

白发藓在立体绿化应用中的养护技术探究

罗旭荣, 蒋慧, 温庚金, 李悦宁 (深圳市铁汉一方环境科技有限公司, 广东深圳 518035)

摘要 为解决白发藓在室内景观中的养护技术难题, 采用外部形态评价方法对白发藓进行了关键因子包括水分、光照方面的试验分析。结果表明, 虽然白发藓耐旱, 对光照需求不高, 但是在室内生长, 受环境变化影响较大, 需要一定的水分和光照环境。水分含量 15%~35%, 光照强度 45.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以上能积极生长, 18.00~36.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 满足基本需求; 而长期低于 18.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 生长受到影响; 白发藓养护需要保持叶面湿度为 70%~80%, 夏季高温时期, 降低叶面湿度保持在 60%~70%, 有利于增强抗性。

关键词 白发藓; 水分; 光照; 湿度
中图分类号 S688 **文献标识码** A
文章编号 0517-6611(2020)05-0126-04
doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.05.034



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Maintenance Technique Research of *Leucobryum glaucum* in Three-dimensional Greening Application
LUO Xu-rong, JIANG Hui, WEN Geng-jin et al (Shenzhen Tenchand Yifang Environmental Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518035)

Abstract In order to solve the technical problem of maintaining *Leucobryum glaucum* in indoor landscape, the key factors including moisture and light were analyzed by using the method of external morphological evaluation. Although *L. glaucum* is drought tolerant and does not have a high light requirement, the results showed that it was greatly affected by environmental changes and required certain moisture and light environment in indoor. With the moisture content of 15%~35%, *L. glaucum* in the light intensity above 45.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ can grow actively, and meet the basic needs between 18.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and 36.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. However, the growth was affected under 18.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ for a long-term. The maintaining leaf moisture at 70%~80% was required during the care of *L. glaucum*. While high temperature in summer, reducing the humidity of leaves to maintain at 60%~70% was conducive to enhancing the resistance.

Key words *Leucobryum glaucum*; Moisture; Light; Humidity

白发藓(*Leucobryum glaucum*), 是白发藓科, 白发藓属, 不规则丛集或散列的藓类, 呈灰绿色。茎直立或倾立, 长可达 8 cm, 不规则疏分枝。叶密生, 基部呈鞘状, 长卵形, 上部渐呈披针形, 常向一侧偏曲; 叶边全缘, 上部略内卷; 中肋宽阔, 仅叶边为叶片部分; 叶细胞长方形, 中肋背面细胞具明显疣状突起。

苔藓植物是一种结构简单的高等植物, 它们生命力强, 能忍受恶劣的环境条件, 被誉为“先锋植物”和“拓荒者”^[1]。同时它没有真正的根和维管束组织, 表面积较大, 对环境因子的反应敏感度是种子植物的 10 倍^[2]。白发藓, 自然环境中一般生长在山地阳坡空旷地面或针叶林林地, 环境敏感度较高, 需要一定的光照、水分、湿度和适宜的温度。白发藓属于变水植物, 耐旱能力较强, 干燥脱水后可自动休眠, 颜色灰白, 通过复水可以恢复活力。

白发藓既可以在宏观自然风光中作地被植物, 也可以应用于“苔藓瓶园”、室内微缩景观等。近年出现了以白发藓为主要观赏角色的苔藓艺术墙, 结合工艺设计、枯木、兰花、蕨类植物的艺术造型, 创造出一种古意盎然, 幽静深远的自然情趣与艺术景观(图 1)。这种艺术形式结合苔藓植物和室内设计, 实现了苔藓小品升华为苔藓艺术景观的跨越。苔藓艺术墙表现出了形态美: 白发藓独特的灰绿光泽、细腻的天鹅绒质感, 结合了兰花和蕨类古朴典雅的韵律; 造型美: 以白发藓、枯木、兰花、蕨类为主要元素, 运用艺术手法创作出宁

