

吉林省豚草瘦果形态及微结构特征

王玉莹¹, 于忠亮², 吴生海¹, 兰雪涵³, 杨春波¹, 杜凤国^{1*}

¹ 北华大学林学院, 吉林 吉林 132013; ² 吉林省林业科学研究院, 吉林 长春 130000;

³ 集贤县林业和草原局, 黑龙江 双鸭山 155900

摘要: 【目的】研究吉林省不同地区豚草瘦果形态及微结构特征, 为豚草的识别及防控提供参考。【方法】采集吉林省吉林市磨盘山、吉林市龙潭山、桦甸市、蛟河市、长春市、四平市、公主岭市、通化市、白山市、白城市、松原市和乾安县 12 个地区不同豚草种群的瘦果进行扫描电镜观察、描述和拍照, 分析豚草瘦果表型性状与地理-气候因子的相关性, 并对瘦果形态及微结构特征进行聚类分析。【结果】豚草果皮纹饰有条状纹饰、网状纹饰和穴状纹饰; 瘦果的喙长度随年均降水量增加而增加、随纬度升高而减少; 果形系数随经度升高及年均降水量的增加而增加。根据形态和微结构性状聚类分析结果, 将豚草瘦果分为 3 类(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)。其中, Ⅰ类瘦果果皮纹饰网状、中果形、短喙类, 种源主要来自蛟河市、通化市、公主岭市、松原市和乾安县; Ⅱ类瘦果果皮纹饰条状、小果形、中长喙类, 种源主要来自吉林市磨盘山、吉林市龙潭山、桦甸市、长春市和四平市; Ⅲ类瘦果果皮纹饰穴状、大果形、长喙类, 种源主要来自白山市和白城市。【结论】吉林省豚草瘦果形态及微结构存在差异, 低纬度、高降水量有利于豚草瘦果生长发育。

关键词: 豚草; 瘦果; 微结构; 扫描电镜; 吉林省



开放科学标识码
(OSID 码)

Characteristics of achene morphology and microstructure of *Ambrosia artemisiifolia* in Jilin Province

WANG Yuying¹, YU Zhongliang², WU Shenghai¹, LAN Xuehan³, YANG Chunbo¹, DU Fengguo^{1*}

¹ College of Forestry, Beihua University, Jilin, Jilin 132013, China; ² Jilin Provincial Academy of Forestry Sciences, Changchun, Jilin 130000, China; ³ Jixian County Forestry and Grassland Bureau, Shuangyashan, Heilongjiang 155900, China

Abstract: 【Aim】To investigate the achene morphology and microstructural characteristics of *Ambrosia artemisiifolia* in various regions of Jilin Province, with the aim of providing an identification basis for its prevention and control. 【Method】In this study, achenes from different populations of *A. artemisiifolia* were collected from 12 regions of Mopan Mountain and Longtan Mountain in Jilin City, Huadian City, Jiaohe City, Changchun City, Siping City, Gongzhuling City, Tonghua City, Baishan City, Baicheng City, Songyuan City, and Qian'an County for scanning electron microscopic observation, description, and photography. The correlation between the achene phenotype and geo-climatic factors was analyzed, and the phenotypic characteristics of achenes were examined using cluster analysis. 【Result】*A. artemisiifolia* achene epidermis sculpture was striped-, reticular- and cave-shaped. The beak length of achenes increased with annually increasing precipitation and decreased with increasing latitude, while the achene shape coefficient increased with increasing longitude and annual precipitation. *A. artemisiifolia* was divided into three groups based on the results of cluster analysis of morphological and microstructural characteristics. The first group, which included specimens collected from Jiaohe City, Tonghua City, Gongzhuling City, Songyuan City, and Qian'an County, was reticular, mesocorpherical, and short-beaked. The second group, which included specimens collected from Mopan Mountain in Jilin City, Longtan Mountain in Jilin City, Huadian City, Changchun City, and Siping City, was characterized by its strip-shaped, small-shaped, and medium-long proboscis. The third group of sculptures was cave-shaped, large-shaped, and short-beaked, and included specimens collected from Baishan City and Baicheng City. 【Conclusion】The achene morphology and microstructure of *A. artemisiifolia* differed across Jilin Province, and low latitude and high precipitation are favorable to the growth and development of *A. artemisiifolia* achenes.

Key words: *Ambrosia artemisiifolia*; achene; microstructure; scanning electron microscope; Jilin Province

收稿日期 (Received): 2022-12-28 接受日期 (Accepted): 2023-06-28

基金项目: 吉林省科技发展规划项目(20190301041NY)

作者简介: 王玉莹, 女, 硕士研究生。研究方向: 野生动植物保护与利用。E-mail: 2621687525@qq.com

* 通信作者 (Author for correspondence), 杜凤国, E-mail: dfg4656@beihua.edu.cn

豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. 为菊科豚草属的一年生风媒传粉草本植物(包颖,2018;康芬芬等,2010;李成宏等,2020;吴海荣等,2004)。我国于2003年将豚草列入“中国第一批外来入侵种名单”(国家环保总局,2003),于2022年12月20日将豚草列入《重点管理外来入侵物种名录》。吉林省是豚草的主要入侵区域之一,并且有快速扩散的趋势(杜凤国和兰雪涵,2021)。豚草以种子繁衍后代,其种子产量大,单株种子产量可达到3000~62000粒(邓旭,2010),这也为豚草的繁殖、传播和扩散提供了丰富的来源。豚草入侵后对周围生态环境造成极大影响,导致农作物减产,其花粉可致人过敏、甚至死亡,对人类健康造成不良影响。

