

废胶粒基质调控对天津机场地被植物群落特征的影响

徐焕然¹, 赵树兰², 张一岷², 袁红¹, 多立安^{2*}

(1. 天津滨海国际机场, 天津 300300; 2. 天津师范大学生物多样性调控与机场鸟击防御研究中心, 天津 300387)

摘要 [目的]探究废弃物基质调控对天津滨海国际机场地被植物群落动态特征的影响。[方法]将废胶粒以低、中、高3个浓度梯度添加到机场试验地土壤中,以不添加胶粒为对照区,于2016年4—9月进行植物群落调研。[结果]试验区植物种类共计32种,其中对照区植物共有15科27种,废胶粒调控区植物减少到8科17种,且随废胶粒添加量的增加而减少。废胶粒调控区植物群落的丰富度均显著低于对照区,废胶粒调控区的均匀度与对照区相比差异不大;废胶粒调控区的多样性均低于对照区,且随添加量的增加而降低;中、高添加量废胶粒调控区的生物量均高于对照区,低添加量调控区的则较低。[结论]土壤基质中添加废胶粒减少了天津机场植物种类,显著降低了植物群落的丰富度和多样性。

关键词 废胶粒;基质调控;植物群落特征;多样性;天津滨海国际机场

中图分类号 S181 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)27-0073-04

Effects of Substrate Regulation with Waste Crumb Rubber on the Characteristics of Plant Community at Tianjin Airport

XU Huan-ran¹, ZHAO Shu-lan², ZHANG Yi-min² et al (1. Tianjin Binhai International Airport, Tianjin 300300; 2. Research Center for Control of Biodiversity and Airport Bird Strike, Tianjin Normal University, Tianjin 300387)

Abstract [Objective] To explore the effects of substrate regulation on the characteristics of plant community at Tianjin Binhai International Airport. [Method] Waste crumb rubber was added in soil at low, medium and high concentrations. Taking the area with no addition as control, plant communities were surveyed from April 2016 to September 2016. [Result] A total of 32 plant species were collected, among which, 16 families and 20 species were found in control area. In the crumb rubber area, plants decreased to 8 families and 17 species, and decreased with increasing the amounts of crumb rubber added. The species richness of plants in crumb rubber area was lower than that in control area, but no significant difference in evenness was found between crumb rubber and control area. The diversity of plant community in the crumb rubber area was lower than that in control area, and decreased with increasing the amounts of crumb rubber added. Compared with control, the biomass of plant community in the crumb rubber area with medium and high concentrations was higher, while that in low addition area was lower. [Conclusion] Adding waste crumb rubber in soil reduced plant species in Tianjin airport, significantly decreased richness and diversity of plant community.

Key words Waste crumb rubber; Substrate regulation; Plant community characteristics; Diversity; Tianjin Binhai International Airport

地被植物群落以草本植物为主,作为机场的基本构成单元,其结构的合理性关系到机场生态系统的健康、稳定及可持续,它不仅对飞机的紧急起降具有重要的保护作用,而且对于降水的疏导和排放也具有重要意义。但由于机场为开阔的平地,为鸟类在飞行区觅食提供了便利,从而给飞机的起降和飞行带来安全隐患^[1]。机场植被人为干扰少,为动物提供了理想的栖息与庇护场所,同时为轻质种子传播创造了条件^[2-3]。国内外对机场地被植物群落的调控越来越重视,主要有对植物群落的高度、开花、结实等进行管理^[1,4-7];选择种植不吸引鸟或具有驱鸟功效的物种^[8-10];在植物体内植入内生真菌^[11-12]、采用火烧^[13]等方式。

另一方面,随着汽车工业和橡胶工业的发展,废旧橡胶日益增多,其资源化利用备受关注,将废旧橡胶加工成颗粒是其资源化利用的方式之一。废胶粒通常被用于修复污染地下水^[14]、填充草坪基质^[15]、建筑工程施工^[16-17],但鲜见利用废胶粒基质调控植物群落方面的研究报道。