静幽远的意象; 色彩美: 整个艺术墙以绿色为主色调, 配以兰花, 古朴余有灵动。

室内立体绿化应用的白发藓主要源于野采, 白发藓经人为烘干后进行储存运输(部分直接使用新鲜白发藓), 应用到室内环境中, 表现出了较高的环境敏感度, 在室内环境闷热不通风、水分不足、长期光照不足等情况下会出现发黑、发黄、发白等“变色”现象。白发藓生长缓慢, 当出现不佳的反应时, 很难在短时间内恢复, 这极大地影响了白发藓艺术墙的应用范围和推广。所以, 在苔藓艺术墙的运用当中, 必须解决白发藓养护技术难题, 避免和减少白发藓出现变色情况。笔者拟分析影响白发藓生长的因子, 为白发藓的室内养护提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料 所选材料为质量好的野采白发藓, 颜色为自然的灰绿或绿色, 无发白、发黄和发霉的迹象, 充分复水后快速恢复翠绿。

1.2 方法 苔藓植物叶片一般是单层细胞且缺乏保护层, 当外界气体入侵苔藓植物的时候, 苔藓叶片会显得十分敏感^[3], 受环境条件变化的影响较大。研究表明, 构成苔藓生长环境的主要因子是水分、光照^[4]。以这 2 个因子为基点, 对苔藓室内生长状况进行试验研究。

试验从 2019 年 5 月 5 日开始, 地点在深圳市铁汉一方环境科技有限公司办公实验室墙壁上。实验室共 3 面独立控制的白发藓墙, 每面白发藓墙面积 0.6 m×1.8 m=1.08 m²。实验室无窗, 无自然光照, 采用补水、补光系统。补水灌溉采用滴灌定时控制灌溉, 根据墙面水分分布分层的特点和灌溉时间, 用土壤水分测试仪测定水分含量, 梯度设定为 5%~

10%、15%~18%、20%~35%。每1面墙的水分分布形成3个梯度,3面墙形成3个重复。补光采用LED植物生长灯,每盏灯为18 W,2盏补光灯的标准距离为0.35 m。含植物生长所需的红橙光和蓝紫光光谱,50%接近自然光,400~840 nm

全光谱区间,光照时长12 h。光照梯度每面墙分4个梯度:11.00~14.50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 18.00~36.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 45.00~81.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 108.00~143.99 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 3面墙形成3个重复。



图1 白发藓艺术墙

Fig.1 Art-wall of *L. glaucum*

1.3 测定指标及方法 白发藓生长较缓慢,对环境比较敏感,所以在不同环境当中,最直观的方式是其外部形态会有明显变化,这里主要指变黄、发白、变黑等现象。由于野采苔藓上墙会有一定的适应期,一般吸水充足后连续喷水养护7 d会基本稳定,待上墙后的白发藓适应环境后再做试验记录。

水分梯度:根据不同水分梯度(5%~10%、15%~18%、20%~35%)下的白发藓生长表现进行综合分级评定,共分为5个等级:5分为长势良好,颜色翠绿饱满;4分为长势正常,颜色灰绿;3分为长势一般,颜色灰白,偏干;2分为长势不佳,局部变色;1分为长势不正常,出现黄化坏死。每10 d观察1次,记录4次。

复水调节:长势一般,明显偏干的白发藓进行水分调节,通过叶面喷水加湿后,根据白发藓的恢复程度进行分级评定,共分为5个等级:5分为恢复良好,叶色翠绿;4分为长势正常,75%~85%叶色正常;3分为恢复一般,55%~65%叶色正常;2分为恢复缓慢,35%~45%叶色正常;1分为短时间不可恢复,叶色几乎不正常。每7 d观察1次,记录4次。

光照梯度:根据不同光照强度梯度下的白发藓生长表现进行综合分级评定,共分为5个等级:5分为长势良好,颜色翠绿饱满;4分为长势正常,颜色深绿;3分为长势一般,开始出现黄褐色,颜色暗绿;2分为长势不佳,局部变黑褐色,生长

