

# 保水剂对园林植物生长发育的影响

巴永娣, 张君芳

(兰州市园林科学研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 通过探讨树脂类高分子保水剂在园林绿地中的保水效果, 为兰州市城市绿化和南北两山绿化提供技术支持。以园林绿地中广泛应用的小灌木、宿根类花卉、草花类及草坪类植物为研究对象, 研究了施入保水剂 150 kg/hm<sup>2</sup> 与磷酸氢二铵 450 kg/hm<sup>2</sup> 后对园林植物生长状况、土壤含水量、叶片相对含水量、相对水分亏缺、叶片持水率和叶片相对电导率的影响。结果表明, 施入保水剂后, 植物长势强健, 抗逆性增强。草花类花卉冠幅明显增大, 平均单株花量增多; 草坪萌发早、成坪快; 小灌木类枝条健壮、株高增加明显; 宿根类花卉繁殖的芽数量明显增多。随着控水时间的延长, 与不施保水剂处理相比, 施入保水剂的土壤含水量增加 14.87%~36.85%; 叶片相对含水量 (RWC) 均有所增加, 尤其是草本类植物百日草、观赏草表现比较明显, 分别增加 6.19、7.20 个百分点; 干旱胁迫下小灌木丰花月季叶片持水率下降明显, 达 9.86 个百分点, 宿根花卉金娃娃萱草略低于小灌木丰花月季; 小灌木金叶女贞的电导率增幅达 25.01%, 草本类植物百日草增幅仅 10.02%。说明土壤中施入保水剂 150 kg/hm<sup>2</sup> 与磷酸氢二铵 450 kg/hm<sup>2</sup> 有利于植物生长发育, 可提高植物抗旱能力和土壤含水量, 减缓干旱胁迫对植物组织的损害和植物叶片细胞膜受伤害的程度, 草坪类植物较为明显。

**关键词:** 保水剂; 园林植物; 生长发育; 生理指标

中图分类号: S68; S626.5 文献标志码: A 文章编号: 2097-2172(2025)02-0134-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.02.007

## Effects of Water-retaining Agents on the Growth and Development of Garden Plants

BA Yongdi, ZHANG Junfang

(Lanzhou Institute of Landscape Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China)

**Abstract:** By exploring the water retention effect of resin-based polymer water-retaining agents in garden green spaces, technical support is provided for the urban greening of Lanzhou City and the greening of the northern and southern mountains. Taking the widely used small shrubs, perennial root flowers, herbaceous flowers, and lawn plants in garden green spaces as the research objects, the influences of applying 150 kg/ha of water-retaining agent and 450 kg/ha of diammonium hydrogen phosphate on the growth status of garden plants, soil moisture content, leaf relative moisture content, relative water deficit, leaf water holding rate, and leaf relative conductivity were studied. Results showed that after the application of water-retaining agents, the plants grew vigorously and their stress resistance was enhanced. The crown width of herbaceous flower species increased significantly, and the average number of flowers per plant increased. The lawn germinated early and formed quickly. The branches of small shrubs were robust and the plant height increased significantly. The number of buds propagated by perennial root flowers increased significantly. With the extension of water control time, compared with the treatment without water-retaining agent, the soil moisture content with the application of water-retaining agent increased by 14.87% to 36.85%, the leaf relative moisture content (RWC) increased in all cases, especially for the herbaceous plants *Zinnia elegans* and ornamental grass, which increased by 6.19 and 7.20 percentage points, respectively. Under drought stress, the leaf water holding rate of the small shrub *Rosa floribunda* decreased significantly by 9.86 percentage points, and the *Hemerocallis fulva* of perennial root flowers was slightly lower than that of *Rosa floribunda*. The conductivity increased of the small shrub *Ligustrum vicaryi* was 25.01%, and the increase of the herbaceous plant *Zinnia elegans* was only 10.02%. It is indicated that the application of 150 kg/ha of water-retaining agent and 450 kg/ha of diammonium hydrogen phosphate in the soil is conducive to the growth and development of plants, can improve the drought resistance of plants and soil moisture content, alleviate the damage to plant tissues caused by drought stress and the degree of damage to plant leaf cell membranes, and the effect is more obvious in lawn plants.