外来植物的入侵能力与其性状之间的关系是入侵生态学中的基本问题之一。内部结构和外部特征是植物的最主要性状,目前,植物繁殖性状功能的研究多聚焦于瘦果和种子,两者的变异决定了植物的扩散效率(李耀琪和王志恒,2023),故探讨豚草瘦果的形态及微结构特征对豚草的识别及其防控具有重要意义。近年来,豚草研究主要集中在豚草入侵及扩散特征(董合干等,2017)、生物量特征(王梅芳等,2021)、豚草种子解剖结构(邢艳芳,2012)、繁殖特性(李成宏等,2020)、种实及群落特征(李成宏,2021)、危害与防治(陈红松等,2009)、种子干旱胁迫(袁梦琦等,2021)等方面,而鲜见对豚草瘦果微结构特征的研究。基于此,本研究对吉林省12个地区豚草瘦果进行扫描电镜的观察、描述和拍照,分析豚草瘦果的表型性状与地理环境因子的相关性,并对瘦果形态及微结构特征进行聚类分析,以期对识别和有效防治豚草提供参考。

1 材料和方法

1.1 供试材料

基于吉林省豚草分布地调查结果,采集12个不同豚草种群的瘦果作为供试材料:吉林市磨盘山(126°22'34"E, 43°44'27"N,海拔230 m,年平均温度4.5℃,年平均降水量668.1 mm,无霜期130 d)、吉林市龙潭山(126°36'09"E,43°52'28"N,海拔210 m,年平均温度3.9℃,年平均降水量700.0 mm,无霜期130 d)、桦甸市(126°44'49"E,42°58'22"N,海拔264 m,年平均温度3.9℃,年平均降水量748.0 mm,无霜期126 d)、蛟河市(127°18'27"E,43°43'42"N,海拔296 m,年平均温度4.0℃,年平均降水

量710.0 mm,无霜期125 d)、长春市(125°31'03"E, 43°43'43"N,海拔272 m,年平均温度4.8℃,年平均降水量700.0 mm,无霜期145 d)、四平市(124°25'56"E,43°08'08"N,海拔212 m,年平均温度7.0℃,年平均降水量572.0 mm,无霜期142 d)、公主岭市(124°48'07"E,43°28'38"N,海拔243 m,年平均温度5.5℃,年平均降水量594.8 mm,无霜期144 d)、通化市(125°58'53"E,41°45'27"N,海拔405 m,年平均温度6.9℃,年平均降水量842.0 mm,无霜期136 d)、白山市(126°27'23"E,41°57'24"N,海拔500 m,年平均温度3.7℃,年平均降水量776.4 mm,无霜期130 d)、白城市(123°01'49"E,44°58'52"N,海拔150 m,年平均温度6.6℃,年平均降水量332.4 mm,无霜期162 d)、松原市(124°50'18"E,45°05'30"N,海拔138 m,年平均温度4.6℃,年平均降水量420.6 mm,无霜期145 d)和乾安县(124°01'52"E,44°59'57"N,海拔149 m,年平均温度5.6℃,年平均降水量420.0 mm,无霜期146 d)。

1.2 研究方法

选取外形完整、颗粒饱满、自然干燥的豚草瘦果,用小刀将瘦果外包被木质总苞切开,取出豚草种子,将瘦果作为观察材料。徒手将豚草瘦果横切,将待观察的瘦果用双面胶按背面(向上)、横切面(向上)的方式粘贴于样品台上。将样品置于溅射仪(Hita-chiE-1010,日本)进行真空镀金20 min,镀金后对样品进行观察和拍照。通过超景深三维显微镜(VHX-2000,日本)测量豚草瘦果的横径、纵径、喙(中刺)长度、边刺长度和果皮横向厚度。计算果形系数和果皮横向厚度,其中,果形系数=瘦果纵径/瘦果横径;果皮横向厚度=(瘦果横径-种子宽度)/2。

1.3 数据统计分析

采用WPS Excel对豚草的表型性状数据进行整理。采用SPSS 20对豚草瘦果相关指标进行统计分析,采用系统聚类法计算欧氏距离进行聚类分析,并构建树状聚类图(许佳丹等,2019);通过非相似性度量(Euclidean距离)方法量化豚草瘦果表型性状与地理-气候因子间的关系来进行相关性分析($P<0.05$ 为显著相关),并计算豚草瘦果表型性状与地理-气候因子的相关系数。

2 结果与分析

2.1 豚草瘦果形态及微结构特征

吉林省各地区瘦果的表面粗糙、呈倒卵形,顶端

具喙,周围有数个尖锐突起。喙呈圆锥状,顶端窄,形态及纹饰特征等个性化特点见表 1、图 1~5。基部宽。瘦果形态特征、表面纹饰及附属物特征、喙

表 1 吉林省不同地区豚草瘦果形态特征、瘦果表面纹饰及附属物特征和喙形态及纹饰特征
Table 1 Morphological characteristics of *A. artemisiifolia* achene, characteristics of achene surface sculpture and appendages, and characteristics of beak morphology and sculpture in different regions of Jilin Province