菌类;1分为长势不正常,出现黑化腐烂。每10 d观察1次,记录4次。

补光调节:在不同光照梯度的对照下,对新芽生长缓慢,光照强度低于14.50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、叶色不正常的白发藓进行光照调节。通过补光,根据白发藓的新芽生长和叶色变化进行分级评定,共分为5个等级:5分为75%~85%叶色正常,新芽较多;4分为55%~65%叶色正常,部分出现新芽生长;3分为35%~45%叶色正常,零星出现新芽生长;2分为25%~35%叶色正常,没有新芽出现;1分为叶色变化不明显,没有新芽。每7 d观察1次,记录4次。

2 结果与分析

2.1 试验地室内温度与空气湿度的变化 试验期间,室内平均温度为26.8 $^{\circ}\text{C}$,平均空气湿度为60%。

2.2 水分因子对白发藓外部形态的影响 在白发藓上墙稳定后正式记录其生长状况,光照保持在26.99 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以上。从表1可以看出,在不同水分梯度的影响下,5 d内,水分梯度为5%~10%的白发藓开始有灰白干旱现象。15 d时,水分梯度为5%~10%的白发藓,叶色慢慢变灰白,叶尖缘有黄褐色。25 d后,长期处于低水分状态的白发藓,叶色局部开始出现变黄,由叶缘扩散到叶根部。35 d后,白发藓叶色变黄的面积继续增大。而水分梯度为15%~18%的白发藓长势基本良好,叶色翠绿饱满。水分梯度为20%~35%的白

发藓叶色深绿。

复水试验:对水分梯度为 5%~10%的白发藓进行喷雾加湿复水,一部分水分恢复到 15%~18%,另一部分恢复到 20%~35%。表 2 中,不同程度的复水处理对白发藓的叶色恢复有一定的影响。3 d 内,白发藓均有所恢复,但是整体叶色还是灰白。7 d 后恢复水分梯度 20%~35%的白发藓明显好转,可恢复到 4 分等级。而水分梯度恢复 15%~18%的白发藓依然是 2 分等级。说明灰白的白发藓要在短时间复绿需要更多的水分。虽然白发藓短时间的灰白干旱现象基本能够通过复水恢复绿色,但是变黄的白发藓不能在短时间改变。

表 1 不同水分梯度下白发藓外部形态的表现
Table 1 Morphological expression of *L. glaucum* under different moisture gradients

水分梯度 Moisture gradient/%	试验时间 Test duration//d			
	5	15	25	35
5~10	4	3	2	2
15~18	5	5	4	5
20~35	5	5	4	4

表 2 不同复水程度后白发藓外部形态的变化
Table 2 Morphological changes of *L. glaucum* after different rewatering gradients

水分梯度 Moisture gradient/%	复水时间 Rehydration time//d			
	3	10	17	24
15~18	2	2	3	3
20~35	3	4	4	4

2.3 光照因子对白发藓外部形态的影响 光照梯度调整后,稳定 7 d 再做试验记录,保持白发藓表面水分湿度在 70%~80%。不同光照梯度的白发藓在水分比较充足的情况下呈现出不同的效果。从表 3 可以看出,处理 15 d 后,不同梯度之间的差异不大,11.00~14.50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 低照度情况下的白发藓颜色深绿。25 d 后,长势一般,开始出现黄褐色,颜色暗绿。持续到 35 d 后,低照度的白发藓长势较差,局部变黑褐色,叶尖有黄色点状霉菌。说明长期低照度的白发藓会表现出对光照环境的敏感,出现不适症状。18.00~36.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 照度下的白发藓 25 d 后,整体颜色深绿。到了 35 d 后,也出现了黄褐色现象,整体叶色暗绿发黑,观赏价值受到影响。而光照强度基本满足在 45.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 以上时,白发藓发黄发黑的概率大大减少,长势比较正常。这说明虽然白发藓有一定的耐阴性,但是对光照强度有一定的要求。光照强度为 108.00~144.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时表现最佳。11.00~14.50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 低照度下的白发藓分别在 18.00~36.00、45.00~81.00、108.00~144.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 这 3 种光照梯度下进行补光。从表 4 可以看出,3 d 时,补光效果不明显。10 d 时,光照梯度在 45.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 以上的白发藓开始出现好转,叶色开始恢复正常。17 d 后,光照强度为 18.00~36.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 的白发藓部分叶色也开始恢复。而光照强度为 45.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 以上的 2 组慢慢有新芽出现。这说明光照强度为 45.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 以上的补