**Key words:** Water-retaining agent; Garden plant; Growth and development; Physiological index

在城市绿地建设中, 对园林植物生长影响较大的环境胁迫因素是干旱, 土壤水分是决定植物

生长发育的关键因素。严重的干旱缺水会导致植物体内多种生理生化转变, 植物外表状态表现为

收稿日期: 2024-08-03; 修订日期: 2024-11-03

作者简介: 巴永娣(1970—), 女, 甘肃兰州人, 高级工程师, 研究方向为园林植物。Email: 523252397@qq.com。

通信作者: 张君芳(1989—), 女, 甘肃宕昌人, 硕士, 研究方向为园林植物引种驯化。Email: 1393808785@qq.com。

叶片发黄枯萎、植株矮小等;生理多表现为叶片相对含水量减少和相对水分亏缺增大、叶片持水率下降、叶片相对电导率升高。在发生干旱胁迫时,植物体内的动态平衡被打破,导致植物叶片细胞膜受伤害,细胞膜透性降低<sup>[1]</sup>,植物生长受到影响,最终导致植物的死亡。随着城市生态化建设的发展,城市绿地面积不断扩大,绿地管养工作日趋繁重,需要消耗大量的水资源。保水剂是具有强力吸水 and 保水能力的高分子聚合物,在吸附成百上千倍的水后又能缓慢释放供植物生长利用,具有重复吸水的功能,有极强的保水性能,同时还有土壤改良剂、化肥缓释剂的功能<sup>[2]</sup>。为了进一步推行节水型园林绿地建设,探讨保水剂对园林植物生长发育及生理生化的影响,我们开展了土壤保水剂在园林绿化应用技术方面的研究,以期为兰州市城市绿化和南北两山绿化提供技术支持和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

为避免露天降水干扰,试验设在兰州市园林科学研究所阳光板温室。试验地属温带干旱半干旱气候,降水少,日照多,气候干燥,昼夜温差大,年均降水量 325 mm,年蒸发量 1 486 mm。试验期间光照充足,气候干燥,春、秋两季温度较室外高 5~8 ℃,冬季无采暖,最低室温 -5 ℃,夏季温室顶部和底部通风,中午最高温度达 58.5 ℃、湿度达 23.5%。

### 1.2 供试材料

供试植物为温室内长势一致、无病虫害的园林植物,如表 1 所示。本试验选用的保水剂为树脂类高分子保水剂,由河北晟海环保科技有限公司提供,磷酸氢二铵(含 N 18%、含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%),由云南三环中化化肥有限公司提供。

表 1 供试园林植物的类型、品种、规格及数量

植物类型	供试品种	规格	数量
草坪类	观赏草	种子	2 m <sup>2</sup>
	白三叶	种子	2 m <sup>2</sup>
草花类	百日草	穴盘苗	200株
宿根类花卉	金娃娃萱草	3~4芽/墩	40墩
	粉花假龙头	5~6芽/墩	60墩
小灌木	丰花月季	平均分枝3个	40株
	金叶女贞	平均分枝3个	40株

### 1.3 试验方法

1.3.1 保水剂对植物生长的影响 试验共设 2 个处理,处理 1 为施保水剂 150 kg/hm<sup>2</sup> 与磷酸氢二铵 450 kg/hm<sup>2</sup>;处理 2 (CK)为不施保水剂、只施磷酸氢二铵 450 kg/hm<sup>2</sup>。各处理栽植前施入肥料,深翻 20 cm,平整土地。试验于 2022 年 4 月 1 日分别栽植小灌木丰花月季和金叶女贞,株行距 30 cm × 30 cm;宿根类花卉金娃娃萱草和粉花假龙头,株行距 20 cm × 20 cm;草花类百日草为穴盘苗,株行距 20 cm × 20 cm。同时,进行草坪类观赏草和白三叶播种,播种量为 100 kg/hm<sup>2</sup>,栽植、播种后正常管护。从植株新梢生长期开始,测量记录植株株高、分枝数、冠幅、花期、翌年春季萌发期等,并记录单株花量、植株生长势<sup>[3]</sup>,均取平均值。

