理草坪释水吸热效果分析

草坪释水、吸热、降温的能力是相辅相成的,是衡量草坪生态效益不可或缺的因素。以同一月不同处理分析,在8、9和10月释水量均为CK>H12>H8>H5>H3,释水量随修剪高度的降低而降低。在8月,H12、H8的释水量与CK无显著差异($P>0.05$),H5、H3与CK有显著差异($P<0.05$)。在9月,4种修剪高度处理的释水量均与CK有显著差异($P<0.05$),其中,H12与H8、H8与H5、H5与H3无显著差异($P>0.05$)。在10月,除H12的释水量与CK无显著差异外,其他处理均与CK有显著差异,其中H12与H8,H5与H3无显著差异($P>0.05$)。以同一高度处理不同月分析,各修剪高度处理释水量均为8月>9月>10月,其中,CK的8月的释水量与9月和10月均有显著差异,H12释水量8月与9月、10月均有显著差异,H8的释水量8、9和10月均无显著差异,H5、H3的释水量8月与9月和10月均有显著差异(图2-A)。

以同一月不同处理分析,8、9和10月吸热量均为CK>H12>H8>H5>H3,吸热量随修剪高度的降低而降低。8、9和10月4种修剪高度处理的吸热量均与CK有显著差异。在3个月中,H12和H8、H5和H3的吸热量均无显著差异($P>0.05$)。以同一高度不同月分析,各修剪高度处理吸热量均为8月>9月>10月;CK、H8的8、9月的吸热量均无显著差异;H12、H5和H3的8、9和10月的吸热量均有显著差异($P<0.05$)(图2-B)。

以同一月不同处理分析,8、9和10月份降温量均为CK>H12>H8>H5>H3,降温量随修剪高度的降低而降低;8、9和10月4种修剪高度的降温量均与CK有显著差异;在3个月份中,H12和H8、H5和H3的降温量均无显著差异($P>0.05$)。以同一高度不同月份分析,各修剪高度处理的降温量的大小关系均为8月>9月>10月;CK、H8的8、9月的降温量均无显著差异;H12、H5和H3的8、9和10月的降温量均有显著差异($P<0.05$)(图2-C)。

