

间套混作中的化感作用及其研究方法

王玉彦, 吴凤芝

(东北农业大学 园艺学院 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 叙述了“化感作用”的概念及其在间套混作中的化感表现。综述了化感作用常用的研究方法, 提出了化感作用今后进一步研究的问题。

关键词: 间套混作; 化感作用; 研究方法

中图分类号: S 31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)08-0136-04

间套混作是我国传统农业的精耕细作技术, 很久以来在我国农业体系中广泛应用。生产实践证明, 实行间作、套种或混作, 既可充分利用光能、土地面积、空间和有效生长期, 又能克服病、虫、草对单一栽培作物的危害, 从而提高几种作物单位面积的产量, 是栽培上的良法^[1,2]。但以往在间套混作技术研究应用中, 只注重植株形态结构的搭配和养分利用的互补, 而忽略了“化感作用(Allelopathy)”因素的影响, 导致了间套混作中产生负面影响, 如我国麦棉两熟制地区常出现套作棉花弱苗晚发、晚熟低产的问题^[3], 也制约了“化感作用”理论在间套混作技术中的应用和发展。近年来, 随着化学生态学理论和分子生物学实验技术的发展, 化感作用研究也得到了迅速发展并在实际加以应用^[4]。

1 “化感作用”及其在间套混作中的化感表现

1.1 “化感作用(Allelopathy)”的概念

化感作用(Allelopathy)是指植物或微生物的代谢分泌物对环境其他植物或微生物产生有利或不利的作^[5]。1937年德国科学家 Molish, H 最先提出“Allelopathy”的概念, 定义为所有类型植物(含微生物)之间生物化学物质的相互作用, 包括抑制和促进两个方面^[6]。Whittaker 和 Feeny 把植物分泌的这些化学物质称为化感物质(Allelopathic matter)^[7,8]。1974年 Rice 出版了《Allelopathy》一书, 对“化感作用(Allelopathy)”的概念重新进行了定义, 后来 Rice 又将有益的作用和自毒作用补充到化感作用的定义中, 并对自己提出的化感作用的定

义进行了修订, 使化感作用的定义进一步完善^[9,10]。

1.2 化感作用在间套混作中的化感表现

植物在生长发育过程中, 通过根系分泌、茎叶淋溶或挥发以及植物残体的腐解等途径向周围环境释放代谢产物, 对本身或周围其它植物(包括微生物)产生促进或抑制作用^[11]。俗话说“天地有万物, 一物降一物”, 这句话就包含着深刻的化学生态学原理“化感作用”。化感作用广泛存在于植物间, 间套混作中的化感作用表现更为明显。植物本身都有各自用以抗击外来侵害或引诱亲和的特性, 对相临植物表现出抑制或促进的化感作用。在实践中人们发现, 有时作物套种和秸秆还田反而造成作物生长势减弱甚至减产^[3,12]。我国麦棉两熟制地区常出现套作棉花弱苗晚发、晚熟低产的问题^[3], 除麦棉共生期内对生活因素竞争之外, 更重要的原因是小麦根系分泌物及根茬、秸秆等残体分解产生的次生代谢物质对套种棉花的发芽及幼苗生长产生的化感作用。类似的情况还有许多: 如黄瓜和番茄挨着种, 轻则两方长不好, 重则一方死亡; 大棚里种西葫芦就怕有胡芹; 葡萄最怕榆树和花椒树; 不能临近挨着种的还有高粱和芝麻, 玉米和荞麦, 芥菜和卷心菜等等^[13]; 这只是生长期根系分泌物产生的化感抑制作用。还有些作物茎叶表皮的物质(化感物质)被雨雾淋洗下来, 就会抑制其临近植物的生长; 有些作物的根茎在土中腐烂后产生毒素(化感物质), 使下茬作物失去免疫功能; 这都是间套混作中的化感作用产生的影响; 如果在同一块土地上连续种植一种作物, 产生的影响会更大; 因为根系分泌物产生的化感物质连续积累, 产生更强烈的化感作用(自毒作用), 这就是连作障碍产生的重要原因之一。相反, 在农业生产中也发现有些作物具有相生性, 如把洋葱与食用甜菜、马铃薯与菜豆、小麦与豌豆种在一起, 可促进生长, 提高产量。

2 间套混作中化感作用的研究方法

2.1 生物测试法

生物测定是化感作用研究中常用的测定方法, 能够

第一作者简介: 王玉彦(1963-), 男, 黑龙江甘南县人, 博士, 副教授, 现主要从事设施园艺生态生理研究工作。E-mail: wyy6677@126.com。

通讯作者: 吴凤芝(1964-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事设施园艺与蔬菜生态生理生态方向研究工作。E-mail: fzwu2006@yahoo.com.cn。