1.3.2 控水试验 正常浇水 1 次后,于 2022 年 7 月 8 日开始控水,在气温高、蒸发量大的 7 月下旬至 8 月上旬分别测定土壤含水量、叶片相对含水量、相对水分亏缺值、叶片持水率和叶片相对电导率,每隔 2 d 测 1 次,共测 4 次,取平均值。同时观测试验地智能温室顶部气象站资料。

### 1.4 测定指标与方法

1.4.1 土壤含水量 于 7 月 24 日至 8 月 2 日采用 TZS-I 型土壤水分测量仪测定不同处理植物周围土壤含水量。每隔 2 d 测 1 次,共测 4 次,取平均值进行对比试验<sup>[4]</sup>。

1.4.2 叶片相对含水量(RWC)和相对水分亏缺值(RWD) 取鲜叶 1.00 g 左右,称重(叶片鲜重  $W_f$ )后用蒸馏水浸泡 24 h,再称其饱和鲜重(叶片饱和鲜重  $W_t$ )。然后在 105 ℃ 的烘箱中烘 12 h,烘干后再称重(叶片干重  $W_d$ )。叶片相对含水量(RWC)指植物组织含水量占饱和含水量的百分数。相对水分亏缺值(RWD)反映了植物体内水分亏缺的程度。

$$RWC = [(W_f - W_d) / (W_t - W_d)] \times 100\%$$

$$RWD = [(W_t - W_f) / (W_t - W_d)] \times 100\%$$

1.4.3 叶片持水率 随机摘取各品种叶片 10 片,室内称重后,迅速置于 40 ℃ 的烘箱中,烘 40 min 后取出称重,再置于 85 ℃ 的烘箱中,烘 2 h 直至恒重。计算叶片失水率和持水率<sup>[5]</sup>。

$$\text{失水率} = [( \text{烘前重} - \text{烘}40 \text{ min后干重} ) / ( \text{烘前重} -$$

烘干重)] × 100%

持水率=1-失水率

1.4.4 叶片相对电导率 称取各品种叶片 3 份, 每份 2 g, 将叶片剪碎放入 50 mL 的小烧杯中, 准确加入 20 mL 蒸馏水, 浸没叶片, 静置 20 min, 在室温下摇匀后测定电导值, 每个烧杯重复测定 3 次; 再将烧杯置于 100 °C 的沸水中 15 min, 冷却至室温后测定其电导值, 每个烧杯重复测定 3 次。

相对电导率= [(煮沸后电导值 - 煮沸前电导值)/煮沸前电导值] × 100%

### 1.5 数据分析

采用 Excel 2019 和 SPSS 26.0 进行数据计算和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 保水剂对植物生长的影响

从表 2 可知, 处理 1 的各类植物从生长表现、抗性及萌发表现均优于 CK。与 CK 相比, 草花类百日草的冠幅增加 52.17%、株高增加 20.00%、平均单株花量增加 37.50%; 草坪类植物观赏草、白三叶萌发早、成坪快。宿根类提前 4~7 d 萌发, 提前 10 d 左右开花, 其中金娃娃萱草每墩芽数增加 22.22%, 粉花假龙头增加 31.58%; 小灌木丰花月季平均单株花量多 36.00%, 连续开花, 丰花月季株高增加 37.04%; 金叶女贞株高增加 26.32%。说明保水剂与磷酸氢二铵混合施用可使植物水肥

供应充足、长势强健、抗逆性增强, 观赏价值提高。

### 2.2 保水剂对土壤含水量的影响

土壤是植物生长和成活的基础, 土壤提供了植物生长所需的各种矿物质、营养元素和植物赖以生存的水分, 土壤含水量在一定程度上能反映植物受胁迫的程度<sup>[6]</sup>。7 月下旬至 8 月上旬最高温度超过 35 °C, 持续 10 d。7 月 27 日试验地智能温室顶部气象站资料显示, 最高温度为 42.5 °C、湿度为 9.0%; 阳光板温室最高温度为 58.5 °C、湿度为 23.5%。如图 1 所示, 7 月 24 日测定开始时, 处理 1 土壤含水量为 277.3 g/kg, 较 CK (241.4 g/kg) 增加 14.87%; 至 8 月 2 日测定结束时, 处理 1 的土壤含水量为 185.7 g/kg, 较 CK (135.7 g/kg) 增加 36.85%。田间观察可知, 处理 1 植物生长良好, CK 的宿根类植物有部分植株开始干枯。

