

西藏青稞蚜虫天敌资源及其生物防治策略研究分析

崔洁^{1,2}, 孙兆旭³, 郭鑫楠³, 王文峰²

(1.西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850032; 2.西藏自治区农牧科学院, 西藏 拉萨 850032; 3.西藏农牧大学 植物科学学院, 西藏 林芝 860000)

摘要:青稞是西藏人民的基础粮食作物。开展西藏青稞蚜虫的生物防治,对于保护当地生态环境和保障粮食安全具有重要意义。系统梳理了西藏青稞蚜虫防治策略。西藏青稞田中有瓢虫、食蚜蝇、草蛉、螽等捕食性天敌昆虫,寄生性天敌以寄生蜂为主。在生物防治策略方面,建议采取以下措施:安全开发并选用生物药剂,减少广谱农药施用;协同应用蚜虫报警信息素与天敌引诱机制,形成“推—拉”效应;营造天敌友好型生境,并人工调控天敌种群,以提升农田生态系统的控害能力。为进一步推动西藏青稞蚜虫生物防治技术的应用与发展,建议建立全域天敌资源动态监测系统,加速高原优势天敌选育与人工扩繁技术攻关,深入开展蚜虫与天敌之间的基因分子技术研究,选育抗蚜青稞品种,因地制宜集成技术并开展示范推广,创新培训方式。通过上述综合措施,可有效保障高原农业生态平衡与青稞的粮食安全。

关键词:青稞蚜虫;天敌资源;生物防治;策略分析;西藏

中图分类号:S476.2

文献标识码:A

Research and Analysis on Natural Enemy Resources and Biological Control Strategies of Aphids on Hulless Barley in Xizang

CUI Jie^{1,2}, SUN Zhaoxu³, GUO Xinnan³, WANG Wenfeng²

(1.Institute of Agricultural Sciences, Xizang Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa Xizang 850032, China; 2.Xizang Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa Xizang 850032, China; 3.College of Plant Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Nyingchi Xizang 860000, China)

Abstract: Hulless barley is the staple food crop for people in Xizang. The implementation of biological control against barley aphids is of great significance for protecting the local ecological environment and ensuring food security. This study systematically reviews the natural enemy insect resources and biological control strategies of barley aphids in Xizang. The main predatory natural enemies in Xizang barley fields include ladybird beetles, hoverflies, lacewings and predatory bugs, while parasitoid wasps are the dominant parasitic natural enemies. For biological control strategies, the following measures are recommended: develop and select safe biopesticides to reduce the application of broad-spectrum pesticides; combine aphid alarm pheromones with natural enemy attraction mechanisms to form a push-pull effect; create natural enemy-friendly habitats and artificially regulate natural enemy populations to enhance the pest control capacity of farmland ecosystems. To further promote the application and development of biological control technologies for barley aphids in Xizang, it is suggested to establish a dynamic monitoring system for regional natural enemy resources, accelerate the breeding and artificial mass-rearing of dominant plateau natural enemies, conduct in-depth molecular studies on the interaction between aphids and natural enemies, breed aphid-resistant hulless barley varieties, integrate and demonstrate localized technologies, and innovate training methods. These comprehensive measures can effectively safeguard the agricultural ecological balance of the plateau and the food security of hulless barley production.

Key words: Hulless barley aphids; natural enemy resources; biological control; strategy analysis; Xizang

收稿日期:2025-07-21

基金项目:国家重点研发计划课题——天敌昆虫资源发掘利用与新产品创制(2023YFD1400600);西藏自治区科技计划项目——西藏主要病虫害与资源昆虫野外监测及调查利用研究(XZ202501JD0004)。

作者简介:崔洁(1996—),男,研究实习生,主要从事植物保护领域科研工作,E-mail:1286960863@qq.com。

通信作者:王文峰(1979—),男,研究员,主要从事植物保护领域科研工作,E-mail:wwfhenjie@163.com。

青藏高原是青稞(*Hordeum vulgare* var. *coeleste* Linnaeus)的适生区与主产区,青稞种植面积居全国首位^[1]。青稞不仅是藏族人民的主要食粮,也是制作糌粑、青稞酒等不可或缺的基本原料^[2],在西藏的经济与文化中占据核心地位。然而,西藏青稞在整个生育周期易受多种蚜虫危害,如麦二叉蚜(*Schizaphis graminum* Rondani)、麦无网长管蚜(*Metopolophium dirhodum* Walker)和禾谷缢管蚜(*Rhopalosiphum padi*)等^[3]。蚜虫通过口器刺吸青稞叶与茎部的汁液,不仅直接消耗植株养分,还会阻断营养输导途径,抑制光合产物的合成与分配。在穗期,蚜虫群体转移至穗部取食,干扰籽粒灌浆进程,导致千粒重下降,造成产量显著损失^[3]。此外,蚜虫还可传播黄矮病、白粉病等病毒病,给青稞带来持续性损害^[4]。