基金项目: 国家 863 计划资助项目(2006A A10Z421)。

收稿日期: 2009-04-20

阐明一种作物产生的化感物质对其他作物或自身种子萌发的抑制或促进作用, 该方法简单、易操作、速度快、灵敏度高, 需要的化感物质较少。

2.1.1 种子萌发测定 发芽试验通常是在培养皿进行, 将准备好的种子放入被测试液体的基质(常用滤纸或玻璃珠)上, 发芽在有光照条件、合适温度的培养箱中进行。调查种子发芽率, 种子发芽的标准是胚根突破种皮 1~2 mm, 发芽时间根据作物的不同而定(一般为 1~7 d)。Pande 等采用发芽速度指数(I、X)来衡量化感物质对种子发芽的化感效应。首先连续 5 d 记录种子发芽情况, 然后计算发芽速度指数(I)。速度指数(I)按下面公式计算: $I = 2 \times (X_1 + 2 \times X_2 + 3 \times X_3 + 4 \times X_4 + 5 \times X_5)$, 这里 X 是指每隔 24 h 发芽的种子数^[14]。另外, 也可以用种子发芽势来表示化感物质对种子发芽的促进或延缓作用的强弱, 发芽势是指在规定天数内种子发芽数。

2.1.2 幼苗生长测定 生长发育的测定是种子发芽测定的继续, 一般二者是连续进行的。测量苗高的方法最好是用小烧杯作为培养容器^[15]。Haugland 设计出一种快速测定根长的简易办法, 在长 24 cm、宽 11 cm、高 7 cm 的透明方盒的底部垫上 2 层滤纸, 加入 30 mL 提取液或蒸馏水(对照), 将刚发芽的受体幼苗沿盒的一边水平排成一排, 将盒子斜放成 45°角, 根朝下苗朝上, 使根能够直着生长, 便于测量^[16]。也可在盒上刻好尺寸标记, 每隔 24 h 记录一次胚根的长度。对幼苗生长的化感效应, 也常用干物质重量来表示。Leather 指出: 将幼苗培养 7~10 d, 测定幼苗干物重是表示化感作用全面影响的一个敏感指标, 干物重可分地上苗和地下根两部分, 也可计算苗/根的干重比值^[7]。也有不少研究用幼苗的鲜重作为衡量指标。Shilling 用稗草和大果田菁(*Sesbania exaltata*)为材料, 发现根长和根鲜重是最敏感的生长指标, 但测量非常耗时, 提出用植株总鲜重作为指标, 虽然敏感性稍差, 但非常容易测量, 认为是行之有效的方法^[18]。当化感物质数量很少时, 可采用琼脂培养法或组织培养法。Leather G R 等认为应用琼脂培养法很容易测得幼苗生长的情况, 幼苗也很容易移出来进一步分析^[19]。组织培养法是不受外界微生物的干扰, 可以直接研究根系分泌物和地上部挥发物质的好方法。测定根系分泌物对植物生长发育化感效应的方法可用循环培养液法。用水培或砂培法将供体植物种植在高处, 将受体植物种植在低处, 然后将供体植物的根分泌物连同营养液不断渗滴到受体植物根部; 再将最下面的受体培养液用气泵打到最高的供体植物培养瓶中, 不断循环培养一段时间, 测定供体根分泌物对受体生长发育影响^[20]。

2.2 田间抑制圈研究法

这个方法是美国的遗传学家 Dilday 教授提出的。

在田间环境条件下, 当杂草生长圈离供体水稻中心半径小于 10 cm 时, 则称该品种水稻为不具有化感作用, 而当杂草生长被排挤, 离供体水稻中心半径越大, 则该供体水稻的化感作用潜力越强^[21]。Dilday 运用这一方法对来自世界各国的 12 000 份水稻种质资源进行筛选, 取得了直接、大量的田间证据, 从中鉴定出一批化感作用较强的水稻材料。这一方法比较接近田间的自然状况, 但导致“抑制圈”产生的原因可能还包含着种间资源竞争的因素^[22-23]。因此, 在今后的试验设计中应该设法排除资源竞争因素的影响, 以取得更加客观准确的结果。

2.3 化感—竞争分离法

为了排除资源竞争因素的干扰, 美国学者 Weidnerhamer 提出“化感—竞争分离法”。具体方法是, 将供体植物播种于盆中且每盆密度保持一致, 受体植物混播其中并设计几组不同密度; 在培养一定时间后, 测试生长指标^[24]。不具化感作用混播的受体植物的单株干重随其密度增加而降低, 这是资源竞争的结果; 而具有化感作用混播的受体植物的单株干重随其密度增大而增大, 这是化感作用的结果。化感作用产生了与资源竞争曲线偏离的现象, 化感作用越大引起的偏离也越大, 即当受体植物密度小时, 单株分享到的化感物质必然多, 其生长受到抑制也大, 反之则小。但这一方法受供体植物之间存在基因型差异的影响, 资源竞争能力也会导致试验结果的差别, 影响化感作用效果的准确性^[23]。