笔者将废胶粒添加到土壤中对天津机场地被植物进行调控,旨在降低植物群落物种多样性,从而切断鸟类食物来源、改变鸟类掩蔽和繁殖环境,进而降低鸟类多样性,为机场

经营管理植物群落和鸟击防范提供理论依据。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区自然概况 天津滨海国际机场位于天津市东丽区,地理坐标为39°07' N、117°20' E,距市中心13 km,距天津港30 km,距北京134 km,总占地面积760 hm²,裸地面积460 hm²^[18]。该地区四季分明,春季多风,干旱少雨;夏季炎热,雨水集中;秋季气爽,冷暖适中;冬季寒冷,干燥少雪,属暖温带半湿润性大陆季风气候。天津机场内植物资源丰富,植被覆盖率高,大多是路边和田间地头常见的多年生或一年生杂草,也有部分的藤本和木本植物,主要优势种类有苦菜、夏至草、刺儿菜、车前草、鹅绒藤、葎草、虎尾草和牛筋草等^[19]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置。样地设在天津机场的试验田中,土壤类型为砂壤土,其理化性质如下:pH 7.95、有机质28.7 g/kg、全氮2.37 g/kg、速效磷21.43 mg/kg、含水量11.7%、容重1.46 g/cm³。试验区分为废胶粒调控区和对照区,总面积约为30.0 m×20.0 m,其中废胶粒调控区平分分为3块,大小约为6.7 m×15.0 m,其施加量分别为0.34、0.67、1.00 t,分别以LWP、MWP和HWP表示;不添加废胶粒的为对照区(CK)。整个试验区的植被均为自然生长状态。

1.2.2 植物群落调查。于2016年4—9月对试验区的地被植物群落进行调查,每月2次。采用样方法,分别在低、中、高添加量废胶粒调控区和对照区各布设面积为1 m×1 m的

基金项目 民航专业项目“机场‘生态岛’鸟类生态综合防控技术研究”(53H15007)。

作者简介 徐焕然(1964—),男,河北阜城人,高级工程师,硕士,从事飞行安全与机场管理研究。*通讯作者,教授,博士,博士生导师,从事生态学研究。

收稿日期 2018-06-04

样方3个,共12个,记录每个样方内的植物种类、株数。并采用完全收获法测定生物量,在80℃条件下烘至恒重。

1.2.3 植物多样性的计算方法。计算 Simpson 多样性指数 (D_s)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H)、Pielou 均匀度 (J) 和 Margalef 丰富度 (R),其计算公式如下:

$$D_s = 1 - \sum (P_i^2)$$

$$H = - \sum (P_i \times \ln P_i)$$

$$J = H / \ln S$$

$$R = (S-1) / \ln N$$

式中, P_i 为属于种*i*的个体在全部个体中的比例(N_i/N); N_i 为*i*物种个体数; N 为群落中全部物种的个体数; S 为物种数目。

1.2.4 数据统计分析。利用 Excel 2010 和 SPSS 22.0 软件

进行数据处理、差异显著性分析和 LSD 检验。

2 结果与分析

2.1 试验区植物群落的种类组成 调查发现,试验区植物种类共计32种,主要由菊科(8种)和禾本科(5种)植物组成(表1)。双子叶植物种类多于单子叶植物,主要优势种类有刺儿菜、阿尔泰狗娃花和狗尾草等。对照区植物共有15科27种,废胶粒调控区植物较对照区减少了7科10种,且随废胶粒添加量的增加而减少,其中低添加量调控区减少到7科15种,中、高添加量均减少到12种。在对照区生长的植物大多数在废胶粒调控区逐渐消失,同时也有新物种出现,如山莴苣和苘麻等;对照区出现的有些物种在废胶粒调控区未出现,如巴天酸模和榆树苗等;有些物种则在对照区和废胶粒调控区均存在,如刺儿菜、阿尔泰狗娃花、鹅绒藤和灰绿藜等。

