

小麦化感作用的种群生态位调节及其生态效应探讨

欧巧明¹, 倪建福¹, 陈玉梁¹, 王 炜¹, 马丽荣², 罗俊杰^{1*}

(1. 甘肃省农业科学院生物技术研究所, 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院农业经济与信息研究所, 兰州 730070)

摘要 本文针对利用小麦品种化感抑草潜力控制杂草所涉及的生态效应问题,从化感作用、生态位理论及其关系的角度展开论述,探讨了小麦化感抑草潜力及化感品种释放后的麦田杂草种群消长动态及生态位变化趋势等生态效应及关键科学问题,以期合理利用小麦化感作用及其化感品种抑草潜力有效控制杂草提供生态依据和重要基础信息。

关键词 小麦; 杂草; 化感作用; 生态位; 生态效应

中图分类号: Q 948.12 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2011.04.005

A discussion in niche regulation of wheat allelopathy and its ecological effects

Ou Qiaoming¹, Ni Jianfu¹, Chen Yuliang¹, Wang Wei¹, Ma Lirong², Luo Junjie¹

(1. Bio-technology Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;

2. Institute of Agricultural Economics and Information, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract The ecological effects, involved in control of weeds using wheat allelopathic potential, were discussed in view of allelopathy, niche theory and their relationships. The ecological effects of wheat allelopathic potential and its key scientific problems, after wheat allelopathic varieties were released, were explored in the study, including the growth and withering of weed populations and changing trend of its niche. It was expected to provide the ecological basis and important scientific information for effective control of weeds by using allelopathic wheat varieties and its allelopathic potential for suppression of weeds.

Key words wheat; weed; allelopathy; niche; ecological effect

杂草一直是困扰农业生产发展、导致小麦等作物减产和品质下降的重要因素之一,又是有害病虫的栖息地,可使农作物直接损失达 10%~20%。如何在生态安全的前提下合理控制杂草一直是国内外研究的重要热点问题。

利用植物化感作用(allelopathy)进行杂草的生物控制具有可减少化学除草剂施用、无 3R [抗药性(resistance)、再猖獗(resurgence)和农药残留(residue)]问题、生态可持续等优点,被认为是目前发展可持续农业的关键生物工程技术之一^[1-3]。然而,化感作用作为调节种群动态的手段,是构成种群关系的生化基础^[4],可显著影响种群格局的形成^[5]。理论上,小麦(*Triticum aestivum* L.)化感作用及其化感品种的应用必然会引起农田生态系统中生态位关

系的变化,进而产生相应的生态效应。纵观国内外关于利用小麦化感作用及其化感抑草潜力控制杂草的研究,虽有大量深入的报道,但这些研究均未涉及农田生态系统中小麦化感作用的生态效应,尤其是小麦化感品种布控下的生态位调节、杂草群落演替、消长动态及生态位变化趋势等生态效应问题尚未见报道。而该研究对于小麦化感作用及其化感品种的应用却具有重要的理论与现实指导意义。

本文从利用小麦品种化感抑草潜力控制杂草所涉及的生态效应问题展开论述,旨在从化感作用应用生态位理论和方法,探讨小麦化感抑草潜力及化感品种释放后的麦田杂草种群消长动态及生态位变化趋势等生态效应及关键科学问题,以期合理利用小麦化感作用及其化感品种抑草潜力有效控制杂

收稿日期: 2010-07-21

修订日期: 2010-11-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(30270801);甘肃省重大科技专项计划项目(0801NKDA015);甘肃省科技支撑计划项目(自然科学基金,0803RJZA041)

* 通信作者 Tel:093-17612658; E-mail:hnslijj@163.com

草提供生态依据和重要基础信息。

1 利用小麦化感抑草品种及其化感潜力控制杂草是一种有效的杂草控制策略

化感作用(allelopathy)是一种由植物产生和释放的次生代谢物介导的植物重要防御和干扰机制,其最重要的经济潜力在于抑制杂草的能力^[6]。小麦对杂草的化感作用通常表现为小麦活体或残体向环境中释放某些化学物质而促进或抑制杂草种子萌发、苗和根的生长。利用小麦等作物化感抑草作用控制农田杂草已成为当前杂草生物控制的研究热点。

近十年来,国内外研究人员从不同角度对小麦等作物与杂草间的化感作用进行了深入研究,取得了重要进展^[3,7-8],获得了一些化感潜力较高的抑草作物品种资源,为小麦等作物化感潜力的应用及杂草的化感生物控制研究奠定了基础,显示了巨大的应用潜力。大量研究表明,小麦等作物的化感作用特性主要由遗传因素决定,小麦化感作用强弱与品种遗传性及其染色体组型显著相关^[7,9],不同品种的化感物质种类和含量均不同,其化感物质的产生一般受多基因控制,属数量遗传^[7-8],其含量与小麦化感效应显著正相关,是小麦重要的抑草、防虫、抗病物质。目前小麦主要化感物质已经确认^[7-8],主要为酚酸类、异羟肟酸类和短链脂肪酸等^[6-8]。