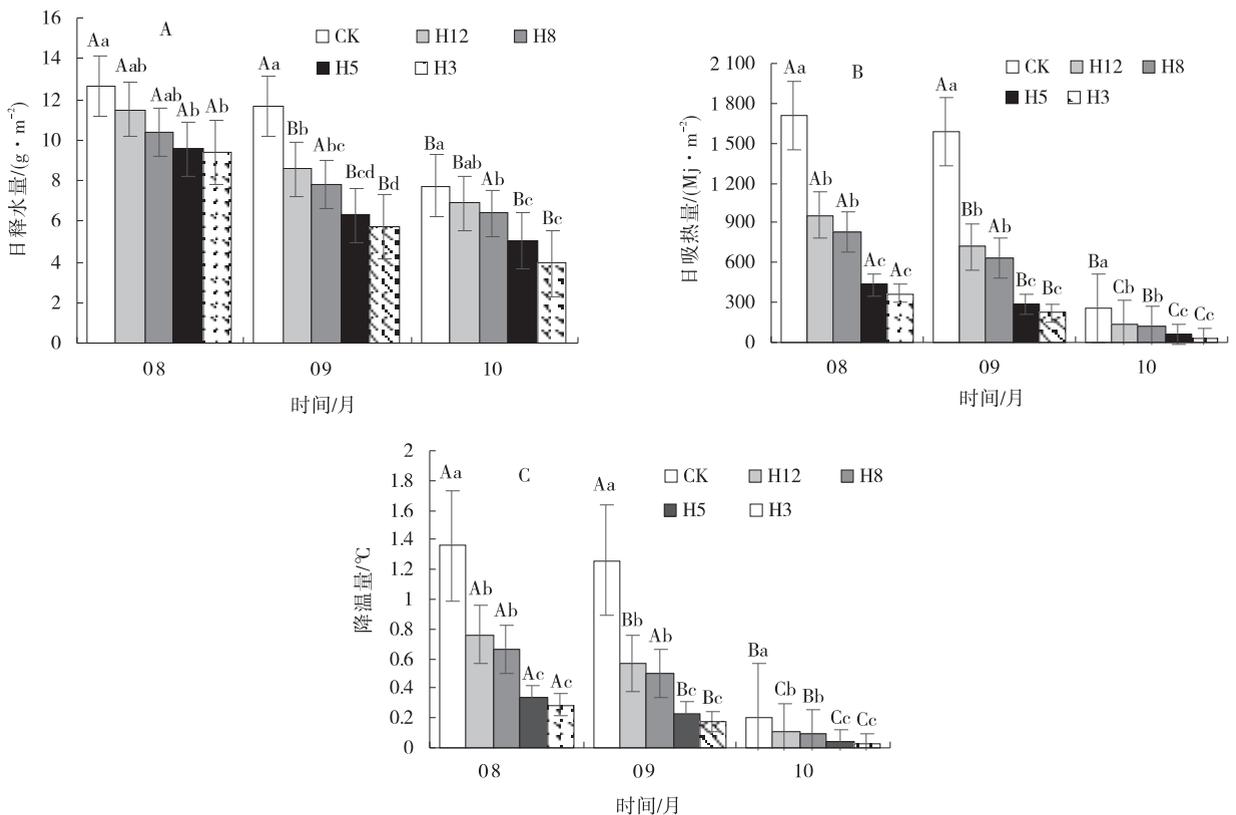


图2 不同月份各修剪高度处理草坪的日释水量、日吸热量和降温量

Fig. 2 Effects of mowing height on daily leaf transpiration, heat absorption, and decrease in temperature of the lawn in different months

注:不同小写字母表示同月份下高度处理间差异显著($P>0.05$);不同大写字母表示同高度下月份间差异显著 $P>0.05$)

2.3 不同处理草坪生态效益综合评价

运用隶属函数分析综合评价生态效益,平均隶属函数值越大,表明生态效益越大。在 8、9 月,不同修剪高度草坪生态效益的隶属函数值由大到小均为 CK>H12>H8>H5>H3,生态效益随修剪高度的降低而

降低。在 10 月,不同修剪高度草坪生态效益的隶属函数值由大到小为 CK>H8>H12>H5>H3。依据生态效益的平均隶属函数值的大小,把 5 个修剪高度草坪进行分级,CK 为 I 级,H12 和 H8 为 II 级,H5 和 H3 为 III 级(表 1)。

表 1 不同修剪高度处理草坪的生态效益综合评价

Table 1 Comprehensive evaluation of ecological benefits of lawns treated with different mowing heights

时间	高度	隶属函数值						平均	级别
		Gd(CO ₂)	Gd(O ₂)	Gd(H ₂ O)	Q _a	ΔT			
8 月	CK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	I	
	H12	0.381	0.360	0.646	0.443	0.492	0.464	II	
	H8	0.401	0.381	0.302	0.349	0.348	0.356	II	
	H5	0.060	0.000	0.051	0.050	0.050	0.042	III	
	H3	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.003	III	
9 月	CK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	I	
	H12	0.535	0.535	0.478	0.364	0.333	0.449	II	
	H8	0.419	0.419	0.347	0.298	0.264	0.350	II	
	H5	0.025	0.025	0.097	0.046	0.000	0.039	III	
	H3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.010	III	
10 月	CK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	I	
	H12	0.000	0.367	0.647	0.474	0.474	0.392	II	
	H8	0.452	0.307	0.777	0.404	0.405	0.469	II	
	H5	0.208	0.072	0.295	0.085	0.087	0.149	III	
	H3	0.391	0.000	0.000	0.000	0.000	0.078	III	