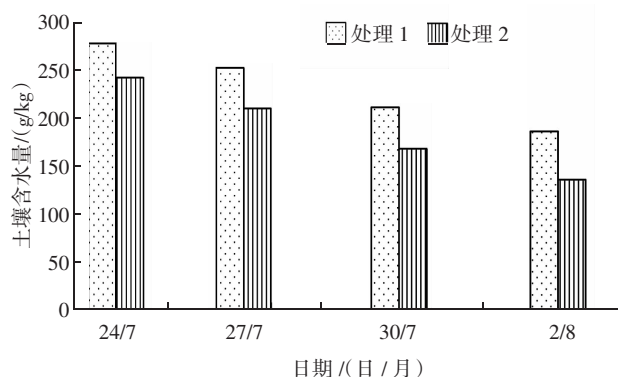


图 1 不同处理的土壤含水量

表 2 保水剂处理下植物的生长表现、抗性及萌发表现

品种	生长表现		抗性		萌发表现	
	处理1	处理2(CK)	处理1	处理2(CK)	处理1	处理2(CK)
百日草	冠幅为 35 cm 单株花量为 11 朵	冠幅为 23 cm 单株花量为 8 朵	抗干旱 无病虫害	无病虫害	株高为 42 cm	株高为 35 cm
金娃娃萱草	冠幅为 23.5 cm	冠幅为 18 cm	抗干旱, 无病虫害	无病虫害	2月25日开始萌发 3月下旬开花 平均每墩芽数22个	3月3日开始萌发 4月上旬开花 平均每墩芽数18个
粉花假龙头	株形饱满 花穗较长	株形较小 花穗较短	抗干旱, 有少量白粉病发生	有白粉病和 红蜘蛛发生	3月10日全部萌发, 生长健壮 平均每墩芽数25个	3月14日萌发, 生长缓慢 平均每墩芽数19个
丰花月季	茎秆粗壮 单株花量达34朵	植形较矮 单株花量为25朵	抗干旱 无病虫害	有白粉病发生	株高为74 cm	株高为54 cm
金叶女贞	生长量大 茎秆较粗壮	茎秆较细 生长量小	抗干旱 无病虫害	无病虫害	株高为72 cm	株高为57 cm
观赏草、白三叶	叶色绿, 成坪快, 无斑秃	叶色绿 有斑秃	抗干旱 无病虫害	抗干旱 无病虫害	萌发早	萌发晚

### 2.3 保水剂对叶片相对含水量和相对水分亏缺的影响

叶片相对含水量(RWC)的多少是反映植物保水和抗脱水的能力<sup>[7]</sup>, 随着干旱时间的延长, 叶片的相对含水量逐渐减少。由表 3 所示, 随着干旱时间的延长, 7 个不同植物品种的 RWC 变化不同, 各品种处理 1 的 RWC 均高于 CK, 尤其是观赏草、百日草和白三叶表现比较明显, 分别高 7.20、6.19、6.14 个百分点; 相对水分亏缺值(RWD)则相反, 从叶片相对含水量和相对水分亏缺值来看, 保水剂对草本植物较明显。

表 3 不同保水剂处理的 RWC 和 RWD %

品种	RWC		RWD	
	处理1	处理2(CK)	处理1	处理2(CK)
百日草	66.60	60.41	33.40	39.59
观赏草	74.86	67.66	25.14	32.34
白三叶	67.22	61.08	32.78	38.92
金娃娃萱草	69.58	67.64	30.42	32.36
金叶女贞	81.50	79.84	18.50	20.16
丰花月季	84.06	83.80	15.94	16.20
粉花假龙头	68.83	67.45	31.17	32.55