光比较明显地促进了白发藓分枝发芽。但是局部黑褐色白发藓在短时间内没有好转,菌类颗粒有所缓解。

表 3 不同光照梯度下白发藓外部形态的表现
Table 3 Morphological expression of *L. glaucum* under different light gradients

光照梯度 Light gradient $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	试验时间 Test duration//d			
	5	15	25	35
11.00~14.50	5	4	3	2
18.00~36.00	5	5	4	3
45.00~81.00	5	5	5	4
108.00~144.00	5	5	5	5

表 4 不同补光梯度下白发藓外部形态的变化
Table 4 Morphological changes of *L. glaucum* after different supplementary lighting gradients

光照梯度 Light gradient $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	补光时间 Supplementary lighting duration//d			
	3	10	17	24
18.00~36.00	1	1	2	3
45.00~81.00	1	2	3	4
108.00~144.00	1	2	3	4

3 讨论与结论

3.1 水分因子对白发藓生长的影响 多数苔藓属典型的变水植物。由于缺乏输导和蒸发系统,没有真正的根等形态学特征使苔藓难以很好地控制其体内的水分含量,极易失去水分,因此许多苔藓植物适应于潮湿的环境。但也有许多苔藓植物能在不同程度上忍耐失水和干旱,随着环境变干可将植物体内的含水量降得很低,一旦环境条件变适,又可以迅速地吸收水分,恢复正常的生理代谢活动^[5]。该研究中,灰白干旱的白发藓能够通过复水在短时间内恢复绿色,说明白发藓能够忍受短时的干旱,但是干旱时间过长,部分发黄的苔藓并不能在短时间内恢复。5 d 时间,低水分的白发藓就表现出了叶色灰白的现象,同时复水 3 d 后,灰白的白发藓开始恢复绿色。这表明水分对干旱的白发藓的影响比较直观和快速。特别是充分复水,能够加快白发藓的复绿情况。

由于苔藓植物特殊的生理生态学特性,在外界环境因子中起主要作用的是水分条件。当水分条件恶劣时,它们便停止光合作用而转入休眠阶段。它们的生活史特征、种群和生态学特性或多或少地依赖于对水利用的有效性^[6]。在养护期间,当白发藓长期在低水分养护状态时,会出现发黄的风险,并且不能在短时间内恢复。低水分养护和完全干旱不一样,完全干旱脱水的白发藓会进入休眠状态,可以保存一定时间,经过浸泡吸足水分养护几日,可恢复翠绿。低水分养护的白发藓有生命活动,如果水分环境长期反复持续且不能满足其生长需求,容易产生对环境的敏感症状。

由于白发藓没有根系,主要靠叶面来吸收。而室内艺术墙的灌溉自上而下,由于水的重力因素,水分相对分布不均匀。艺术墙的上层水分最低,中层适中,下层水分含量最高。为了保证白发藓拥有持续而稳定的水分环境,在水分含量低于 15%时,会慢慢表现出灰白的缺水状态,可进行叶面喷雾,