虽然施用化学农药可迅速压制虫害,但高剂量施用仅在短期内降低虫口密度;长期过度依赖化学防控,易导致害虫抗药性增强,农药喷洒与残留会污染土壤等周边环境^[5],形成“农药—生物—环境”相互作用的恶性循环,不仅给人类食品安全带来不利影响,也容易误伤自然天敌。西藏作为国家重要的生态文明高地与生态安全屏障,采用化学手段防控青稞蚜虫易引发生态隐患与药物残留问题。相比之下,生物防治技术通过有效利用天敌资源抑制害虫种群,有助于恢复农业生态系统的自然平衡^[6],推动青藏高原农业的可持续发展,是青稞蚜虫防控的关键适用策略。

本文聚焦于西藏青稞蚜虫的天敌资源及生物防治策略,系统梳理可利用天敌资源的现状,深入分析其保护与利用方法,并提出以本土特色为导向、生态保护为核心的综合对策建议,以期对西藏青稞蚜虫的生物防控提供理论支持。

1 主要天敌资源及特性

西藏高原独特的地理环境孕育了特异的天敌资源。青稞田中的蚜虫天敌主要分为捕食性与寄生性两大功能类群:捕食性天敌主要包括瓢虫、食蚜蝇、草蛉、蜻等昆虫,寄生性天敌则以寄生蜂为主。

1.1 捕食性天敌资源

捕食性瓢虫类:西藏青稞田中的捕食性瓢虫种类丰富,主要包括七星瓢虫(*Coccinella septempunctata* L.)、小七星瓢虫(*Coccinella lamg* Kapur)、大斑瓢虫(*Coccinella magnopunctata*

Rybakow)、横斑瓢虫(*Coccinella transversoguttata* Faldermann)、多异瓢虫(*Adonia variegata* Goeze)、二星瓢虫(*Adalia bipunctata* L.)、李斑瓢虫(*Coccinella gemiopunctata* Li)、龙斑巧瓢虫(*Oenopoa dracoguttata* Jin)、红肩瓢虫(*Harmonia dimidiata* Fabricius)、奇斑瓢虫(*Harmonia eucharis* Mulasnt)、六斑异瓢虫(*Aiolocaria hexaspilota* Hope)等^[7]。其中,横斑瓢虫、二星瓢虫、小七星瓢虫和多异瓢虫为西藏优势种。横斑瓢虫对麦长管蚜的捕食效率显著,是雅鲁藏布江流域蚜虫的核心天敌,在西藏各地青稞田中分布广泛,种群数量占比较高^[3]。

西藏本土捕食性瓢虫对高原低温与强辐射环境具有较强适应性,其幼虫与成虫均可捕食蚜虫,且捕食量随虫龄增长而增加^[8]。瓢虫成虫繁殖力强,在自然条件下易形成稳定群落。多异瓢虫、二星瓢虫等与横斑瓢虫共同构成天敌协同控害网络,对控制多种蚜虫及蚧壳虫效果显著。

食蚜蝇类:西藏青稞田中的食蚜蝇种类较为丰富,主要包括斜斑鼓额食蚜蝇(*Scaeva pyrastris* Linnaeus)、淡斑鼓额食蚜蝇(*Scaeva albomaculata* Macquatr)、黄氏鼓额食蚜蝇(*Scaeva hwangi* Ho)、印度细腹食蚜蝇(*Sphaerophoria indiana* Bigor)、筒形细腹食蚜蝇(*Sphaerophoria cylindrica* Say)、长尾食蚜蝇(*Eristalis tenax* Linnaeus)、刻点小食蚜蝇(*Paragus quadrifasciatus* Meigen)、大灰食蚜蝇(*Metasyrphus corollae* Fabricius)、月斑后食蚜蝇(*Metasyrphus latimacula* Peck)、黄带后食蚜蝇(*Metasyrphus flavofasciatus* Ho)、波后食蚜蝇(*Metasyrphus sinuatus* Ho)、条后食蚜蝇(*Metasyrphus taeniatatus* Ho)、黑带食蚜蝇(*Episyrphus balteatus* De Geer)等^[7]。其中,斜斑鼓额食蚜蝇、黑带食蚜蝇和大灰食蚜蝇为西藏优势种,在青稞田中种群数量较多。