地区 Region	瘦果形态特征 Morphological characteristics of achenes	瘦果表面纹饰及附属物特征 Characteristics of achenes surface sculptures and appendages	喙形态及纹饰特征 Beak morphology and sculpture characteristics
吉林市磨盘山 Mopan Mountain in Jilin City	瘦果上端表面有大量毛,有大量绒毛附着在表面	瘦果表面纹饰类型为条状纹饰,条壁较宽厚,表面光滑,起伏较小,凹陷较浅;表面具毛,扁柱状,表面有连续条状凸起	喙顶端封闭,喙生长少量绒毛;喙表面纹饰呈山脊状不规则突起,有少量裂缝,大小深浅不同
吉林市龙潭山 Longtan Mountain in Jilin City	瘦果上半部表面有少量毛,有大量类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为条状纹饰,条壁较厚,表面粗糙,起伏明显,凹陷深;表面具毛,毛呈柱状,表面具有间断条状凸起	喙顶端凹缺并伴有大量绒毛生长在上方,喙周围生长少量绒毛,有大量类球状物附着在表面;喙表面纹饰呈不规则隆起和凹陷,凹陷深浅不同,相互交错,具有大小深度不同的孔隙
桦甸市 Huadian City	瘦果突起上有零星毛,瘦果表面粗糙,有大量类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为条状纹饰,表面粗糙,条壁山脊状隆起,凹凸不平,粗细不均,隙宽窄不同,无定形;表面无毛,有表面具刺的花粉附着在表面	喙顶端凹缺,生长较多球状物;喙表面纹饰呈条状不规则隆起和凹陷,凸凹不平,凹陷深浅不同,条隙间有较多不规则球状突起
蛟河市 Jiaohe City	瘦果每个突起下延成 1 个纵棱,在喙和突起的根部区域有毛分布,有大量类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为网状纹饰,网壁粗细不均,表面粗糙,凸凹不平,网眼大,凹陷深浅不同;表面具毛,毛呈扁柱状,不规则扭曲,表面有间断条状凸起	喙顶端封闭,喙基部有少量绒毛,有大量类球状物附着在基部表面成辐射状;喙表面粗糙,纹饰呈不规则突起和凹陷,凸凹不平,表面有细小孔隙,大小深浅不同
长春市 Changchun City	瘦果上端表面有较多毛	瘦果表面纹饰类型为条状纹饰,表面粗糙,条壁山脊状隆起,凹凸不平,粗细不均,隙宽窄不同;无定形,表面有细小孔隙;表面具毛,毛呈扁柱状,不规则扭曲,表面有间断条状凸起	喙顶端封闭,喙有较多绒毛,顶端密集,有少量类球状物附着在表面;喙表面纹饰呈条状不规则隆起和凹陷,起伏高低、凹陷深浅不同,各条壁间偶有相连,个别略有孔隙
四平市 Siping City	瘦果上半部表面有较多毛,瘦果下部表面光滑,有少量类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为条状纹饰,条壁宽窄不同,隙浅且宽,隙间有许多大小不同的类球状凸起,有短横向条壁与纵向条壁构成的凹凸不平的平面;表面具毛,毛呈柱状,表面具有间断条状凸起	喙顶端凹缺,表面具绒毛,喙周围有少量绒毛,有较多大小不同的类球状物附着在表面;喙表面具有条状纹饰,条壁窄,呈山脊状隆起,隙深浅不一
公主岭市 Gongzhuling City	瘦果喙和突起的区域有较粗的密集毛分布,瘦果中上部表面有较多毛,有较多类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为网状纹饰,网壁粗,表面粗糙,起伏较大;网眼大,凹陷深;表面具毛,毛呈柱状,表面具有间断条状凸起	喙顶端凹缺,喙周围有大量绒毛,有少量偏大的类球状物附着在表面;喙表面纹饰呈条状,条壁隆起不同,隙深,宽窄不同
通化市 Tonghua City	瘦果每个突起下延成 1 个纵棱,各个纵棱之间有山脊状突起的棱结成网;瘦果表面有大量毛	瘦果表面纹饰类型为网状纹饰,网壁粗细不均,表面粗糙,凸凹不平,网眼大,凹陷深浅不一;表面具毛,毛呈扁柱状,表面具有连续斜条状凸起	喙顶端封闭,喙基部有大量绒毛,有大量类球状物附着在基部表面并呈辐射状;喙表面纹饰呈条状不规则隆起和凹陷,表面有缝隙,大小深浅不同
白山市 Baishan City	瘦果每个突起下延成 1 个纵棱;瘦果被有少量毛,有少量类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为穴状纹饰,壁粗细不均,表面粗糙,凸凹不平,穴大小、凹陷深浅不同;表面具毛,毛呈扁柱状、不规则扭曲,表面具有连续斜条状凸起	喙顶端凹缺,喙表面有零星绒毛,有大量大小不同的类球状物附着在表面;喙表面纹饰呈条状,条壁呈山脊状隆起,隙宽,深浅不同;有类球状物聚集一起且有孔隙
白城市 Baicheng City	瘦果表面有较多毛,较多类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为穴状纹饰,由不规则分布的小穴组成,穴较小,壁较厚;表面具毛,毛呈扁柱状扭曲,扭曲成多个孔,表面具有不规则隆起或凹陷	喙顶端凹缺,喙表面有零星绒毛,有大量大小不一的类球状物附着在表面;喙表面纹饰呈条状,条壁呈山脊状隆起,起伏,隙宽窄、深浅不同
松原市 Songyuan City	瘦果突起小,上部有少量毛,有大量小类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为网状纹饰,网壁粗细不均,表面粗糙,凸凹不平;网眼大不同,凹陷深浅不同;表面具毛,毛呈扁柱状、不规则扭曲,表面具有间断条状凸起	喙呈长圆锥状,顶端窄,基部宽,顶端封闭,喙表面有零星绒毛,有大量大小不同的类球状物附着在表面;喙表面纹饰呈不规则片状凸起,表面有大小,深浅不同的缝隙
乾安县 Qian'an County	瘦果上部有少量毛,有大量小类球状物附着在表面	瘦果表面纹饰类型为网状纹饰,网壁粗细不均,表面粗糙,凸凹不同,网眼大,凹陷深浅不同;有毛生长在表面,毛呈扁柱状,表面具有连续条状凸起	喙顶端封闭,喙表面有零星绒毛,有大量大小不同的类球状物附着在表面;喙表面纹饰呈不规则隆起或凹陷,有大小不一的孔隙