Putnam 和 Duke 首先探讨了利用化感作物抑制农田杂草。截至目前,大量研究表明小麦具有一定的化感作用和抑草潜力^[3,6-8]。小麦幼苗和秸秆的全部或不同部位水提液对多种杂草均具有一定的抑制作用^[3,6-8]。不同小麦品种的化感潜力和田间抑草能力亦有所差异,与不具化感作用的小麦品种相比,有些品种对杂草的抑制能力甚至高达 53%~70%^[8,10-11],与人工除草的效果相近^[3]。另外,使用化感作物的轮作、混种、作物残茬或秸秆覆盖也是利用作物化感作用控制杂草的最实际和最直接的方法^[3,12-13],可减少化学农药施用,且效果良好。如免耕条件下的小麦残茬或秸秆残余物可使许多一年生杂草的密度显著减少,对窄叶类和阔叶类杂草抑制效率分别达到 46.5%和 16.76%^[13-15],但其抑制效率低于非免耕条件下的除草剂处理。虽然并不期望强化感抑草作物品种能完全控制杂草或代替除草剂,但它却可以抑制杂草,提高作物竞争力,并会对

杂草控制产生长期影响^[16]。这些研究表明利用小麦化感作用及化感品种的抑草潜力控制杂草是一种有效的杂草控制策略。

目前国内大部分小麦品种的化感潜力还未鉴定,已筛选的化感潜力较强的小麦品种,如‘龙幅麦 13 号’、‘锦麦 2003’、‘小冰麦 33 号’、‘扬麦 10 号’等已确定具有明显的化感抑草作用^[17-18]。这些研究为利用化感小麦品种的抑草潜力控制杂草提供了科学依据和物质基础。

2 利用化感小麦品种内在的抗杂草潜力控制杂草应该更多地关注其生态效应

众所周知,化感作用是调节种群动态的手段,是构成种群关系的生化基础^[4],可显著影响种群格局的形成^[5]。小麦和杂草之所以具有化感作用,是因为其需要通过化感作用而形成独特的生态位以便能使自身获得更多资源^[19]。小麦化感作用是小麦与杂草之间生态位竞争的重要内容,也是其构建种群生态位的有效手段之一^[19-20]。在理论上,作物和杂草可根据自身化感作用这一生态位竞争因子,引起环境选择压力的改变,进而引起作物和杂草的物种生态位构建,促进自身的生物能动作用(即不同水平上生态位构建的关键^[19])。研究发现,某一种群在化感表达的选择压力下,或者作物化感潜力的变化及相应的耕作措施的改变,物种生物多样性和种群格局将发生适应性变化^[21]。可见,小麦化感作用及其化感品种的应用必然会引起农田生态系统中生态位关系的变化。

1991 年的第一届国际杂草防除会议也指出,杂草研究尤其需要提出对杂草治理过程中种群变化的预测。因此,利用小麦化感作用及化感品种的抗杂草潜力控制杂草应更多地关注其生态效应和生态风险。这对小麦生产和麦田杂草整体防控具有重要指导意义。

但目前,作物化感作用在农田生态系统中的生态效应、生态价值及其经济评估还停留在起始阶段。纵观国内外关于利用小麦化感作用及其化感抑草潜力控制杂草的研究,虽有大量深入的报道,但上述研究均未涉及农田生态系统中小麦化感作用的生态效应,尤其是小麦化感品种布控下的生态位调节、杂草群落演替、消长动态及生态位变化趋势等生态效应问题尚未见报道。仅刘迎湖等对具化感作用作物的

种植密度对杂草种群动态的影响进行了个别报道^[22]。国内外还未见其他试验证明小麦化感作用对麦田种群格局、生态位现状等的具体影响及生态效应的报道。

3 小麦化感作用对种群生态位的调节及其生态效应是实现杂草化感生物控制的前提

不同的杂草控制措施(如化感生物控制、耕作方式、人工及化学除草措施等)通过形成特殊的环境生态条件,常常限制了某些杂草的生长,同时又适合另外一些杂草的生长,对田间杂草群落的物种组成进行着筛选,起着过滤杂草的作用^[23]。