表1 试验区植物名录

Table 1 The list of plants in the experimental plots

科 Families	种 Species	CK	LWP	MWP	HWP
紫草科 Boraginaceae	砂引草 <i>Tournefortia sibirica</i>	+	-	-	-
	斑种草 <i>Bothriospermum chinense</i>	+	-	-	-
唇形科 Labiatae	夏至草 <i>Lagopsis supine</i>	+	-	-	-
	菊科 Compositae	刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>	+	+	+
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>		+	-	-	-
山莴苣 <i>Lagedium sibiricum</i>		-	-	+	+
中华小苦苣 <i>Ixeridium chinense</i>		+	-	-	-
泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>		+	+	+	+
阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>		+	+	+	+
乳苣 <i>Mulgedium tataricum</i>		-	+	+	-
细叶鸢葱 <i>Scorzonera pusilla</i>		+	+	-	-
鹅绒藤 <i>Cynanchum chinense</i>		+	+	+	+
十字花科 Cruciferae		小花糖芥 <i>Erysimum cheiranthoides</i>	+	-	-
	独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>	+	-	-	-
旋花科 Convolvulaceae	打碗花 <i>Calystegia hederacea</i>	+	+	-	+
马齿苋科 Portulacaceae	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	+	-	-	-
藜科 Chenopodiaceae	地肤 <i>Kochia scoparia</i>	+	+	+	+
	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	+	+	+	+
	蓼科 Polygonaceae	篇蓄 <i>Polygonum aviculare</i>	+	-	-
酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i>		-	-	-	+
巴天酸模 <i>Rumex patientia</i>		+	-	-	-
蔷薇科 Rosaceae	朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i>	+	-	-	-
锦葵科 Malvaceae	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>	-	+	-	-
大麻科 Cannabaceae	葎草 <i>Humulus scandens</i>	+	+	+	+
豆科 Leguminosae	黄香草木樨 <i>Melilotus officinalis</i>	+	-	-	-
榆科 Ulmaceae	榆树苗 <i>Ulmus pumila</i>	+	-	-	-
堇菜科 Violaceae	紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	+	-	-	-
禾本科 Gramineae	狗尾草 <i>Setaira viridis</i>	+	+	+	+
	虎尾草 <i>Chloris virgate</i>	+	+	+	+
	碱茅 <i>Puccinellia distans</i>	-	+	+	+
	牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	+	+	-	-
	纤毛鹅观草 <i>Roegneria ciliaris</i>	+	+	-	-

注:“+”为出现;“-”为未出现

Note:“+” stands for appearance;“-” stands for no appearance

2.2 试验区植物群落多样性的变化 废胶粒调控区的植物群落多样性变化如图1所示。在所有月份中,废胶粒调控区植物群落的丰富度均显著低于对照区,且除5月外,其余均随废胶粒添加量的增加而降低(图1A)。4、9月,中、高添加量废胶粒调控区植物群落的丰富度差异不显著,但显著低于低添加量调控区,分别降低了24.1%、33.3%和33.6%、49.8%;5、7、8月,不同添加量废胶粒调控区的丰富度差异不显著;6月,高添加量调控区的丰富度显著低于对照区与低添