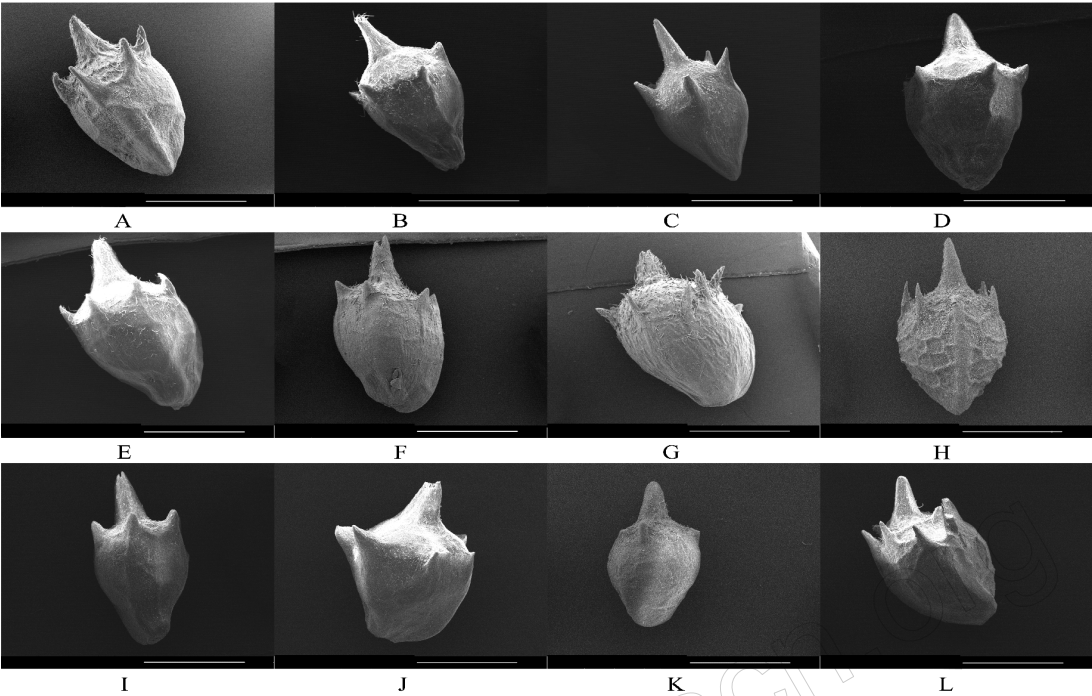


图1 吉林省不同地区豚草瘦果形态扫描电镜照片 (×25)

Fig.1 Scanning electron microscope photos of the morphology of *A. artemisiifolia* achenes in different regions of Jilin Province (×25)
A: 吉林市磨盘山; B: 吉林市龙潭山; C: 桦甸市; D: 蛟河市; E: 长春市; F: 四平市; G: 公主岭市; H: 通化市; I: 白山市; J: 白城市; K: 松原市; L: 乾安县。图中比例尺为 2.0 mm。
A: Mopan Mountain in Jilin City; B: Longtan Mountain in Jilin City; C: Huadian City; D: Jiaohe City; E: Changchun City; F: Siping City; G: Gongzhuling City; H: Tonghua City; I: Baishan City; J: Baicheng City; K: Songyuan City; L: Qian'an County. The scale is 2.0 mm.

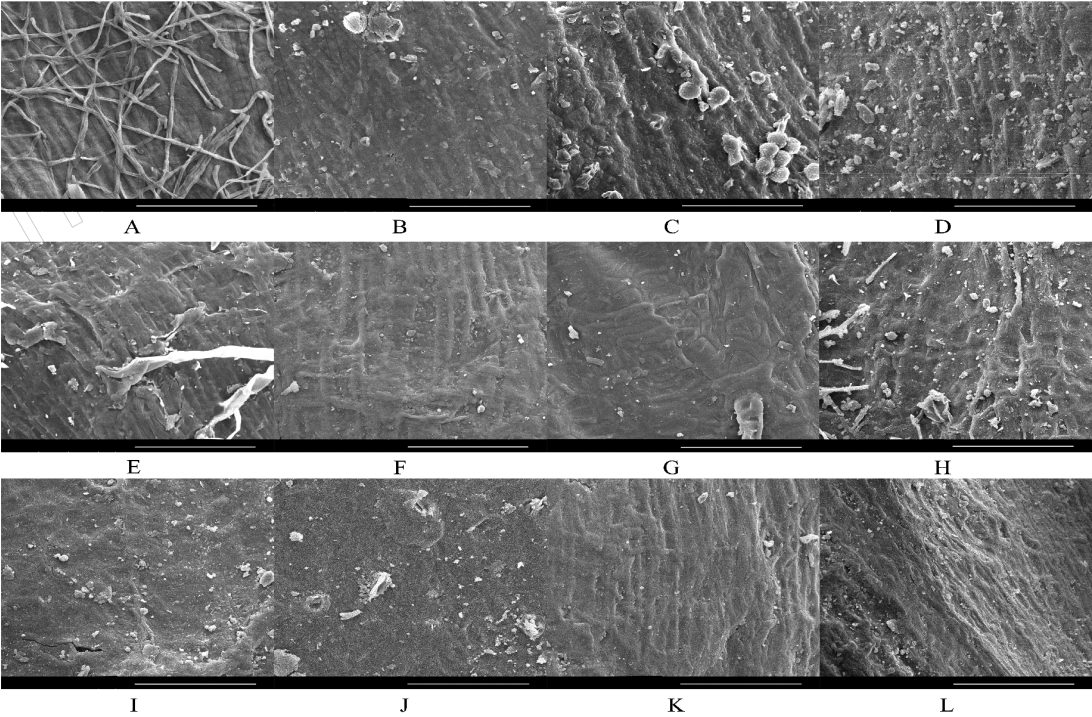


图2 吉林省不同地区豚草瘦果表皮纹饰特征扫描电镜照片 (×600)

Fig.2 Scanning electron microscope photos of the epidermal decoration characteristics of *A. artemisiifolia* achenes in different regions of Jilin Province (×600)
A: 吉林市磨盘山; B: 吉林市龙潭山; C: 桦甸市; D: 蛟河市; E: 长春市; F: 四平市; G: 公主岭市; H: 通化市; I: 白山市; J: 白城市; K: 松原市; L: 乾安县。图中比例尺为 100.0 μm。
A: Mopan Mountain in Jilin City; B: Longtan Mountain in Jilin City; C: Huadian City; D: Jiaohe City; E: Changchun City; F: Siping City; G: Gongzhuling City; H: Tonghua City; I: Baishan City; J: Baicheng City; K: Songyuan City; L: Qian'an County. The scale is 100.0 μm.