小麦种群生态位的生态位扩充可认为是对各类杂草种群生态位的入侵,可能导致某些杂草种群在资源竞争中处于劣势,从而使之释放出其所占有的资源空间。理论上小麦可通过增强自身化感作用来提高自身竞争力和生态位水平,降低某些伴生杂草生态位。可见,小麦化感品种的利用和合理布控可实现小麦化感抑草潜力的充分发挥和生态位水平的提高,进而实现生态群落的人工构建。对此,欧巧明等已做了相应的理论论证^[19],但尚需进一步的实践验证。

但在目前所筛选的小麦化感种质资源中,大部分作物对杂草具有选择性抑制,对两种或多种杂草显示化感抑草效应的品种少之又少^[24]。而现实农田生态环境中不存在作物生长仅发生单一杂草的情况。通常选择性除草剂在除去一种或多种优势或非优势杂草的同时,往往会形成“空余生态位”,这往往导致杂草群落发生变化,加速杂草群落演替的步伐,并促使其达到新的生态平衡,进而使处于次要地位的杂草上升为主要杂草,并促使其迅速发生蔓延^[25-26]。因此,可以预见利用小麦化感抑草品种及其化感潜力控制杂草,在使优势种群杂草得到有效控制的同时,同样可能形成“空余生态位”,从而导致杂草群落发生变化,加速杂草群落演替的步伐,进一步使得次优势杂草迅速占领此“空余生态位”,成为新的优势杂草,并促使其达到新的生态平衡,使原有的小麦化感品种成为相对的非化感品种。这就会给利用化感小麦品种内在抑草潜力直接控制农田杂草带来新的困难。另外,小麦化感品种还可能对下茬作物生长及农田生态系统造成负面影响^[3]。

因此,小麦化感作用对种群生态位的调节及其生态效应研究是利用小麦化感抑草品种及其化感潜力实现杂草生物控制的重要前提。

4 小麦化感作用的种群生态位调节及其生态效应研究的关键科学问题

基于上述研究,利用小麦化感作用及化感品种控制农田杂草,首先需要明确利用小麦化感作用和化感抑草潜力控制杂草的生态效应及生态经济价值。即:①农田生态系统中小麦化感作用与其种群生态位内在关联;②化感作用对杂草群落组成、种群消长动态、种群生态位的调节;③小麦化感抑草品种的生态效应及生态经济价值;④化感抑草潜力的宏观生态评价。

关于上述问题①农田生态系统中作物化感作用与其生态位关系,本文已在前文和已发表论文^[19]中作了详细的阐述和论证。

关于上述问题②和③,国内外虽未见有其他相关报道,但其所涉及的农田生态系统中的作物-杂草生态位理论及其应用、生态位测度、杂草优势种群及生态位现状、种群生态位构建、生态经济阈值等研究,国内外已有多方面的报道^[26-29]。生态位是一种以数学方法测度物种在有限资源的多维空间中综合利用资源的能力、利用资源多样化的程度和竞争水平,能够清晰地反映人工调控下的农作物-杂草生态系统的演替与发展^[26]。目前关于生态位具体定量及应用研究方面,已有较多测度生态位重要值、生态位宽度、生态位重叠、相对多度等的公式被报道和应用^[26-29]。生态位重要值或相对重要值(优势度分析)表示物种在群落中的优势程度^[30];生态位宽度反映了不同杂草的生态适应幅度;生态位重叠值能反映不同杂草对生态条件要求的相似性程度,能在一定程度上揭示主要杂草种群间的相互关系,并能在一定程度上反映它们间的竞争强度^[26,28]。对农田生态系统中杂草群落生态位分析的应用研究也有较多报道^[26,28,31]。笔者前期也已对兰州引黄灌区不同农田主要杂草群落及优势种群、生态适宜范围及对生态环境要求的相似程度进行了较深入的预研究^[25,28]。关于问题③所涉及的杂草控制的生态经济价值评价,国内外也已有较多关于经济损失允许水平(EIL)、杂草生态经济阈值(ET)等的研究和应用报道^[29,32],但应用 EIL 和 ET 对化感和非化感小麦品种的杂草防除的生态经济价值进行比较和评价,国内外尚未见报道。

关于上述问题④,目前国内外虽未见有相关报道,但其所涉及的作物化感潜力筛选及评价研究,国

内外已有多方面成熟的报道^[33],主要集中在室内生物测试、田间测试和化感物质化学鉴定。室内生物测试可排除植物间对养分和空间等的竞争干扰,但往往与植物真实化感潜力存在偏差。田间测试结果有利于对小麦品种的综合化感潜力和表现进行全面评价,但很难排除竞争因素的干扰,这也是国内外化感研究面临的共性问题。Hamdi 等指出实验室化感作用测定不能作为可观察到的田间抑制杂草作用的唯一解释^[34]。可见,采用室内化感生测和田间化感抑草鉴定相结合是全面评价作物化感潜力的前提。另外,采用发芽速度指数、化感效应敏感指数(RI)、平均敏感指数(M)^[35]、化感潜力综合指数(CIAP)^[36]来衡量和评价化感效应,结合聚类分析方法^[17],对不同品种化感潜力的全面分析评价将起到十分关键的作用。