### 2.4 保水剂对叶片持水率的影响

叶片持水率是指叶片在离体条件下保持原有水分的能力, 是反映干旱条件下叶片抗脱水性能的综合指标之一<sup>[8]</sup>。在离体情况下, 叶片持水率在单位时间内水分蒸发得越少, 持水率越高。由表 4 可知, 随着干旱时间的延长, 7 个植物品种干重整体呈下降趋势。各品种的持水率处理 1 均大于 CK, 其中丰花月季的叶片持水率较 CK 增加 9.86 个百分点; 金娃娃萱草较 CK 增加 9.66 个百分点; 观赏草、粉花假龙头和金叶女贞的增幅较小, 较 CK 分别增加 1.65、1.25、0.39 个百分点。

表 4 不同保水剂处理的叶片持水率

品种	处理1				处理2(CK)			
	鲜重	烘40 min后干重 /g	烘2 h后干重 /g	持水率 /%	鲜重	烘40 min后干重 /g	烘2 h后干重 /g	持水率 /%
百日草	1.40	0.35	0.18	13.93	1.12	0.23	0.16	7.29
观赏草	1.12	0.30	0.21	9.89	1.08	0.30	0.23	8.24
白三叶	1.22	0.32	0.16	15.09	1.18	0.29	0.16	12.75
金娃娃萱草	1.89	0.85	0.27	35.80	1.09	0.44	0.21	26.14
金叶女贞	1.02	0.49	0.26	30.26	1.03	0.49	0.26	29.87
丰花月季	1.30	0.73	0.42	35.23	1.06	0.56	0.39	25.37
粉花假龙头	1.04	0.35	0.24	13.75	0.96	0.33	0.24	12.50

可见保水剂可明显提高植物叶片持水率, 对小灌木丰花月季最明显。

### 2.5 保水剂对叶片相对电导率的影响

随着干旱时间的延长, 细胞原生质膜的结构和功能首先受到伤害, 导致组织浸泡液的电导率值增大<sup>[9]</sup>。如图 2 所示, 在干旱胁迫下, 各品种处理 1 的叶片相对电导率均低于 CK。如图 3 所示, 金叶女贞的电导率增加幅度较大, 达 25.01%, 百日草的增加幅度较小, 为 10.02%。从叶片相对电导率这一指标来判断, 施用保水剂可提高土壤含水量, 减缓植物叶片细胞膜受伤害的程度, 草本植物较为明显。