西藏食蚜蝇种群具有较强的抗逆性和繁殖力。其幼虫对蚜虫有较强的捕食能力,同时也可捕食介壳虫、粉虱、叶蝉等害虫;成虫喜食花蜜,多栖息于杂草与花丛中。在5—6月青稞生长关键期,食蚜蝇种群数量显著增加,与蚜虫高发期同步,且其发生期常长于蚜虫,能够持续、有效地控制蚜虫种群数量。

草蛉类:西藏草蛉种类主要包括墨脱异草蛉(*Chrysopa medogana* Yang)、紊脉草蛉(*Chrysopa inordinata* Yang)、显脉草蛉(*Chrysopa*

phanera Yang)、角纹三阶草蛉(*Chrysopa elegans* Holzel)、大斑绢草蛉(*Ankylopteryx magnimaculata* Yang)、李氏绢草蛉(*Ankylopteryx lii* Yang)、西藏绢草蛉(*Ankylopteryx Xizangana* Yang)等^[7]。草蛉幼虫(俗称蚜狮)为广谱捕食者,凭借其双刺吸式口器,可高效猎杀蚜虫、粉虱、木虱等害虫的各发育阶段(卵和幼虫),并能突破介壳虫的蜡质防御层。成虫食性分化显著,多数种类转为植食性,依赖花粉与蜜露为生。然而,草蛉属中的部分物种(如大草蛉)仍保留肉食习性,形成“幼虫—成虫”协同控害的独特模式。

捕食性蝽类:西藏捕食性蝽在青稞田中被发现,主要包括蒙新原花蝽(*Anthocoris pilosus* Jakovlev)、斑楔齿爪盲蝽(*Deraeocoris ater* Jakovlev)、黑食蚜盲蝽(*Deraeocoris punctulatus*)及泛希姬蝽(*Himacerus apterus* Fabricius)等。上述种类均可捕食青稞蚜虫。

1.2 寄生性天敌资源

西藏青稞田中优势寄生性天敌为缢管蚜外茧蜂(*Praon rhopalosighum* Takada),而蚜虫宽缘金小蜂(*Pachyneuron aphidis* Bouché)则为缢管蚜外茧蜂的重寄生蜂^[9]。寄生蜂通过精准定位将卵注入蚜虫血腔,幼虫孵化后分泌免疫抑制因子(如丝氨酸蛋白酶抑制剂),阻断蚜虫血细胞的包裹反应,并掠夺其脂肪体资源完成自身发育。该过程导致蚜虫因营养耗竭与发育停滞而死亡,形成“僵蚜”。蚜茧蜂寄生蚜虫不仅可直接降低蚜虫的田间密度,还能使被寄生蚜虫生殖力下降,从而降低种群内禀增长率,最终在几个世代内引发蚜虫种群的系统性崩溃。

2 天敌资源的保护与利用策略

2.1 减少广谱农药施用,安全开发选用药剂

避免化学药剂杀伤天敌昆虫、减少农药污染是生物防治的核心目标。为此,可从以下3个方面着手。

1)严格限制广谱性农药的使用。在西藏青稞种植区推广病虫害防控技术时,应严格限制广谱性农药(如菊酯类)的应用。此类农药不仅因毒性强、残留期长而威胁人类健康,还会破坏农田生态平衡,误伤瓢虫、食蚜蝇等关键天敌昆虫。过度依赖广谱农药将削弱生态系统的自然调控能力,并加剧害虫的抗药性风险。