保持叶面空气湿度在 70%~80%。藓类植物的水分主要来自大气,只有少部分来自其生长基质,所以养护环境中保持一定的空气湿度对苔藓的生长来说是必需的。有研究表明,高湿度环境下苔藓的耐高温能力下降。其原因可能是由于在高湿下植物体本身的新陈代谢及酶的活性都非常活跃,对环境非常敏感,因而高温会对其产生伤害^[7-8]。需要注意的是,一般室内温差相较室外相差不大,但是夏季有些室内环境几乎是全封闭,而且通风效果差,再加上上下班时间空调的关闭,加大了期间的温差和湿度变化,甚至出现闷热现象,这时候为了避免白发藓的环境敏感症状,应该保持比平时相对较低的叶面湿度 60%~70%,忌高温高湿。

综上,水分因子是影响白发藓生长的重要因子。持续而稳定的水分环境对白发藓的健康成长有重要作用。墙面水分保持在 15%~35%,叶面湿度保持在 70%~80%,忌见于见湿。夏季高温时期,湿度保持在 60%~70%。

3.2 光照因子对白发藓生长的影响 大部分苔藓,尤其是耐阴种类,要求较低的光照,能够在很低的光照条件下进行光合作用,表现出喜阴的光合特征,其光合作用所需的饱和光照强度大大低于高等植物所需要的^[9-10]。

经过测定,白发藓的光补偿点和光饱和点分别在 20、249 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以下。虽然白发藓对光合作用所需的饱和光照强度大大低于高等植物,但并不表示一般室内环境普通的照明灯就能满足白发藓最低的光照条件。由于室内与室外光强差异较大,一般室外树荫下都可能比室内比较明亮的地方光照要强,所以对于光照的需要不能用肉眼来评估。1987 年, Vashistha 等^[11] 采用 5 个光照照度,分别是 12.59、19.79、39.59、62.99、81.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,在 25℃ 左右培养几种苔藓,结果表明当光照达 62.99 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,原丝体呈深绿色,分枝较多,所以光照因子是影响苔藓生长的重要因子。而室内环境很多都满足不了这个光照条件。实践证明,在室内培养白发藓需要给它进行人工补光。该研究中,人工补光有一定的色温,但是相较于自然光,并没有伴随高温,在促进发藓生长的同时,也保证了室内适宜的温度环境。结果表明在 11.00~14.50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的低照度环境下,白发藓长势不佳;18.00~36.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 能满足基本生长

需求;而长势比较好的是 45.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以上的光照强度区域。光照因子对白发藓的影响没有水分因子那么明显,但是长期来看,光照影响白发藓的新芽萌发,使其容易发黑长霉菌,从而影响白发藓正常生长及观赏价值。

LED 人工补光系统主要有 2 个功能:一个是功能性的,用来给植物补光,进行光合作用;另一个是艺术性的,用来给艺术墙增添光影艺术效果。苔藓艺术墙的观赏焦点主要集中在中上部,所以中上部的光照强度会比下部强。为了兼顾补光的艺术效果,补光灯在墙面的照度虽然分布不均,但是可以在兼顾艺术效果的同时,通过增加补光灯的数量、调节补光灯的角度来达到光补偿点,确保白发藓的生长。

生长缓慢、质量轻、对基质要求低、适应性强的苔藓植物在城市绿化,特别是屋顶、墙面、边坡等的立体绿化形式上具有广阔的发展空间。白发藓病虫害较少,一般不需要额外施肥和修剪,较其他室内植物养护而言,减少了很多养护工作。但是它对环境比较敏感,所以即使是生命力很强,也必须营造相对稳定的微环境。虽然环境因子对植物生长的影响是复杂和综合性的,但是抓住影响白发藓生长的 2 个关键因子,满足适宜的光照和水分环境,就能保证白发藓生长的基本需求,发挥它的景观价值。