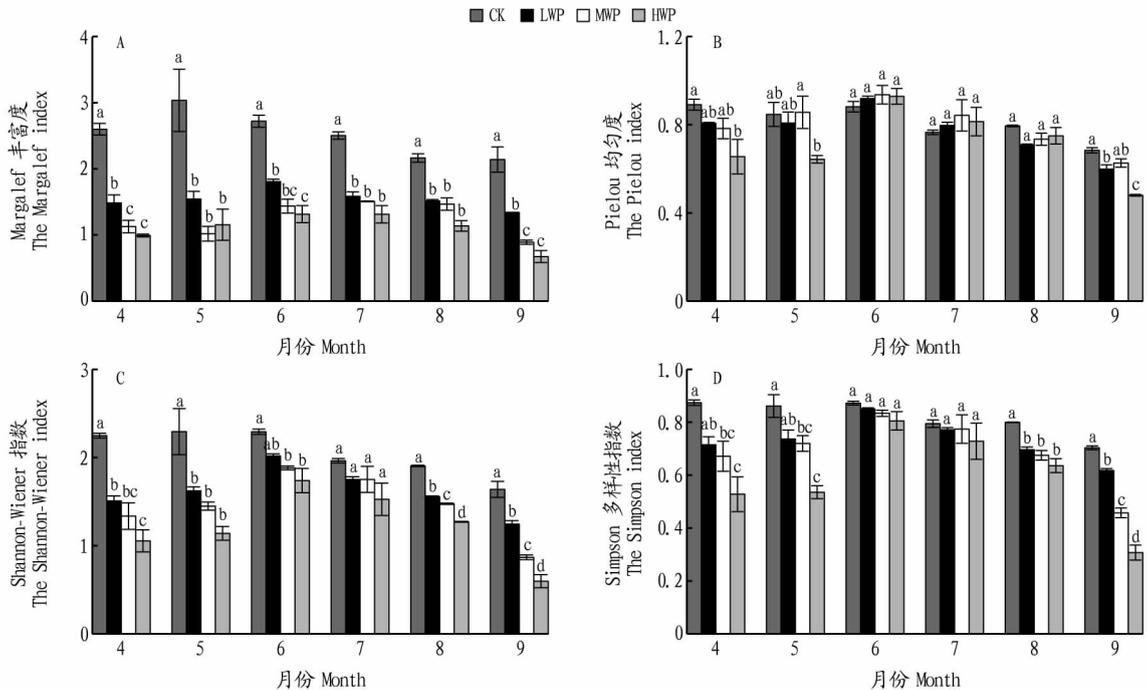
加量调控区,分别降低了51.7%和27.3%。

4—8月,低、中添加量废胶粒调控区与对照区植物群落的均匀度差异不显著(图1B)。4、9月高添加量调控区均匀度均显著低于对照区,分别降低了26.4%和29.9%。

植物群落 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数均随废胶粒添加量的增加而降低(图1C和图1D)。其中5月各添加量的废胶粒调控区 Shannon-Wiener 指数差异不显著,但均显著低于对照区,分别降低了29.3%、36.8%和50.3%;8、9

月 Shannon-Wiener 指数不仅随添加量的增加而降低,且差异显著。分析 Simpson 指数可知,4、5 月中、高添加量废胶粒调控区差异不显著,但显著低于对照区;6、7 月随添加量增加而降低,但差异不显著;8 月各添加量废胶粒调控区的 Simp-

son 指数差异不显著,但均显著低于对照区,分别降低了 12.9%、15.6%和 20.5%;9 月随添加量的增加而显著降低,分别比对照区显著降低了 12.2%、35.0%和 56.3%。



注:不同字母表示同一月份不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different letters indicate significant differences at 0.05 level among different treatments in the same month

图 1 试验区植物群落多样性特征变化

Fig. 1 The variation of plant community diversity in the experimental plots

2.3 试验区植物群落生物量变化 由表 3 可知,对照区与废胶粒调控区植物群落生物量随调查月份均呈增加的趋势。废胶粒调控区植物群落的生物量随添加量的增加而增加,与对照区相比均差异不显著。6—9 月,低添加量调控区的生物量低于对照区,分别降低了 10.8%、9.3%、2.6%和 3.4%;7—9 月,中、高添加量调控区的生物量则均高于对照区。

表 3 试验区植物群落生物量变化

Table 3 The change of biomass of plant community in the experimental plots g/m^2

处理 Treatment	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September
CK	131.90±12.60 a	197.95±8.75 a	222.85±4.25 a	232.15±9.25 b
LWP	117.65±9.85 a	179.45±16.15 a	216.95±7.25 a	224.15±11.65 a
MWP	125.55±10.85 a	199.70±1.70 a	230.70±9.10 a	239.80±5.40 a
HWP	134.25±13.95 a	209.35±8.45 a	241.20±8.70 a	246.85±7.25 a

注:不同字母表示同一月份不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different letters indicate significant differences at 0.05 level among different treatments in the same month

3 讨论与结论

机场环境对植物的影响主要表现在气候、水文、基质及地形方面,其中基质是影响植物生长必需的环境与资源条件,其对植物群落的结构组成起决定性作用。植物生长发育受基质条件的制约,且在一定程度上影响植物群落的稳定发展。在基质中添加废胶粒,会对植物群落产生影响。该研究

结果表明,废胶粒调控区植物明显少于对照区,且随添加量的增加而减少。在高添加量废胶粒调控区中禾本科植物仅有碱茅、狗尾草出现,刺儿菜始终占优势,且刺儿菜的叶缘有细密针刺,会影响和阻碍鸟类及其他生物的生命活动,不利于鸟类生长发育^[20]。

植物多样性作为区域生态系统功能和稳定的基础,是生物多样性和群落生态学研究的核心问题之一,受多种环境因子和生态过程的影响^[21-22]。废胶粒对植物群落的物种丰富度影响较大,显著低于对照区,而对均匀度影响不显著。将植物群落物种多样性变单一性可减少鸟类种类和数量。对试验区物种多样性指数的比较发现 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数全年的变化趋势基本相同,废胶粒调控区的多样性与对照区相比均有所降低,且随添加量的增加而降低。主要是因为中、高调控区的生长后期葎草为优势种之一,其匍匐茎生长蔓延迅速,常缠绕其他植物,且高达 50 cm 左右,在其覆盖下,因缺水、缺光而不利于其他物种生存。