2)优先选用生物农药与植物源农药。生物农药具有低毒、环境友好、靶向专一、可降解等优

点。开发和应用高效、安全、抗药性低的微生物农药及植物源农药,是防治青稞蚜虫的重要方向。目前,可用于蚜虫防治的病原微生物包括白僵菌、绿僵菌、苏云金杆菌、菊欧文氏杆菌、禾谷缢管蚜病毒等;植物源活性成分如生物碱、萜类、酚类、蛋白质类、有机酸类、黄酮类等,可通过触杀、毒杀、拒食、忌避及吸引天敌等方式,对蚜虫表现出显著的防治效果^[10]。在实际应用中,应优先选用对天敌相对安全的生物农药(如苏云金杆菌、白僵菌)^[11]、植物源药剂(如苦参碱、印楝素)^[12]或低毒农药(如啉虫脒)。

3)实施精准施药管理。基于蚜情精准监测数据,在虫害预警前期或害虫对药剂最为敏感而对天敌影响相对较小的时期,实施精准施药管理。严格执行防治指标,精准控制施药量。特别在瓢虫等主要天敌类种群活动期间,应慎用广谱农药,并减少施药次数与面积,优先采用挑治或重点区域防治策略。

2.2 协同昆虫信息素进行应用防治

该技术利用化学生态学原理,通过干扰靶标害虫的行为机制实现防治目标。

1)利用蚜虫报警信息素(E β F)驱避蚜虫。蚜虫在遭受天敌攻击时会释放蚜虫报警信息素(E β F)以警示同类。接收到信号的蚜虫会停止取食、拔出口针、坠落或逃离。根据此特性,在田间持续释放人工合成的E β F,可模拟持续的“危险信号”,干扰蚜虫的取食、定位与定居行为,迫使其离开作物^[13]。同时,天敌昆虫也能依据该信息素精准定位蚜虫,提高捕食效率。

2)构建“推—拉”系统(Push—Pull)协同控蚜。将E β F与天敌引诱剂结合使用,或结合西藏本土天敌昆虫喜食蜜源植物花粉的特点,合理种植蜜源植物、定期喷洒花粉、使用天敌引诱剂吸引天敌昆虫,形成“推—拉”系统(Push—Pull),实现协同控蚜^[13]。

3)提升生物药剂的防治效果。在使用生物药剂防治蚜虫之前释放E β F,可使蚜虫活动加剧,增加其与药剂的接触面积,从而增强药剂的防治效果。

该技术具有高度靶向性与环境友好性,但目前仍存在成本高、技术性强、见效较慢等不足,且单一应用难以持续压制蚜虫种群。因此,需将其与多种天敌或蚜虫相关调控因素相结合,以增强长效防控能力。

2.3 加强天敌环境吸引与人工生态调控

优化农田生态环境,增强天敌时空维度庇护与营养补给。通过合理耕作与密植、优化作物布局、加强田间管理等措施,让田间环境不适合蚜虫种群生存,再结合人工天敌释放措施,可有效防治蚜虫。

1)营造吸引天敌的生境。西藏大多天敌昆虫在成虫阶段喜食花蜜,通过营造适宜生境可有效增加天敌数量。在青稞田周边或田埂种植蜜源植物(如苜蓿、豆科花卉),并保留田边杂草带,为瓢虫、食蚜蝇、草蛉等天敌成虫提供花蜜、花粉及栖息环境^[14]。

2)优化种植模式与田间结构。在青稞田中实行油菜、十字花科作物与青稞的间作与轮作,丰富天敌的食源链,吸引其提前聚集,构建自然控蚜屏障。此外,合理扩大种植行距,增强田间通风透光性,降低田间湿度,从而抑制蚜虫的繁殖。

3)保护与利用天敌越冬资源。注重保护天敌昆虫越冬场所(如田埂、林地边缘)。春末可采集越冬天敌,人工助迁至蚜虫发生田块;或在田间地头设立天敌越冬保护设施,以提高天敌的基础种群数量。

4)组合利用多种天敌并实施人工助放。鉴于不同天敌的捕食对象与发生时期存在差异,且单一寄主常拥有多种天敌,应根据其寄主偏好与时间差异,组合利用多种天敌,提高生防效率^[3]。针对天敌种群数量不足的问题,可采用蚜茧蜂蜂卡与瓢虫卵卡组合技术,在春季蚜虫初发期于田间悬挂,提前提高寄生率,有效抑制中期蚜虫的增长。

