

## 邱式邦院士在恶性入侵杂草豚草治理上的学术贡献

豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. 起源于北美洲，属于菊科、向日葵族、豚草亚族，为一年生的入侵性草本植物，靠种子繁殖和传播，在入侵地可严重危害人类健康、破坏农牧业生产、降低植被多样性。据统计，豚草对我国农林渔业每年造成的直接经济损失可达 10 多亿元；豚草花粉过敏的患者占我国豚草发生区总人口数的 2%~3%，每年引起的医疗费可达 14.5 亿元。豚草已遍布欧洲、亚洲、北美、非洲、中南美洲和大洋洲等许多国家和地区。在我国，至 2016 年底，豚草已遍布 21 个省市自治区 1167 个县。豚草为先锋植物，入侵、定殖和抗逆能力强，通常沿纬度梯度、排灌水渠、河流、公路及铁路蔓延与扩散。多数情况下，需要有 2 个月左右气温低于 6℃，才能满足豚草种子休眠解除的条件，但部分种子不用休眠亦能正常萌发。豚草茎、节、枝和根在适宜的条件下均可长出不定根，扦插压条后能形成新的植株，铲除、切割后剩下的地上残条部分亦可迅速地重发新枝。在入侵地，豚草根部分能与根际丛枝菌根真菌 (AMF) 形成共生体，改善土壤微生物功能，导致其根际周边土壤有效养分 (铵态氮、有效磷、有效钾等) 含量和土壤酶 (尿酶、磷酸酶、蔗糖酶等) 活性显著提高，促进植株快速生长，因此很容易形成优势群落。此外，豚草具有强大的繁殖力，其种子量一般为 3000~6000 粒/株，最高则可达 3 万粒/株，且种子有二次休眠特性，土中库存的种子存活年限可长达 30~40 年。由于豚草上述生物学特性，化学防治、人工拔除和割除等措施很难取得较为理想的防控效果，因此国际上许多学者认为利用天敌治理豚草是一条最为有效的途径。

### 1 邱式邦院士对我国豚草早期治理研究的贡献

20 世纪 80 年代开始，我国各级政府对豚草的防除极度关心，不少地区 (如北京、铁岭、岳阳) 把豚草防除当作一场人民战争，在每年开花前发动和组织群众进行人工拔除、割除或化学防除。此时，邱式邦院士开始了豚草的生物学特性及其生物防治研究工作，开辟入侵杂草的另一条有效治理途径。

#### 1.1 豚草生物和生态学特性及其发生规律研究

了解一种杂草的生物学和生态学特性及其发生规律是对其科学有效防控的前提。在邱式邦院士的指导下，其弟子万方浩、王韧等对豚草生物学特性与发生规律进行了研究，明确了豚草出苗与温度关系密切，其出苗的气温范围为 7.1℃~21.3℃，出苗盛期 8.6℃~12℃；豚草出苗和出苗盛期的土壤 (5cm) 温度范围分别为 6.1℃~22.3℃和 7.0℃~11.1℃。豚草生育期的活动积温和有效积温分别为 3230.3℃和 2387.9℃，从出苗到开花活动积温为 2089.0℃，从开花到果实完全成熟活动积温为 1141.4℃。豚草从出苗到一对真叶出现需 7~8d，一对真叶到现蕾需 95~110d，开花到种子成熟需近 60d，因此，其整个生育期为 162~178d。邱式邦院士带领团队及其弟子对豚草各器官的生长动态

进行了观察,发现豚草主根生长最快时期为6月3—21日,主茎为6月21日—7月9日,分枝为7月9—28日,主茎叶为6月3—21日,侧枝叶为7月9—28日;干物质积累最快时期:根为6月21日—7月9日,主茎和侧枝为7月9—28日,主茎叶为6月3—21日,侧枝叶为7月9—28日;根据营养生长动态的研究结果,建议豚草的防治应尽量在7月之前进行。此外,通过研究剪叶机械损失处理对豚草生长和繁殖的影响,明确了在营养生长时剪叶处理对株高影响较小,但对种子量影响较大,剪叶时间越早,对种子量影响越大。这一结果说明,如果释放天敌防治豚草,释放的时间越早,对其控制效果应该越好。上述研究,不仅明确了豚草种子萌发、出苗与气温及低温之间的关系、各生长期的有效积温和活动积温,且掌握了各生长阶段发生的具体日期、历时及整个生育期的历期,为确定豚草最佳防治时间提供了科学依据。