生物量作为一种生态表征,可用于分析植被生产能力、评价植物群落和种群的构建特征,是生态系统结构和功能的基础,是生态系统环境质量的综合体现^[23-24]。该研究表明,低添加量废胶粒调控区的生物量降低,而中、高添加量调控区的增加。虽然基质添加废胶粒会使一些像黄香草木樨、榆树苗等盖度和生物量大的植物消失,但由于中、高添加量调

控区内生长着同样盖度和生物量较大的葎草而导致整体生物量增加。

综上所述,废胶粒对机场地被植物群落的物种组成、多样性与生物量均有影响,其中高添加量废胶粒的效果较好,使植物物种减少了8科15种,降低了丰富度和多样性。因此,建议在机场内施入废胶粒 9.95 kg/m^2 。

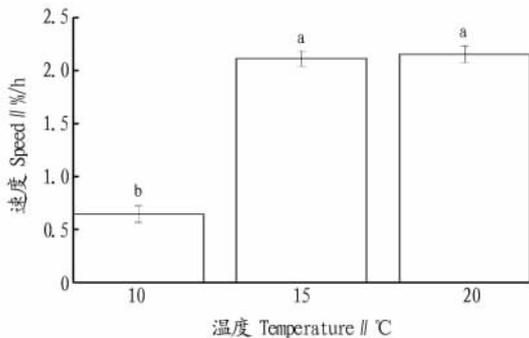
参考文献

- [1] 李洁. 昆明长水机场植物、昆虫与鸟类关系初探[D]. 昆明: 云南大学, 2014.
- [2] 李晓娟, 周材权, 景望春, 等. 机场植被管理与鸟击灾害防范的研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(1): 78-82.
- [3] 王维, 李士伟, 张媛媛, 等. 巴彦淖尔民航机场鸟击风险评估及鸟击防范[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2015, 46(3): 292-300.
- [4] DEVAULT T L, BEGIER M J, BELANT J L, et al. Rethinking airport land-cover paradigms: Agriculture, grass, and wildlife hazards[J]. Human-wildlife interactions, 2013, 7(1): 10-15.
- [5] WASHBURN B E, BERNHARDT G E, KUTSCHBACH-BROHL L A. Using dietary analyses to reduce the risk of wildlife-aircraft collision[J]. Human-wildlife conflicts, 2011, 5(2): 204-209.
- [6] 吴雪, 杜杰, 李晓娟, 等. 草高控制对重庆江北机场鸟类的影响[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2015, 36(2): 126-134.
- [7] BLACKWELL B F, SEAMANS T W, LINNELL K, et al. Effects of visual obstruction, prey resources, and satiety on bird use of simulated airport grasslands[J]. Applied animal behaviour science, 2016, 185: 113-120.
- [8] BARRAS S C, SEAMANS T W. Vegetation management approaches for reducing wildlife-aircraft collisions [C]//Federal aviation administration technology transfer conference. Ohio, USA; USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications, 2002: 159.
- [9] 张孟盛. 机场种植具刺植物防鸟驱鸟技术: CN 101218908 A [P]. 2008.
- [10] ANDERSON A, CARPENTER D S, BEGIER M J, et al. Modeling the cost of bird strikes to US civil aircraft[J]. Transportation research part D: Transport & environment, 2015, 38: 49-58.
- [11] 吴克凡. 机场薰衣草种植与鸟击防范关系的研究[J]. 伊犁师范学院

学报(自然科学版), 2016, 10(2): 82-85.