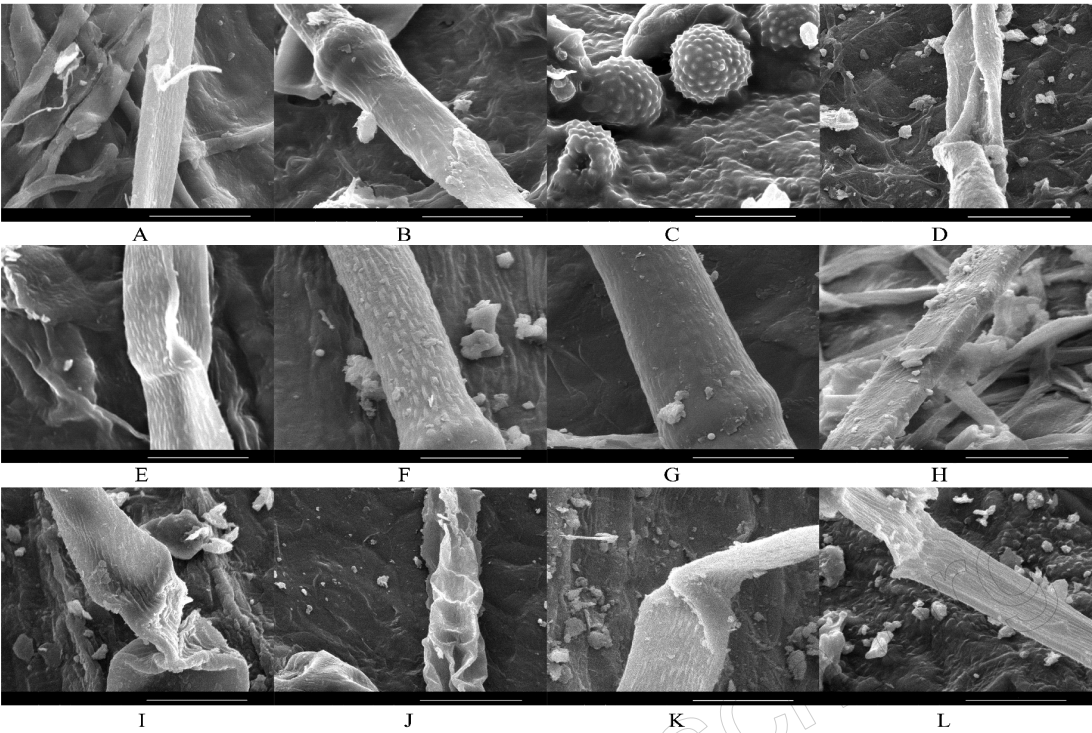


图 3 吉林省不同地区豚草瘦果中部表面附属物扫描电镜照片 (×5000)

Fig.3 Scanning electron microscope photos of the surface appendages of the middle part of *A. artemisiifolia* achenes in different regions of Jilin Province (×5000)

A: 吉林市磨盘山; B: 吉林市龙潭山; C: 桦甸市; D: 蛟河市; E: 长春市; F: 四平市; G: 公主岭市; H: 通化市; I: 白山市; J: 白城市; K: 松原市; L: 乾安县。图中比例尺为 20.0 μm。
A: Mopan Mountain in Jilin City; B: Longtan Mountain in Jilin City; C: Huadian City; D: Jiaohe City; E: Changchun City; F: Siping City; G: Gongzhuling City; H: Tonghua City; I: Baishan City; J: Baicheng City; K: Songyuan City; L: Qian'an County. The scale is 20.0 μm.

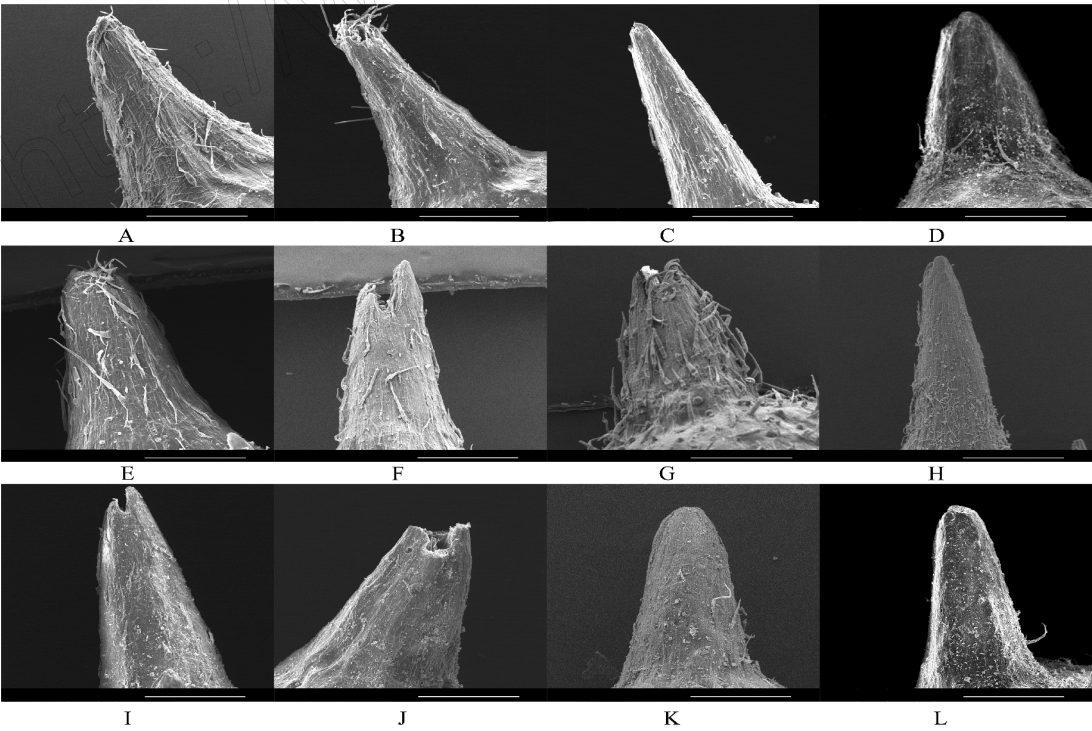


图 4 吉林省不同地区豚草喙电镜扫描照片 (×100)