3 讨论

为确保试验的可靠性与严谨性,本研究采用赖巧晖等^[8]对 6 种攀缘植物的生态效益的研究方法。关于植物生态效益的研究,学者大多注重草坪与乔木和灌木的生态效益相比较,郝鑫杰等^[9]对呼和浩特地区 13 种绿化植物的生态效益评估后发现,国槐、新疆杨和圆柏等乔木的固碳量大于早熟禾的固碳量,并且固碳量在 6 月前后与 9 月前后达到高值。赵志刚等^[10]分析了南方常见不同类型绿化植物的生态效益,得出 12 种绿地植物的固碳释氧的能力为春季>秋季。有关草坪生态效益的研究多为草种间的对比,李辉等^[11]对不同结构类型绿地生态效益做出研究,发现乔灌草类型>灌草类型>草坪型绿地;郭鹏等^[12]研究了不同草坪草种的生态效益,得出在秋季,日蒸腾量、日吸热量和日释水量均为早熟禾>结缕草>麦冬;薛海丽等^[13]通过试验证明草坪植物对其周围微气候有一定的影响,能降低草坪近地面的空气温度,增加空气湿度,提升体表舒适度。针对不同修剪高度的同种草坪的生态效益进

行研究较少。本研究发现,随修剪高度的降低,G_d(CO₂)、G_d(O₂)也降低,在 8、9 和 10 月,随月份的推移,5 种高度草坪的 G_d(CO₂)、G_d(O₂)均呈上升趋势。H12 在 10 月的 G_d(CO₂)出现明显降低的情况,可能是因测量中更换设备电池,重新开机后设备未稳定所导致。由于修剪减小了草坪草叶片面积,蒸腾耗散量减小,使光合作用及有机物运输转化的速率减缓,所以 G_d(CO₂)、G_d(O₂)也减小。8 月光照强度较大,可能超出了草地早熟禾的光饱和点,产生光抑制现象,过剩的光能导致草地早熟禾光合作用减弱;高温下蒸腾作用加强,叶片失水过多,造成气孔开度下降,CO₂ 供应不足,光合速率下降,G_d(CO₂)、G_d(O₂)较小。在 10 月 G_d(CO₂)、G_d(O₂)增加,原因有二:第一,呼和浩特地区 10 月早晚温差大,白天日光充足,有利于光合作用进行,晚上温度较低,呼吸作用减弱,降低有机物质的消耗,有利于有机物质积累;第二,草地早熟禾是冷季型草坪草,为耐寒植物,其光合作用的最低温度与其细胞的结冰温度更接近,以至于光合作用受温度的抑制作用并不显著。

作为城市主要生物加湿器之一,草坪草通过蒸腾的方式将体内的水分转化为气体释放到大气,而每转化 1 g 的水需要从环境中吸收 2 394 J 的热量^[14],以此达到既增湿又降温的效果。有关园林绿化植物释水吸热的报道,主要是针对乔木、灌木和草坪群落研究的,卫笑等^[15]研究表明,不同结构植物群落释水吸热效果具季节性,乔灌木结构在春秋季节释水吸热效果显著,而在夏季乔草结构效果显著;任斌斌等^[16]研究北京居住区绿地结构释水吸热效果表明,乔灌木绿地>乔草绿地>草坪型绿地。针对单一草坪释水吸热的研究较少,刘剑华^[17]研究表明草坪的释水吸热能力随垂直高度的升高而降低,在垂直高度 15 cm 处释水吸热效果最好,下降 0.6℃。草地早熟禾释水、吸热、降温能力因高度与月份而异,随修剪高度的降低 $G_d(H_2O)$ 、 Q_a 、 ΔT 均呈下降趋势,在 8、9 和 10 月,随时间的推移,各高度的以上指标均逐渐减小。因为随修剪高度降低,叶面积指数也减小,吸收的太阳辐射越少,反射的太阳辐射就越多,施加到周围空气的热辐射量就越多;其次,修剪高度越低,草坪蒸散量也越小^[18-19],增加周围空气湿度的能力较弱,降温效果越不显著。8 月气温较高,叶片温度要高于大气温度^[20],所以气孔下腔蒸气压的增加大于空气蒸气压的增加,使叶片内外蒸气压差增大,蒸腾速率较大, $G_d(H_2O)$ 、 Q_a 、 ΔT 也较大,9、10 月光强逐渐减小,气孔阻力也随之减小,因此,各高度 8、9 和 10 月的 $G_d(H_2O)$ 、 Q_a 、 ΔT 均减小。