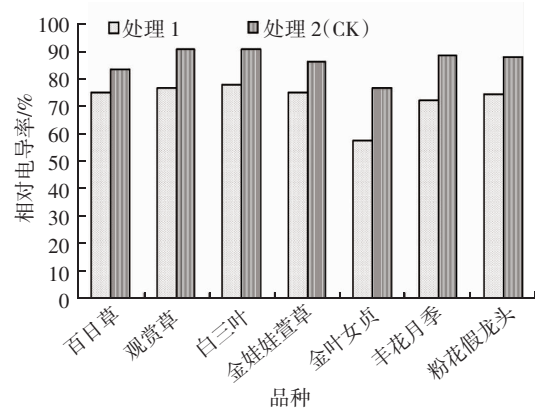


图 2 保水剂处理的叶片相对电导率

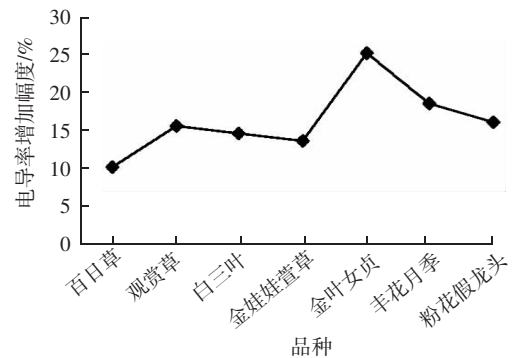


图 3 保水剂处理的叶片相对电导率增加幅度

### 3 讨论与结论

保水剂在园林绿化中具有广阔的应用前景。在干旱地区或水资源短缺的地区,可以广泛应用保水剂来提高植物的成活率和生长质量<sup>[10]</sup>。在园林植物的栽培管理中,可以根据不同植物类型和生长环境,合理选择保水剂的施用量和施用方法。同时,还可以结合其他节水措施,如滴灌、覆盖等进一步提高水资源利用效率,促进园林绿化的可持续发展<sup>[11]</sup>。本研究对兰州市园林科学研究所温室内不同类型植物进行了施用保水剂试验,从植物生长表现来看,施入保水剂 150 kg/hm<sup>2</sup> 与磷酸氢二铵 450 kg/hm<sup>2</sup> 处理的各类植物在生长、抗性及翌年萌发等方面均优于不施保水剂处理。这表明保水剂与磷酸氢二铵混合施用能为植物提供更充足的水肥条件,从而促进植物的生长发育并增强其抗逆性。在温带干旱半干旱气候的兰州市,降水少、蒸发量大,保水剂能够有效保持土壤中的水分,满足植物生长需求。同时,保水剂可能还与肥料相互作用,提高了肥料的利用率,使得植物长势更加旺盛,观赏价值更高,对于小灌木类植物,施用保水剂比不施保水剂平均生长量明显提升,保水剂对小灌木生长的促进作用可能与其根系结构和生长特点有关。小灌木通常具有相对发达的根系,保水剂能够在根系周围形成良好的水分和养分环境,促进根系的生长和发育,进而提高植株的整体生长量,这与杨柳青等<sup>[5]</sup>对络石生长的影响结果相一致。表明施入保水剂后,植物长势强健,抗逆性增强。

宿根花卉在施用保水剂后萌发芽数量明显增多,其中每墩芽数金娃娃萱草增加 22.22%,粉花假龙头增加 31.58%,且植株生长旺盛、抗性强。宿根花卉具有多年生长的特点,其繁殖和生长对土壤环境要求较高。保水剂能够改善土壤的水分状况,为宿根花卉的根系提供稳定的生长环境,有利于其萌芽和生长<sup>[12]</sup>。此外,保水剂可能还对宿根花卉的根系生理活动产生积极影响,增强其抗病虫害的能力,同时草本类植物中,施用保水剂处理的百日草在冠幅、株高、单株花量等方面均优于不施保水剂处理,这与付宏喆等<sup>[13]</sup>保水剂与氮肥配施对雪茄烟抗旱性研究结果相一致。表明施入保水剂后,草花类和宿根类花卉冠幅明显

增大,单株花量增多;草坪成坪快;小灌木类枝条健壮、株高增加明显;宿根类花卉繁殖的芽数量明显增多。

从保水剂对控水试验研究结果来看,在土壤含水量试验中,严重高温干旱季节施用保水剂处理的土壤含水量较不施保水剂处理高 14.87% ~ 36.85%。叶片相对含水量和相对水分亏缺的变化结果显示,施用保水剂处理比不施保水剂处理叶片相对含水量高,相对水分亏缺值低,尤其是草本植物百日草、观赏草表现明显,分别高出 6.19、7.20 个百分点。这表明保水剂在干旱条件下能够有效保持土壤水分,减少水分的蒸发和流失,这与韩军等<sup>[14]</sup>保水剂对土壤含水量的测定结果相同。在兰州市干旱少雨的气候条件下,高温干旱对植物生长造成极大的压力,保水剂的应用能够缓解这种压力,为植物提供相对稳定的水分环境。同时保水剂能够提高植物叶片的保水能力,减少水分的损失。叶片相对含水量是反映植物保水和抗脱水能力的重要指标,保水剂通过改善土壤水分状况,使植物能够更好地吸收和保持水分,从而提高叶片的相对含水量<sup>[15]</sup>。

叶片持水率是反映干旱条件下叶片抗脱水性能的综合指标之一,叶片持水率的变化表明,保水剂可明显提高植物叶片持水率,在干旱胁迫下小灌木丰花月季叶片持水率下降明显,达 9.86 个百分点,宿根花卉叶片持水率明显高于小灌木<sup>[16]</sup>。保水剂的作用可能是通过改善植物根系的水分吸收能力和叶片的生理功能,提高叶片在离体条件下保持原有水分的能力。同时叶片相对电导率的变化显示,在干旱胁迫下,施用保水剂处理的叶片相对电导率均低于不施保水剂处理,其中金叶女贞的电导率增加幅度较大,达 25.01%;百日草的增加幅度较小,为 10.02%。说明施用保水剂可提高土壤含水量,减缓植物叶片细胞膜受伤害的程度。干旱胁迫会导致植物细胞原生质膜的结构和功能受到伤害,从而使组织浸泡液的电导率值增大。保水剂通过保持土壤水分,减轻干旱对植物细胞膜的伤害,维持细胞的正常生理功能<sup>[17]</sup>。