参考文献

- [1] 孙守琴,王根绪,罗辑,等. 苔藓植物对环境变化的响应和适应性[J]. 西北植物学报,2009,29(11):2360-2365.
- [2] CAMERON A J, NICKLESS G. Use of mosses as collectors of airborne heavy metals near a smelting complex[J]. Water, air, and soil pollution, 1977,7(1):117-125.
- [3] 尚正华. 园林景观设计中苔藓植物的运用探讨[J]. 花卉,2018(2):97-98.
- [4] 周涛平. 苔藓植物在室内绿化中的应用研究[D]. 上海:上海交通大学,2012.
- [5] 吴鹏程. 苔藓植物生物学[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [6] STARK L R. Bisexuality as an adaptation in desert mosses[J]. The American midland naturalist, 1983,110(2):445-448.
- [7] 玄雪梅,王艳,曹同,等. 上海地区藓类环境生理学特性的初步研究[J]. 应用生态学报,2004,15(11):2117-2121.
- [8] 刘应迪,朱杰英,陈军,等. 3 种藓类植物水分含量与光合作用、呼吸作用和水势的关系[J]. 武汉植物学研究,2001,19(2):135-142.
- [9] 朱仁果. 苔藓组织疏含量和疏同位素指示江西省大气硫沉降规律及大气污染源[D]. 南昌:南昌大学,2010.
- [10] 吴玉环,黄国宏,高谦,等. 苔藓植物对环境变化的响应及适应性研究进展[J]. 应用生态学报,2001,12(6):943-946.
- [11] RIOS-ESTEPA R, LANGE I, LEE J M, et al. Mathematical modeling-guided evaluation of biochemical, developmental, environmental, and genotype determinants of essential oil composition and yield in peppermint leaves[J]. Plant physiology, 2010,152(4):2105-2119.
- [12] GANJEWALA D, LUTHRAR. Essential oil biosynthesis and regulation in the genus *Cymbopogon*[J]. Natural product communications, 2010,5(1):163-172.
- [13] DAVIET L, SCHALK M. Biotechnology in plant essential oil production: Progress and perspective in metabolic engineering of the terpene pathway[J]. Flavour and fragrance journal, 2010,25(3):123-127.
- [14] 陈晓明,韦昭阳,刘海龙,等. 配方施肥对芳樟枝叶产量和含油率的影响研究[J]. 西部林业科学,2012,41(5):68-72.
- [15] 万琴,萧伟,王振中,等. 气相色谱法测定金银花中芳樟醇的含量[J]. 南京中医药大学学报,2010,26(4):317-318.
- [16] 黄秋良,张国防,张春,等. 芳樟优良无性系叶精油主成分遗传稳定性分析[J]. 福建林业科技,2016,43(1):39-42.
- [17] 戴文君. 微生物菌剂对望天树苗木生长及肥力效应的影响[D]. 南宁:广西大学,2018:3-4.
- [18] 梁渠,何为中,谭宏伟,等. 不同施氮水平下固氮菌肥对甘蔗的应用效果试验[J]. 热带农业科学,2019,39(5):11-16.
- [19] 李馨园,王守义,王淑荣,等. 根瘤菌施胶类芽孢杆菌对大豆叶绿素荧光特性、产量及品质的影响[J]. 大豆科学,2014,33(4):541-544,549.
- [20] 王金玲,刘晓平,赵凤艳,等. 解磷巨大芽孢杆菌液体发酵培养条件的优化[J]. 中国农学通报,2013,29(15):68-72.
- [21] 江丽华,王梅,张文君,等. 固氮、解磷、解钾混合菌株协同固定化技术[J]. 中国农学通报,2010,26(12):18-21.
- [22] 孙中华,赵铂锤,陈仕红,等. 枯草芽孢杆菌 B67 对黄瓜幼苗生长发育的影响[J]. 中国瓜菜,2017(2):15-18.
- [23] 李瑞芳,田决源,张慧茹,等. 枯草芽孢杆菌 BS501a 代谢物生防效果与理化特性研究[J]. 河南农业大学学报,2011,45(6):678-683.

(上接第 125 页)