Fig.4 Scanning electron microscope photos of *A. artemisiifolia* beaks in different regions (×100)

A: 吉林市磨盘山; B: 吉林市龙潭山; C: 桦甸市; D: 蛟河市; E: 长春市; F: 四平市; G: 公主岭市; H: 通化市; I: 白山市; J: 白城市; K: 松原市; L: 乾安县。图中比例尺为 500.0 μm。
A: Mopan Mountain in Jilin City; B: Longtan Mountain in Jilin City; C: Huadian City; D: Jiaohe City; E: Changchun City; F: Siping City; G: Gongzhuling City; H: Tonghua City; I: Baishan City; J: Baicheng City; K: Songyuan City; L: Qian'an County. The scale is 500.0 μm.

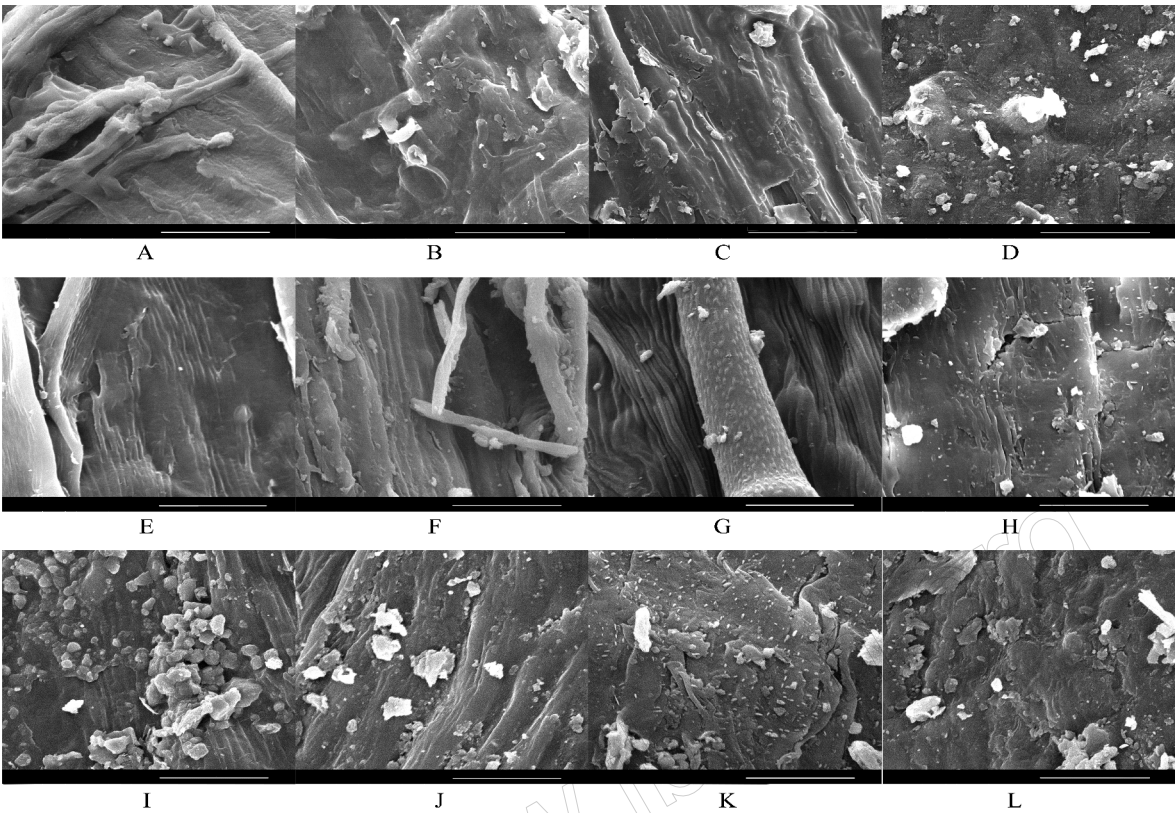


图 5 吉林省不同地区豚草瘦果喙表皮纹饰特征扫描电镜照片 (×2500)
Fig.5 Scanning electron microscope photos of the epidermal decoration characteristics of *A. artemisiifolia* achene beak in different regions of Jilin Province (×2500)

A: 吉林市磨盘山; B: 吉林市龙潭山; C: 桦甸市; D: 蛟河市; E: 长春市; F: 四平市; G: 公主岭市; H: 通化市; I: 白山市; J: 白城市; K: 松原市; L: 乾安县。图中比例尺为 20.0 μm。
A: Mopan Mountain in Jilin City; B: Longtan Mountain in Jilin City; C: Huadian City; D: Jiaohe City; E: Changchun City; F: Siping City; G: Gongzhuling City; H: Tonghua City; I: Baishan City; J: Baicheng City; K: Songyuan City; L: Qian'an County. The scale is 20.0 μm.