### 1.2 豚草的生物防治与综合治理

根据多年在生物防治领域的研究经验,邱式邦院士认为从国外寻找或引进专一性的天敌来控制豚草是一条可行的途径。因此,他带领其弟子先后从加拿大、前苏联及澳大利亚引进了豚草条纹叶甲 *Zygogramma suturalis* (Fabricius)、豚草卷蛾 *Epiblema strenuana* Walker、豚草蓟马 *Liothrips* sp.、豚草实蝇 *Euaresta bella* (Loew) 及豚草夜蛾 *Tarachidia candefacta* (Hübner) 等5种具有应用前景的食植性昆虫,并对它们进行了安全性与控害潜力评价,明确了豚草条纹叶甲和豚草卷蛾是两种具有应用潜力的天敌。为了明确豚草条纹叶甲和豚草卷蛾的安全性,邱式邦院士及其弟子通过选择性、非选择性测定评价了豚草条纹叶甲和豚草卷蛾分别对22科67种和10科32种植物的安全性,发现豚草条纹叶甲和豚草卷蛾除豚草外均不取食其他寄主植物,两种天敌昆虫具有严格的寄主专一性,可作为豚草的天敌加以应用。

随后,邱式邦院士及其弟子对豚草条纹叶甲生物学和生态学特性及其控害效果进行了研究,发现豚草条纹叶甲在北京和丹东地区每年发生3代,以成虫入土越冬;在湖南湘北、湘中地区一年仅发生2代,在高温季节,成虫有夏蛰现象,不产卵;成虫繁殖能力强,每雌一生可产394.5粒卵,成虫在低温下较耐储藏,经146d的冷藏,成虫仍有11.9%的存活率,每雌可产68.6粒卵,这在室内大量繁殖贮藏以供早春助增释放虫源提供了有利保障;通过小区试验结果表明,在豚草4片叶期,释放2头1龄豚草条纹叶甲幼虫就能抑制豚草的生长发育并将其毁灭,说明该叶甲对豚草具有很好的控制效果。1989—1991年,将室内饲养获得的3万余头豚草条纹叶甲成虫在沈阳、铁岭、丹东、南京、长沙、临湘、北京等地区进行释放,初期在丹东、南京、长沙、北京建立少量种群,随后种群逐步消失,不能达到控制作用。同时,邱式邦院士及其弟子也研究了豚草卷蛾的生物学和生态学特性及其控害效果,发现在北京地区豚草卷蛾一年可发生2~3代,丹东地区一年发生2代,在湖南湘中、湘北地区,年发生不完整5代,并以第5代老熟幼虫或蛹在豚草茎秆内越冬;成虫羽化钻出茎秆后在虫瘿处留下完整的蛹壳,成虫繁殖能力强,每雌产卵量为274.5粒(74~768粒);豚草卷蛾主要通过抑制豚草植株生长和生活力来减少花粉和种子量,经研究发现,在辽宁丹东,田间笼罩

种群经 2 代后增加 84 倍；在湖南释放后的田间虫瘿数年平均增长 63 倍，对幼苗期的豚草控制效果较为显著。

根据前期的研究结果，集成了以“替代控制和生物防治”为核心的豚草综合治理技术体系，提出在豚草营养生长的 47~65d 进行人工拔除是最佳时机，而割除则宜在 65d 后；化学防治应注意在营养生长的 29~47d 内进行；释放天敌昆虫应在豚草营养生长的 47d 前形成大量种群，才能有效地控制豚草；替代植物应根据生境特点、替代植物生长特性及应用价值来定，主要选择能形成遮荫层及有强大根系系统的植物。8 年的系统研究，构建的“豚草综合治理技术体系”荣获农业部科学技术进步奖三等奖。

## 2 邱式邦院士对后期豚草生物防治研究的影响

在邱式邦院士前期研究的基础上，其弟子万方浩研究员、徒孙周忠实博士接过豚草生物防治的接力棒，

继续开展研究工作。2001 年，广聚萤叶甲 *Ophraella communa* LeSage 在南京市郊被首次发现，随后广聚萤叶甲作为重点研究对象，对其开展了繁殖生物学、气候适应性、规模化繁殖与应用技术等方面的研究，取得了重大突破，引领着世界豚草生物防治领域的研究。