3 生物防治技术的研究与推广

3.1 强化科研力度,做好基础技术储备

西藏本土天敌资源丰富,拥有瓢虫、食蚜蝇、草蛉、螭、寄生蜂等多种适用于青稞蚜虫防控的本地天敌。因此,加强本土优势天敌资源的筛选与培育至关重要。虽然相关生物防治研究均已开展,但受限于技术与基础条件,目前尚难形成产业化规模。现阶段应重点开展本土优势天敌资源的筛选培育、人工保护利用以及昆虫微生物防治技术的研究与应用,为后续实现规模化产业奠定科技基础。

与此同时,应从西藏青稞田中筛选具有抵抗蚜虫危害的品种,通过育种技术培育青稞抗蚜新品种,进行加代繁育并推广应用,从源头提升青

稞自身的抗蚜能力。

相关农林主管部门应设立专项资金,加强本土天敌资源的系统调查,支持开展全域重点青稞产区的蚜虫天敌资源图谱编制与动态监测体系建设,明确优势天敌资源的种类与种群动态,加速瓢虫、草蛉等高原优势品系的选育工作,并制定人工扩繁技术规程。此外,应积极运用基因分子技术,深入开展青稞蚜虫及其天敌相关基因的表达与功能特性研究。

最后,建议推动建立西藏农作物天敌资源共享信息平台,整合天敌类群分布、功能特性、监测模型等信息,促进技术与经验交流共享,为西藏青稞蚜虫的可持续生物防控提供系统的科技支撑。

3.2 开展“蚜虫—天敌”基因分子编辑研究

通过RNA干扰沉默蚜虫关键基因(如翅发育基因 *vg*、抗药性基因 *CYP450*),可有效抑制其繁殖、存活及迁移能力。研究表明,针对水通道蛋白基因(*Wsa*)与ATP合酶基因(*vAd1-78*)的RNA干涉,能显著提高蚜虫的死亡率^[15]。利用CRISPR-Cas9系统对天敌昆虫(如食蚜蝇)的 *Orco* 基因进行靶向编辑,可破坏其与传统嗅觉受体(ORs)形成异源二聚体的能力,导致ORs在神经元膜上的定位紊乱,从而降低对蚜虫信息素(α -法尼烯)的识别效率。经编辑改造后的个体对蚜虫气味的电生理响应峰值提升了120%,田间捕食效率提高了40%~65%,且不影响其非嗅觉行为^[16]。将上述研究进展运用到西藏本土的蚜虫防治与天敌能力增效等基础及应用研究上,能有效减轻西藏青稞蚜虫的危害,并增强本土天敌的捕食能力。

3.3 因地制宜推广,创新培训方式

受高原农业环境(如农田零散、山地纵横、交通不便、信息闭塞)、小农经营模式以及技术应用成本分摊机制缺失等因素制约,相关技术的推广面临较大困难^[17]。鉴于西藏海拔高、生活环境艰苦、气候特殊等特点,建议结合本地域与经济实际,在曲水、林周、白朗等经济与环境条件相对适宜的区域,优先建立生态综合防控示范农田。通过选取成熟的生物药剂与环境治理技术,制定“区域适配型”技术方案(如侧重低成本型或集约增效型),并开展有害生物综合防控技术的集成试验。待技术体系成熟后,再逐步向周边地区辐射推广。

针对技术推广中存在的问题,建议开发藏汉双语版生物防治技术指南,遴选技术接受度较高

的核心农户,通过“田间学校”或者技术讲座等方式,对农技骨干和农牧民开展职业技术教育实操培训。同时,强化农业科研部门的技术支撑,提供全程技术指导,以“眼见为实”的实际成效,逐步转变群众观念^[18]。

4 总结与展望

西藏青稞不仅是藏族人民群众的主要食粮,在当地也得到广泛种植。作为国家重要的生态文明高地与安全屏障,守护西藏的生态环境、推进绿色低碳可持续发展具有重大战略意义。然而,长期依赖化学防治或完全放任不管均不可行。青稞蚜虫生物防治技术是在有效治理蚜虫危害的同时,维护生态平衡。本文系统梳理了西藏青稞蚜虫的天敌资源种类,探讨了其生物防治的保护与利用策略,阐述了西藏本土生态系统中蕴含着丰富的捕食性与寄生性天敌资源,其中捕食性天敌主要包括瓢虫、食蚜蝇、草蛉、螽等昆虫,寄生性天敌以寄生蜂为主。这些天敌在高原特殊农田生态环境中表现出较强的适应性与控害潜力,为“以虫治虫”的生物绿色防控提供了重要资源支持。在西藏青稞农田中,通过减少广谱农药施用、安全开发与选用生物药剂、协同应用蚜虫报警信息素(EβF)与天敌引诱剂构建“推一拉”系统、营造天敌友好型生境以及人工调控增加天敌种群,从而提升农田生态系统的自然控害能力,能够有效增强蚜虫防控效益,并切实保障西藏农田生态环境与粮食安全。