2.2 豚草瘦果表型性状与地理-气候因子的相关性分析

由表 2 可知,豚草瘦果的喙长度与纬度呈显著负相关,相关系数为-0.598,与年均降水量呈显著

正相关,相关系数为 0.595;豚草瘦果的果形系数与经度、年均降水量呈显著正相关,相关系数分别为 0.619和 0.592,与纬度和无霜期呈显著负相关,相关系数分别为-0.590 和-0.691。

表 2 吉林省不同地区豚草瘦果表型性状与地理-气候因子的相关系数
Table 2 Correlation coefficient between phenotypic traits of *A. artemisiifolia* achenes and geographical-climate factors in different regions of Jilin Province

表型性状 Phenotypic trait	与地理-气候因子的相关系数 Correlation coefficient with geographic-climatic factors					
	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude	年均气温 Annual mean Temperature	年均降水量 Annual mean Precipitation	无霜期 Frostless Period
瘦果横径 Achene transverse diameter	-0.447	0.176	-0.151	0.476	-0.245	0.537
瘦果纵径 Vertical diameter of achene	0.045	-0.385	0.352	0.171	0.308	0.012
喙长度 Beak length	0.396	-0.598 *	0.492	-0.103	0.595 *	-0.443
边刺长度 Edge thorn length	0.430	-0.319	0.196	-0.190	0.444	-0.461
果形系数 Achene shape coefficient	0.619 *	-0.590 *	0.545	-0.499	0.592 *	-0.691 *
果皮横向厚度 Transverse thickness of pericarp	-0.294	0.468	-0.486	0.173	-0.342	0.425

* 表示 2 个对应指标间显著相关 (P<0.05)。
* represents significant correlation between the two corresponding indexes (P<0.05).

2.4 豚草瘦果聚类分析

从图 6 可以看出,在欧式距离为 10 时,12 个地区的瘦果可分为 3 类:第Ⅰ类为果皮纹饰网状、中果形、短喙类,包括蛟河市、通化市、公主岭市、松原市和乾安县种源;第Ⅱ类为果皮纹饰条状、小果形、中长喙类,包括吉林市磨盘山、桦甸市、吉林市龙潭

山、长春市和四平市种源;第Ⅲ类为果皮纹饰穴状、大果形、长喙类,包括白山市和白城市种源。

3 类瘦果的形态性状如表 3 所示,豚草的果形系数和果皮横向厚度表现为Ⅲ>Ⅰ>Ⅱ,瘦果纵径、瘦果横径和喙长度表现为Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ,3 类豚草瘦果性状存在差异。

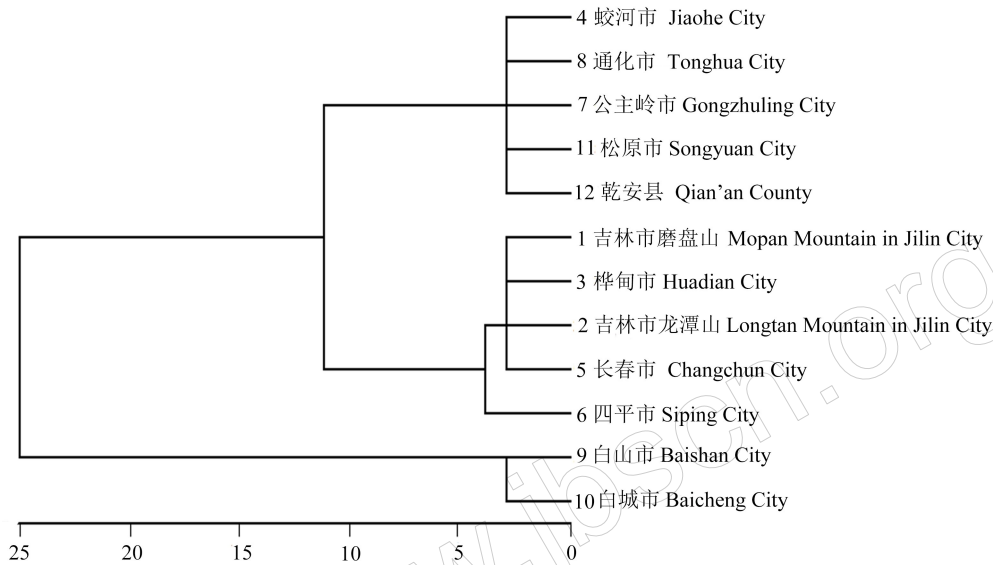


图 6 吉林省不同地区豚草瘦果聚类分析树状图
Fig.6 Cluster analysis of *A. artemisiifolia* achenes in different regions of Jilin Province using dendrogram analysis

表 3 不同类别豚草瘦果聚类分析结果
Table 3 Cluster analysis results of *A. artemisiifolia* achene category

类别 category	瘦果纵径 Vertical diameter of achene/mm	瘦果横径 Achene transverse diameter/mm	果形系数 Achene shape coefficient	喙长度 Beak length /mm	边刺长度 Edge thorn length/mm	果皮横向厚度 Transverse thickness of pericarp/mm
Ⅰ	3.640±0.128	2.027±0.083	1.807±0.059	0.942±0.070	0.407±0.046	0.075±0.011
Ⅱ	3.706±0.151	2.076±0.102	1.794±0.058	0.980±0.081	0.433±0.046	0.072±0.013
Ⅲ	3.821±0.172	2.085±0.008	1.845±0.076	1.015±0.066	0.418±0.035	0.089±0.004

3 结论与讨论

3.1 豚草瘦果的形态特征、瘦果表面纹饰及附属物特征、喙形态及纹饰特征

豚草瘦果形状均为倒卵形,可细分为窄倒卵形和宽倒卵形。豚草瘦果表面纹饰分为条状纹饰、网状纹饰和穴状纹饰。豚草瘦果中部被毛或无毛,毛分为圆柱状毛和扁柱状毛。豚草瘦果顶端都具有锥状喙,喙顶端封闭或具有凹缺。豚草瘦果边刺可分为较长边刺和较短边刺。豚草瘦果喙表面微结构分为 2 种:一种具有明显的条状纹饰,另一种表面呈不规则隆起或凹陷。