目前国内外对于小麦等作物的抗杂草化感潜力的评价大多也仅限于微观或者个体评价,尚未见系统和宏观生态层面上的综合评价,而不同品种间化感潜力的表现以及化感物质的产生和释放能力更客观地归结于遗传、环境和生物因子共同作用的结果^[37],作物化感作用更需要在田间作物系统中去研究。因此,小麦化感作用的生态位评价及生态效应考虑到化感作用的多因素影响,应以农田系统群落组成与种群生态位变化为研究对象,从整体进行动态分析,可避免化感作用潜力测定与评价方法的复杂性,加之前文所述公认的生测方法、评价指标、筛选策略、分析及统计方法,具有相当的可行性。另外,采用杂草的生态经济阈值^[29,32]等理论,从生态、经济的角度辅助研究和评价杂草化感生物控制也更具有现实指导意义。

作者认为应用生态位理论和方法,以作物-杂草种群生态系统为研究对象,以“作物-杂草化感作用-生态位变化-生态效应-杂草控制效果”为研究主线,来研究利用小麦品种化感抑草潜力控制杂草所涉及的生态效应问题具有重要的理论和现实意义,不仅能揭示小麦化感品种布控下的麦田杂草种群消长动态及生态位变化趋势等生态效应,还有助于分析化感小麦品种与杂草的化感作用与其生态位之间协同关系,并从种群生态位变化的角度评价、鉴定小麦化感潜力,进而为合理利用小麦化感作用及化感品种抑草潜力有效控制杂草提供生态依据和重要基础信息。

参考文献

[1] Thomas W C. Benefits of classical biological control for manag-

- ing invasive plants[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2005, 24(2):131-150.
- [2] Weih M, Didon U M E, Rönnerberg-Wästljung A C, et al. Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops[J]. Agricultural Systems, 2008, 97(3):99-107.
- [3] Batish D R, Singh H P, Kohli R K, et al. Potential of allelopathy and allelochemicals for weed management[M]//Singh H P, Batish D R, Kohli R K. Handbook of sustainable weed management. New York:Food Products Press, 2006:209-256.
- [4] Mulder Ch, Breure A M. Plant biodiversity and environmental stress[M]//Markert B A, Breure A M, Zechmeister H G. Bioindicators & biomonitors: Principles, concepts and applications. Amsterdam: Elsevier Science, Oxford, 2003, 6: 501-525.
- [5] 左胜鹏, 马永清, 李秀维. 植物化感作用与生物多样性[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4):494-498.
- [6] 张晓珂, 姜勇, 梁文举, 等. 小麦化感作用研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10):1969-1972.
- [7] Wu H W, Pratley J, Lemerle D, et al. Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*) [J]. Annals of Applied Biology, 2001, 139(1):1-9.
- [8] Wu H W, An M, Liu D L, et al. Recent advances in wheat allelopathy[M]//Zeng R S, Mallik A U, Luo Sh M. Allelopathy in sustainable agriculture and forestry. New York: Springer Science, 2008:235-254.
- [9] 左胜鹏, 马永清, 李秀维. 不同基因型小麦成熟期地上部的化感作用研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4):652-657.
- [10] Bertholdsson N O. Variation in allelopathic activity in spring wheat[C]//Proceedings of second european allelopathy symposium—allelopathy: from understanding to application. Pulawy, Poland: Institute of Soil Science and Plant Cultivation, 2004:22.
- [11] Westort L A. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems[J]. Agronomy Journal, 1996, 88(6):860-866.
- [12] Dhima K V, Vasilakoglou I B, Eleftherohorinos I G, et al. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development[J]. Crop Science, 2006, 46(1):345-352.
- [13] Narwal S S. Weed management in rice: Wheat rotation by allelopathy[J]. Critical Rev Plant Sci, 2000, 19(3):249-266.
- [14] Blackshaw R E, James R M. 保护性耕作制度下的杂草治理[J]. 农村牧区机械化, 2006(1):44-45.
- [15] 李寿田, 周健民, 王火焰, 等. 化感作用在杂草控制中的应用[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1):104-106.
- [16] Kudsk P. Recent advances in weed management[J]. Zemdirbyste-Agriculture, 2008, 95(3):103-109.
- [17] 张晓珂, 梁文举, 姜勇. 东北地区不同小麦品种对黑麦草的化感作用[J]. 应用生态学报, 2006, 17(7):1191-1195.

(下转 43 页)