综上所述,在温带干旱半干旱气候条件下,土壤中施入保水剂 150 kg/hm<sup>2</sup> 与磷酸氢二铵 450 kg/hm<sup>2</sup> 可改善植物的生长环境,促进植物的生长

发育、增强抗逆性和提高观赏价值; 干旱胁迫下可提高植物抗旱能力和土壤含水量, 减缓干旱胁迫对植物组织的损害和植物叶片细胞膜受伤害的程度, 草坪类植物较为明显。在实际应用中, 可以根据不同植物类型和生长环境, 合理选择保水剂的施用量和施用方法, 同时结合其他节水措施, 进一步提高水资源利用效率, 为园林绿化的可持续发展提供有力支持。

#### 参考文献:

- [1] 梁 晓, 李锦江, 梁健明, 等. 保水剂在园林绿化中的运用研究[J]. 广东园林, 2009, 31(5): 70-73.
- [2] 王存兴, 赵银河, 祝 钰, 等. 土壤保水剂荒山造林应用技术研究[J]. 现代农业科技, 2012, 23(1): 168-170.
- [3] 郭明玲, 雍巧玲. 日本保水剂半干旱荒山造林应用试验[J]. 甘肃科技, 2005, 21(3): 161-162.
- [4] 房 用. 荒山生态林营造及植被恢复技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [5] 杨柳青, 刘佳佳, 雍玉冰, 等. 干旱胁迫下保水剂对络石生长和生理的影响[J]. 经济林研究, 2024(2): 178-187.
- [6] 韩 蓉, 张 甜, 刘晓娟. 四种唇形科鼠尾草属园林地被植物抗旱性研究[J]. 北方园艺, 2024(7): 43-49.
- [7] 孙 杭. 植物应对干旱胁迫的形态与生理生化响应机制[J]. 粮油与饲料科技, 2023(2): 132-134.
- [8] 弓泽涛, 姚爱彬, 李锦馨, 等. 四个玫瑰品种的水分胁迫耐受性[J]. 北方园艺, 2021(14): 73-79.
- [9] 张惠云, 王 立, 杨克彤, 等. 白龙江干旱河谷常见灌木树种叶片持水性能[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(2): 23-34.
- [10] 闫文涛, 米兴旺, 李 波, 等. 不同保水剂对戈壁日光温室基质栽培番茄生长和产量及品质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(4): 342-348.
- [11] 王淑芳. 保水剂在造林绿化中的有效应用研究[J]. 花卉, 2023(10): 157-159.
- [12] 孙 群, 梁宗锁, 杨建伟, 等. 干旱对苗木萌芽期水分状况、ABA 含量及萌芽特性的影响[J]. 植物生态学报, 2002, 26(5): 634-638.
- [13] 付宏喆, 王亚飞, 朱治忠, 等. 保水剂与氮肥配施对雪茄烟抗旱性相关理化性状的影响[J]. 山东农业科学, 2024, 56(6): 88-95.
- [14] 韩 军, 薛 焱, 杨 杰, 等. 保水增肥措施对黄土丘陵区草地植物群落特征及物种多样性的影响[J]. 生态学报, 2024, 44(12): 5399-5411.
- [15] 刘 容, 李振华, 张馨馨, 等. 保水剂与氮磷钾肥互作对干旱胁迫下多年生黑麦草生长生理的影响[J]. 北方园艺, 2022(12): 64-71.
- [16] 李柯妮. 桔梗干旱高温胁迫及微量元素营养调控研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- [17] 赵 锋, 包奇军, 张华瑜, 等. 施用保水剂对干旱胁迫下大麦幼苗生长及光合特性的影响[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(12): 227-230.