2.4 迟播共培法

预先在培养皿中播 30 粒供体水稻种子, 把种子排成 2 行且相互平行, 每行 15 粒, 播种前种子需经 2.5% 次氯酸钠溶液消毒 10 min, 播种后每皿用 7.0 g 不含任何养分的珍珠岩覆盖种子, 以便于固定根系; 然后将培养皿移入一个直径较大的烧杯中, 每个烧杯装有 30 mL 蒸馏水并通过一狭长的过滤纸连接 2 个不同容器, 烧杯中的水分通过滤纸的吸潮作用, 自动移入小培养皿中以保证种子所需水分, 用透明塑料薄膜把烧杯口密封放于室内, 4 d 后再给每个烧杯加入 20 mL 蒸馏水, 7 d 后每个培养皿播 20 粒经过消毒后的无菌受体植物种子, 并均匀地把受体种子播于两行供体水稻种子之间, 同时往烧杯中加入 30 mL 蒸馏水, 14 d 后对供体植株进行调整, 使之排列均匀以减少供体植物与受体植物对光照资源的竞争, 然后在合适的条件下继续培养 3 d(每天光照 12 h, 温度 29~33℃), 第 17 天洗去珍珠岩测定受体植物的根长, 并以不具化感作用的水稻品种作对照, 评价水稻化感作用潜力^[25]。

2.5 田间试验法

化感作用研究在田间条件下很少显示出其应有的结果^[26], 所以化感作用研究很多环节在实验室内进行, 但要确认其化感作用能否表达出来, 田间试验是不可缺

少的。田间试验主要采用附加栽培法和置换栽培法,这两种方法主要是研究植物地下部分间的相互作用^[27],特别是根系分泌物的化感作用。附加栽培法是将2种植物混植,固定一种植物的种植密度,而变化另一种植物的种植密度的栽培法;置换栽培法是将2种植物混植,固定总的种植密度,而改变种植比例的栽培方法。

2.6 化感作用的表示方法

在化感作用研究中,为了比较种子萌发和幼苗生长的化感效应,常用敏感指数(RI)来表达化感作用的效果。Williamson提出用敏感指数(RI)作为化感效应的衡量指标,敏感指数(RI)计算公式: $RI=1-C/T$ (当 $T \geq C$)或 $RI=T/C-1$ (当 $T < C$ 时),式中C为对照值,T为处理值,RI代表化感效应。当 $RI > 0$ 时表示促进作用,当 $RI < 0$ 时表示抑制作用, $RI=0$ 时表示没有化感效应,RI的绝对值代表作用强度^[28]。在测得萌发和幼苗生长的各种指标后,运用以上公式计算出敏感指数(RI),然后再进行比较分析。

3 前景展望及今后进一步研究的问题

化感作用原理是耕作制度的学科基础,尤其在间套混作中如何选择作物种类进行搭配,如何克服或减轻土壤连作障碍的发生都有着深远的指导意义;同时随着一些新的化感物质的分离鉴定,可以促进植物源杀虫剂、除草剂以及连作土壤修复剂研究开发的发展,对可持续农业的发展和绿色农产品的生产都具有广阔的应用前景。今后的研究应多考虑以下几方面。

3.1 加强间套混作中有益化感效应的研究

间套混作是我国传统农业的精耕细作技术,在生产中广泛应用。但以往在这方面的研究应用中,只注重植株形态结构的搭配和养分利用的互补,而对“化感作用(Allelopathy)”的研究很少;近年来随着化学生态学理论的发展,间套混作中化感作用的研究开始增多,但学者们一直偏重于研究作物间互相抑制的作用,较少研究互相促进的方面,而这方面同样具有重要意义^[29]。选择种植有益的伴生作物,进行合理的间套混作,不但能够相互促进生长发育,而且还可以恢复原有正常微生物群落结构多样性,改善土壤微生态环境,这是探究克服连作障碍的一个新视角,是一项可持续发展的生态措施。因此,今后应加强间套混作中化感作用有益方面的研究,包括供体作物对受体作物的促进作用和供体作物系分泌物对土壤生物学特性的影响。

3.2 加强多种化感物质成分复配的综合效应研究

化感作用是通过化感物质而起作用的,化感物质是化感作用研究的重要内容。化感物质并不是以孤立的方式单独起作用,它不仅受环境条件的影响,还与其他化学组分相互作用,协同对土壤环境和植物生长产生作用^[19]。今后应该进一步探讨将同一化感植物体内的几