### 2.1 广聚萤叶甲寄主专一性、繁殖力及气候适应性研究

虽然广聚萤叶甲已经被大多数学者证实了其具有严格的寄主专一性，但也有个别学者认为它对向日葵可能会造成威胁。针对这个问题，对向日葵的安全性重新进行了田间评价，确证了该叶甲对向日葵是安全的，是一种可利用的、对生态安全的专一性天敌，消除了少数学者的疑虑，回答了他们提出的问题。通过生物学特性的研究，发现广聚萤叶甲产卵量最高可达 2720 粒/雌，具有很高的种群繁衍潜力。气候适应性研究结果明确了广聚萤叶甲发育与繁殖的最适宜温度和各虫态发育起点温度，论证了该叶甲在我国具有很好的应用前景，确定了种群发育与繁殖的最适宜湿度条件，确证了潮湿降雨气候条件有利于种群发展，也由此确定了该叶甲规模化饲养的适宜气候环境参数。通过耐寒性研究，发现广聚萤叶甲地理种群和季节种群耐寒性的差异，揭示了该叶甲具备向北迁移控制北方豚草的潜力和人工冷驯化潜力；明确了快速冷驯化可提高种群存活率、延长成虫寿命和增强繁殖力，且成虫冷驯化存在显著的母代效应，能显著提高子代成虫的耐寒能力，这种母代效应使子代个体具有更好的适应能力和繁殖力，进而重新评价了低温对该叶甲种群发生与繁衍的影响。环境胁迫研究结果表明，短时高温（2h）胁迫对其生存与繁殖影响显著，从而确证了夏季中午 2h 高温对该叶甲发育有一定的影响；连续 3~5d 的热浪可导致个体发育加快、种群繁衍力下降，证实了夏季的热浪天气将对该叶甲种群造成较大影响；光周期对个体发育与繁殖影响不大，但光周期和食物互作对其发育与繁殖影响显著；揭示了食物是成虫生殖滞育的主导因素，从而否认了日本学者和国内早期研究认为短于或等于 14h 光照诱导成虫进入生殖滞育的结论。上述研究结果，证实了广聚萤叶甲在我国具有很好的应用前景，并为大规模应用广聚萤叶甲开展豚草的治理奠定了基础。

## 2.2 广聚萤叶甲规模化生产与应用

在明确饲养环境参数的基础上，建立了广聚萤叶甲“冬季保种—室内扩繁—大棚增殖”三步简易规模化生产技术，实现每生产单元（240m<sup>2</sup>）年繁育广聚萤叶甲290万头的生产规模。通过多年的大规模饲养与田间释放，目前，在广西、广东、湖南、湖北、福建、江苏、浙江、江西、安徽等众多南方省（自治区）市，广聚萤叶甲对豚草起到了非常显著的控制效果，在豚草开花结实前将植株100%杀死，有效抑制了其种群的进一步扩散和蔓延。此外，天敌在释放点可安全越冬，并在来年对当地豚草控制效果显著。在这些豚草生物防治区，广聚萤叶甲与豚草建立了长期的低密度制衡关系。

## 3 结语

生物入侵已由一种生态学现象变成为一门新型的交叉学科，纵观入侵生物学以及入侵杂草生物防治的发展历程，所取得的成绩是邱式邦院士及其弟子和众多植物保护科技工作者通过坚持不懈的研究与不断开拓创新获得的。随着经济全球化、国际贸易和国际旅游业等的快速发展，外来有害生物入侵将越来越严重，新的疫情频繁发生，已入侵物种不断扩散蔓延，严重威胁我国的生物安全、生态安全、社会安全和粮食安全。因此，我们应该始终秉承邱式邦院士等老一代科学家身上特有的为国分忧、为民解愁、甘于奉献的崇高精神，努力做好一名防范生物入侵的卫士。同时，将邱式邦院士“广泛地学习，详尽地询问，谨慎地思考，清楚地辨析，切实地实现。”这一严谨的学习和科学态度贯穿我们科研工作的始终，为我国外来入侵生物的科学管控、保障我国农业生产安全和社会安全做出自己的一份贡献。

（中国农科院植保所周忠实，王韧，万方浩撰稿，转载自《中国生物防治学报》，2021年第4期）