草坪草的生态效益是多个指标复合决定的,用单一的指标判断其生态效益具片面性,隶属函数分析是对受多因素影响的事物做出综合评价的有效方法,其评价结果不是绝对肯定或否定,而是以一个模糊集合来表示^[21],被广泛地应用于植物抗旱性^[22]、耐盐性^[23]、耐寒性^[24]等抗逆性的综合评价。本研究运用隶属函数分析,对 5 种修剪高度(含未修剪)草坪的生态效益进行综合评价,依据隶属函数平均值的大小,将 5 种修剪高度草坪的生态效益分为 3 级,CK 为 I 级,H12 和 H8 为 II 级,H5 和 H3 为 III 级。H3 与 H5 修剪过低,不符合草坪 1/3 修剪原则,草坪草光合面积显著减少,对草坪草本身是一种机械损伤,并且生态效益较差,管理不当极易出现斑秃现象,从而影响景观效果,且再生速度较快,养护成本较高。不修剪(CK)草坪虽然生态效益最高,但因此长期不修剪,叶片长而倒伏,叶片得不到更新,生长迟缓,表现出叶片发黄且无

色泽,不能满足城市休闲草坪的景观需求。H8 与 H12 保留了维持草坪草正常活动的叶片长度,也可在小范围内起到降温增湿的作用,其补偿性生长较缓,非雨季修剪一次后景观维持时间 7—10 天,是兼顾生态效益与景观效果的适宜修剪高度。

4 结论

(1)草地早熟禾草坪的日固碳量、释氧量、释水量、吸热量和降温量均与草坪的修剪高度呈正相关。

(2)在 8、9 和 10 月,随时间的推移,草坪的日固碳量和释氧量呈上升趋势,日释水量、吸热量和降温量呈下降趋势。

(3)既考虑草坪生态效益,又兼顾草坪景观效果和养护费用情况下,干旱、半干旱区休闲草坪合理修剪高度以 8~12 cm 为宜。

参考文献:

- [1] 袁潮,杨文艳,孙卓,等. 大气 CO₂ 浓度年际变化及其对农业的影响[J]. 陕西农业科学,2020,6(9):91—96.
- [2] 乌日图,王建光,徐军,等. 灌溉量和修剪高度对草地早熟禾草坪维持景观时长的影响[J]. 草原与草坪,2016,36(1):26—30.
- [3] 李瑞. 北京清河营郊野公园草坪绿地生态效益及其价值估算[D]. 北京:北京林业大学,2016.
- [4] 于景金,李冉,刘梦娴,等. 暖季型与冷季型草坪草差异响应干旱及旱后复水的生理生态机制[J]. 草业学报,2016,25(11):86—93.
- [5] 邹敏. 重庆主城区绿地对城市热岛效应影响的多尺度研究[D]. 重庆:西南大学,2013.
- [6] 汪智宇,李莹,刘金平,等. 不同修剪频次和丝茅入侵量对细叶结缕草竞争力和草坪质量的影响[J]. 草业学报,2019,28(10):53—65.
- [7] 孟雯雯,张旭虎,柴睿,等. 基于根系抗氧化系统的高羊茅草坪修剪高度研究[J]. 家畜生态学报,2017,38(3):56—60.
- [8] 赖巧晖,翁殊斐,胡竞恺,等. 广州市 6 种攀援植物降温增湿效应研究[J]. 亚热带植物科学,2019,48(2):145—148.
- [9] 郝鑫杰,李素英,王继伟,等. 呼和浩特市 13 种绿化植物固碳释氧效率的比较研究[J]. 西北植物学报,2017,37(6):1196—1204.
- [10] 赵志刚,韩成云,王舸泓,等. 南方城市 12 种常见绿地植物春秋生态效益分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):209—212.
- [11] 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(4):34-36.
- [12] 郭鹏,丁向阳,勇浩,等. 南阳市三种常见草坪地被植物生态效益研究[J]. 河南林业科技,2005(4):17-19.
- [13] 薛海丽,唐海萍,李延明,等. 北京常见绿化植物生态调节服务研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2018,54(4):517-524.
- [14] 苑征. 北京部分绿地群落温湿度状况及对人体舒适度影响[D]. 北京:北京林业大学,2011.
- [15] 卫笑,张明娟,魏家星,等. 春夏秋三季不同类型植物群落的温湿度调节效应研究——以南京滨江公园为例[J]. 中国城市林业,2018,16(3):21-25.
- [16] 任斌斌,李薇,谢军飞,等. 北京居住区绿地规模与结构对环境微气候的影响[J]. 西北林学院学报,2017,32(6):289-295.
- [17] 刘剑华. 城市绿地的温湿效应及其经济价值研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2015.
- [18] 黄瑞霞,王建光,刘志帅,等. 基于主成分回归的草坪蒸散量与其影响因素的研究[J]. 草地学报,2018,26(6):1454-1457.
- [19] 廖忠兴,王建光,黄海洋,等. 修剪高度对半干旱地区城市草坪秋季蒸散的影响[J]. 草原与草业,2016,28(4):28-34.
- [20] 吴佳佳,李素英,周舆,等. 典型草原地区环境温度对植物温度的影响研究[J]. 干旱区资源与环境,2020,34(1):156-162.
- [21] 朱丽伟,石桃雄,黄凯丰,等. 基于模糊隶属函数法评价苦荞不同栽培品种种子质量[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2019,37(1):53-58.
- [22] 王焱,蔡伟,兰剑,等. 12个苜蓿品种抗量性综合评价[J]. 草原与草坪,2018,38(2):80-88.
- [23] 张自强,白晨,张惠忠,等. 基于隶属函数法的甜菜种质资源耐盐性分析[J]. 中国糖料,2019,41(4):54-57.
- [24] 丁红映,熊兴耀,王万兴,等. 103份马铃薯种质资源的耐寒性评价[J]. 中国蔬菜,2019(12):46-55.

Effects of trimming height on ecological benefits of bluegrass turf

ZHANG Hui-min¹, WANG Jian-guang^{1,2}, WANG Ming-jiu^{1,2}, Ye wen-xing¹, HUANG Rui-xia¹, ZHANG Zhong-ting¹

(1. College of Grassland and Resources Environmental of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010011, China; 2. Key Laboratory of Forage Cultivation, Processing and Utilization, Ministry of Agriculture P. Rof China, Hohhot, Inner Mongolia 010011, China)

Abstract: Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) turf, which had been growing for 4 years at the south campus of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, was mowed at four different heights (12, 8, 5 and 3 cm) with non-trimmed plants (relative height 18 cm) as the control. Five ecological parameters including carbon fixation, oxygen release, water release, heat absorption and cooling of lawn were measured between Aug. and Oct. 2019. Ecological benefits were comprehensively evaluated by the method of membership function analysis to investigate the optimum mowing height of leisure lawn in semi-arid areas. The results showed that the ecological efficiency of the five parameters decreased with the decrease in mowing height. According to the three-level system of comprehensive evaluation of ecological benefits, the unpruned control had the highest ecological benefit as Level I, followed by the trimming height at 12 cm and 8 cm as Level II, while the trimming height at 5 cm and 3 cm had the lowest ecological benefit as Level III. Considering the landscape effects, ecological benefits and the duration of landscape maintenance, our results suggested that the optimum mowing height of urban leisure lawn should be 8~12 cm.

Key words: Kentucky bluegrass; leisure lawn; trimming height; ecological benefit; membership function