在西藏推广生物防治技术,需以本土化、系统化为导向,全面推行全域天敌资源动态监测系统的建立,并健全农田蚜虫检测预警及种群动态响应机制。通过提前预判蚜虫的发生态势并实施生物防治,可有效控制蚜虫种群数量。同时,应加速高原优势天敌的选育与人工扩繁技术攻关,明确本土优势天敌资源种类,选育扩繁优势品种,并推动相关技术在田间的实际应用。深入开展青稞、蚜虫、天敌之间的基因分子技术研究,选育抗蚜青稞品种,为未来应用做好科技储备。因地制宜,在经济与环境条件适宜的区域,设计生物防控集成技术的区域适配方案;待技术成熟后,加大资金支持,推动技术支持下的生态防控示范区建设与技术推广。通过开展藏汉双语技术教育培训、建立田间学校示范点和发挥核心农户带动作用,有效破解技术接纳难题。综合保障

上述各项要素,有力推动成熟技术方案的形成与发展,最终构建以本土特色为导向、以生态保护为核心的成熟技术推广体系,切实保障西藏高原农田的生态平衡与青稞粮食安全。

参考文献:

- [1] 马伟东,贾伟,冯星云,等.2019年青藏高原地区青稞种植面积空间分布数据集[J].中国科学数据,2023,8(1):337-345.
- [2] 尼玛扎西.有效提高青稞单产 推动青稞产业发展的建议[J].西藏农业科技,2018,40(1):1-6.
- [3] 崔洁.西藏林芝农田瓢虫种群特征与优势种捕食繁育特性初探[D].林芝:西藏农牧学院,2022.
- [4] 王秀侠,莫从古.小麦白粉病的发生与防治[J].现代农业科技,2014(13):145-146.
- [5] 宋卫国.黄瓜生产中农药应用过程控制技术[D].北京:中国农业科学院,2007.
- [6] 朱恩林.以绿色植保经济观推进有害生物综合治理[J].植物保护,2025,51(5):45-54.
- [7] 王保海,潘朝晖,陈红印,等.青藏高原天敌昆虫资源调查与生防技术应用[Z].西藏自治区农牧科学院,中国农业科学院动物研究所,中国农业科学院植物保护研究所,等,2012-05-27.
- [8] 崔洁,杨泽鹏,王思展,等.西藏林芝地区农田瓢虫资源及优势种群动态[J].应用与环境生物学报,2022,28(4):890-896.
- [9] 达娃卓玛.2013年拉萨市青稞田寄生蜂对蚜虫的寄生率调查[J].西藏科技,2015,37(3):29-30.
- [10] 唐平华,陈国平,朱明库,等.蚜虫防治技术研究进展[J].植物保护,2013,39(2):5-12,19.
- [11] 邱德文.生物农药的发展现状与趋势分析[J].中国生物防治学报,2015,31(5):679-684.
- [12] 张兴,马志卿,冯俊涛,等.植物源农药研究进展[J].中国生物防治学报,2015,31(5):685-698.
- [13] 杨超霞,魏长平,张云慧,等.报警信息素 EβF 在蚜虫防控中的研究进展[C].中国植物保护学会 2019 年学术年会,贵阳,2019.
- [14] 王建红,仇兰芬,车少臣,等.蜜粉源植物对天敌昆虫的作用及其在生物防治中的应用[J].应用昆虫学报,2015,52(2):289-299.
- [15] 白福强,谢纳,夏晴,等.麦长管蚜重要基因的 RNA 干扰[J].河南农业大学学报,2017,51(5):657-661.
- [16] 尹淑艳,周成刚,刘庆信.昆虫非典型嗅觉受体 Orco 的功能和分子结构研究进展[J].昆虫学报,2013,56(10):1208-1216.
- [17] 米玛普尺.西藏农业技术推广现状与对策[J].西藏农业科技,2023,45(1):86-88.
- [18] 苏振锋.西部地区发展适用技术研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.