- [12] 丁剑桥, 蒋美其, 彭华洲. 驱鸟草技术在机场的应用探讨[J]. 科技创新导报, 2012(35): 240-241.
- [13] PENNELL C G L, ROLLSTON M P, MICHALK D L, et al. AvanexTM unique endophyte technology-bird deterrent endophytic grass for amenity turf and airports [C]//Revitalising grasslands to sustain our communities; Proceedings of the 22nd international grassland congress. Sydney, Australia: CSIRO, 2013.
- [14] 冯来坤, 刘建平, 侯建华, 等. 火烧对机场草地鸟类群落的影响[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2015, 35(2): 177-181.
- [15] 焦金朋, 狄军贞. 废旧胶粒 PRB 活性材料对污染地下水吸附适应性研究[J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27(4): 66-69.
- [16] 王静, 赵树兰, 多立安. 土壤基质填充废胶粒建植高羊茅对 NaCl 胁迫的生理响应[J]. 中国草地学报, 2010, 32(3): 88-92.
- [17] 焦楚杰, 张传镁, 张文华. 橡胶混凝土研究进展[J]. 重庆建筑大学学报, 2008, 30(2): 138-145.
- [18] 杨质子. 废旧轮胎胶粒改性全钢渣集料混凝土的变形行为及机理研究[D]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2015.
- [19] 李士权, 徐焕然, 袁红, 等. 天津滨海国际机场地被昆虫的多样性特征[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2016, 36(3): 44-49.
- [20] LIU X B, XU H R, YUAN H, et al. Community structure and diversity of ground cover plants in Tianjin Binhai International Airport[J]. Agricultural biotechnology, 2017, 6(3): 30-33, 70.
- [21] MAESTRE F T, QUERO J L, GOTELLI N J, et al. Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands[J]. Science, 2012, 335(6065): 214-218.
- [22] THIBAUT L M, CONNOLLY S R, HE F L. Understanding diversity - stability relationships: Towards a unified model of portfolio effects[J]. Ecology letters, 2013, 16(2): 140-150.
- [23] 沙威, 董世魁, 刘世梁, 等. 阿尔金山自然保护区植物群落生物量和物种多样性的空间格局及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2016, 35(2): 330-337.
- [24] 李春丽, 李奇, 赵亮, 等. 环青海湖地区天然草地和退耕恢复草地植物群落生物量对氮、磷添加的响应[J]. 植物生态学报, 2016, 40(10): 1015-1027.

(上接第55页)



注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图2 不同温度处理对花粉管伸长速度的影响

Fig. 2 Effects of temperature on the elongation speed of pollen tube

至人工点授,最好采用高质量的花粉,并加大点授用量,以及配合提高授粉受精的辅助手段如喷施硼、锌、锰、钼等^[16]。

参考文献

- [1] 李胜, 李唯, 杨德龙, 等. 扁桃花粉活力的测定及其提高坐果率研究[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 79-81.

- [2] DAFNI A, FIRMAGE D. Pollen viability and longevity: Practical, ecological and evolutionary implications[J]. Plant systematics & evolution, 2000, 222(1/2/3/4): 113-132.
- [3] PFLUGSHAUPT K, KOLLMANN J, FISCHER M, et al. Pollen quantity and quality affect fruit abortion in small populations of a rare fleshy-fruited shrub[J]. Basic & applied ecology, 2002, 3(4): 319-327.
- [4] 张艳青, 李淑明, 周如久, 等. 阿月浑子花粉萌发及贮藏特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2007(3): 41-43, 47.
- [5] 金英善, 曹后男, 玄永浩, 等. 苹果梨授粉花粉离体萌发率的影响因子[J]. 延边大学学报, 2002, 24(4): 235-237.
- [6] 年玉欣, 罗凤霞, 张颖, 等. 测定百合花粉生命力的液体培养基研究[J]. 园艺学报, 2005, 32(5): 922-925.
- [7] 徐臣善, 徐爱红. 高温对苹果花粉在花柱内萌发和生长的影响[J]. 植物生理学报, 2014, 50(1): 51-55.
- [8] 王秀峰, 李宪利. 园艺学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [9] 王贵平, 查养良, 马明, 等. 不同苹果产区壁蜂授粉生物学特性及授粉效应研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(34): 171-176.
- [10] 王凤鹤, 杨甫. 中国几种果树授粉壁蜂授粉技术与开发[J]. 昆虫知识, 2008, 45(6): 862-868.
- [11] 魏枢阁, 王韧. 应开发利用国内授粉壁蜂资源[J]. 河北农业科学, 1992(4): 31-32.
- [12] 李茂海, 从斌, 李建平等. 壁蜂及其在果树授粉中的应用[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(4): 422-425.
- [13] 苏永全. 温度对不同甜瓜花粉萌发率的影响[J]. 长江蔬菜, 2012(4): 17-18.
- [14] 杨森, 李怀智, 李光. 授粉温度对黄瓜网室采种产量的影响[J]. 天津农业科学, 1998(3): 34-37.
- [15] 郭媛, 邵有全, 郭宝贝, 等. 梨花粉和柱头发育与温度关系研究[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(12): 1446-1452.
- [16] 姜春源, 孟桂凤. 锰、锌、钼对苹果花粉萌发及坐果的影响[J]. 烟台果树, 1997(1): 16.