从豚草瘦果形态特征中可以观察到,通化市豚草瘦果的表型性状较为特殊,这可能与通化市在 12 个地区中纬度最低,年均降水量最大有关。吉林省

12 个地区豚草瘦果形态和微结构存在差异,这与李成宏(2021)得出的吉林省豚草种实表型性状变异较为丰富的结论一致。不同地区复杂的生境条件可能是造成豚草不同种群间瘦果表型性状和微结构差异较大的原因。

3.2 豚草瘦果性状与地理-气候因子的相关性

瘦果的喙长度随着年均降水量的增加而增加,随着纬度的升高而减少;果形系数随着经度的升高和年均降水量的增加而增加,说明豚草喜在雨水丰富的地区生长。果形系数随着纬度的升高和无霜期的延长而减小,该结论与于忠亮等(2020)对吉林东部不同野生居群兴安杜鹃 *Rhododendron dauricum* L.种实表型性状变异研究中得出的多数种实表型性状与纬度呈负相关的结果相似。吉林省豚草瘦

果表型性状与海拔相关性不显著,可能由于采集豚草瘦果地区的海拔均低于 500 m,海拔高度相差较小;而吉林省豚草瘦果表型性状与年均气温相关性不显著,可能由于吉林省季节性温差较大,冬季较冷,导致平均温度较低。

3.3 豚草瘦果性状的变异

本研究表明,3 类豚草瘦果形态和微结构性状聚类分析结果与瘦果表皮纹饰类型相吻合,低纬度、高降水量有利于豚草瘦果生长发育。同一物种不同产地形态上的差异是遗传型和环境因子共同作用的结果,而且差异越大,可能存在的遗传变异也越大(岳华峰等,2010)。不同地区间豚草瘦果形态和微结构有明显差异说明豚草种群对环境的适应能力强。对于豚草的防治,可以针对不同类群及生境关系有针对性地制定防控策略。

豚草的结实量大、种子繁殖速度快、抗旱和适应环境能力强,加之豚草果皮具有刺(喙),很容易附着在人类和动物体上。随着旅游业发展,人员流动频繁,加快了豚草的传播速度。豚草多分布于铁路沿线城市并向外扩散,给豚草防控带来了困难。因此,通过研究和普及豚草瘦果形态、结构特征的知识,可以提高普通大众、生物安全工作人员、海关检疫人员等对豚草瘦果的鉴别能力,从源头传播上进行控制,为更好地阻止豚草的传播提供依据。豚草为一年生植物、当年植株枯死,但其瘦果会留在土壤里、笠年会继续萌发,此外,豚草与蒿属一些植物从叶片上很难区别,但容易从瘦果形态进行识别。因此,通过早期植株脱落和宿存瘦果快速、准确识别豚草,预估豚草笠年发生的可能性,并在豚草结实前根除豚草,可为有效防控豚草提供参考。

参考文献

包颖, 2018. 外来入侵物种豚草研究进展. 吉林林业科技, 47(2): 37-39, 42.
陈红松, 周忠实, 郭建英, 王沫, 彭兆普, 2009. 豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. 种群控制研究概况. 植物保护, 35(2): 20-24.

杜凤国, 兰雪涵, 2021. 吉林省外来入侵植物豚草潜在适生区预测. 北华大学学报(自然科学版), 22(4): 432-436.
邓旭, 2010. 外来物种豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. 入侵生态学. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学.
董合干, 周明冬, 刘忠权, 郝晓云, 刘延, 艾尼瓦尔·阿不都瓦依提, 刘彤, 2017. 豚草和三裂叶豚草在新疆伊犁河谷的入侵及扩散特征. 干旱区资源与环境, 31(11): 175-180.
国家环保总局, 2003. 关于发布中国第一批外来入侵物种名单的通知. 中华人民共和国国务院公报 (23): 41-46.
康芬芬, 魏亚东, 杨菲, 张瑞峰, 程瑜, 刘勇, 印丽萍, 2010. 不同处理对豚草种子休眠与萌发的影响. 植物检疫, 24(6): 14-16.
李成宏, 2021. 吉林省豚草种实性状及群落特征的研究. 硕士学位论文. 吉林: 北华大学
李成宏, 于忠亮, 苑景淇, 王梅芳, 周梅妹, 兰雪涵, 付聪, 杜凤国, 2020. 外来入侵植物豚草在吉林市路边生境下繁殖特性调查. 植物检疫, 34(4): 12-16.
李耀琪, 王志恒, 2023. 植物功能生物地理学的研究进展与展望. 植物生态学报, 47(2): 145-169.
邢艳芳, 2012. 豚草和三裂叶豚草在吉林省内的分布及解剖结构研究. 硕士学位论文. 长春: 东北师范大学.
吴海荣, 强胜, 段惠, 林金成, 2004. 豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. 杂草科学 (2): 52-54.
王梅芳, 兰雪涵, 李黎明, 刘羿辰, 周梅妹, 李成宏, 付聪, 袁梦琦, 檀婷婷, 杜凤国, 2021. 外来入侵植物豚草构件生物量特征. 植物检疫, 35(3): 24-28.
许佳丹, 王书平, 蒋费涛, 朱雅君, 叶军, 李飞, 2019. 我国口岸瓜实蝇监测样本的 SSR 分子标记分析. 生物安全学报, 28(4): 259-268.
于忠亮, 苑景淇, 李成宏, 周梅妹, 王梅芳, 杜凤国, 2020. 吉林东部不同野生居群兴安杜鹃种实表型性状变异研究. 植物资源与环境学报, 29(3): 26-33.
袁梦琦, 王梅芳, 李黎明, 檀婷婷, 兰雪涵, 杜凤国, 2021. 干旱胁迫对豚草种子萌发及幼根生长的影响. 植物检疫, 35(6): 27-32.
岳华峰, 邵文豪, 井振华, 卢萍, 黄琳, 姜景民, 2010. 苦楮种子形态性状的地理变异分析. 林业科学研究, 23(3): 453-456.

(责任编辑:郑姗姗)