种化感成分按不同组分、不同比例复配,观测它们的化感效应,以探究多种化感物质的协同作用机制,进而研制控制病虫害的植物源生态制剂。因此,今后研究多种化感物质成分复配的综合效应,具有重要的理论意义和应用价值。

3.3 加强生物测定方法的改进研究

生物测定是化感作用研究中的主要环节,选择适当的生物测定方法是化感作用研究的关键之一。Webster将生物测定定义为“用活的有机体测定某种物质与一种标准参照系相比较的相对生物活性”。但目前化感作用研究使用的生物测定方法比较多,缺乏统一的标准,致使不同化感作用研究的结果之间难以比较^[30]。近年来,国内化感作用研究非常活跃,研究者迫切需要掌握相对稳定、适应性广的生物测定方法,以促进国内化感作用研究的进展。

参考文献

- [1] 吴存浩. 中国农业史[M]. 北京: 警官教育出版社, 1996: 554.
- [2] 杨友琼, 吴伯志. 作物间套作种植方式间作效应研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(11): 192-195.
- [3] 王璞, 赵秀琴. 几种化感物质对棉花种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(3): 263-261.
- [4] 王洪峰, 陈富强, 李运龙. 人工混交林种间生化关系研究综述[J]. 广东林业科技, 1999(2): 46-49.
- [5] 孔垂华. 植物化感作用研究中应注意的问题[J]. 应用生态学报, 1998, 9(3): 332-336.
- [6] Molisch H. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere-Allelopathies[M]. Fischer, Jena., 1937.
- [7] Wittacker R H, Ferry P D. Allelochemics: Chemical interaction between species[J]. Science, 1971, 191(3973): 757-770.
- [8] McCalla J M, Leyva A, Caparicon L. Phytotoxic substance from soil microorganism and crop residues[J]. Bacteriol Rev, 1964, 28: 181-207.
- [9] Rice E L. Inhibition of Nitrification by Climax Ecosystems[J]. Amer J Bot, 1972, 59: 1033-1040.
- [10] Rice E L. Allelopathy (2nd ed) [M]. New York: Academic Press Inc, 1984: 309-315.
- [11] 翟明普, 贾黎明. 森林植物间的他感作用[J]. 北京林业大学学报, 1993, 15(3): 138-147.
- [12] 马越强, 廖利平, 杨跃军, 等. 香草醛对杉木幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 128-132.
- [13] 吴光坤. 间作套种有讲究[J]. 山西农业, 2005(3): 34.
- [14] Leather G R, Einhellig F A. Bioassays in the study of allelopathy. In: Putnam, A. R. and Tang C. S. (eds.). [M]. New York: The Science of Allelopathy. John Wiley & Sons, 1986: 133-145.
- [15] 韦琦, 曾任森, 骆世明, 等. 胜红蓟地上部分化感作用物的分离和鉴定[J]. 植物生态学报, 1997, 21(4): 360-366.
- [16] Haugland E, Brandsaeter L O. Experiments on bioassay sensitivity in the study of allelopathy[J]. J. Chem. Ecol, 1996, 22(10): 1845-1859.
- [17] 宋启示. 有机体之间化学互相作用的研究及应用[J]. 生态学杂志, 1993, 12(1): 45-48.
- [18] Shilling D G, Yoshikawa F. A rapid seedling bioassay for the study of allelopathy[M] // Walker G. R. (ed.). Allelochemicals: Role in Agriculture and Forestry. Washington D.C.: American Chemical Society, 1985: 334-342.

[19] Leather G R, Einhellig F A. Bioassays in the study of allelopathy [M]//Putnam, A. R. and Tang C. S. (eds.). New York: The Science of Allelopathy. John Wiley & Sons, 1986: 133-145.

[20] Rice E L. Allelopathy [M]. 2nd ed. Orlando: Academic Press, 1984: 23-28.

[21] Mattice D, Moldenbauer. An overview of rice allelopathy in the USA [M]// Kim, K. U. and D. H. Shin. Rice Allelopathy. Korea: Chon Suk Park, 2000: 15-26.

[22] 陈祥旭. 大麦化感种质资源综合评价及其遗传多样性研究 [D]. 福建农林大学硕士学位论文, 2005.

[23] Olofsdotter M, Jensen L B, Courtois B. Improving crop competitive ability using allelopathy: an example from rice [J]. Plant Breeding, 2002, 121 (1): 1-9.

[24] Weidenbamer J D. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impress [J]. Agronomy Journal, 1996, 88: 866-875.

[25] Olofsdotter M. Using and improving laboratory bioassays in rice allelopathy [M]//Olofsdotter M. Allelopathy. Philippines: International Rice Research Institute, 1998: 45-55.

[26] Newman E I. The possible relevance of allelopathy to agriculture [J]. Pestic. Sci., 1982: 13.

[27] 藤井义晴. 植物のアレロパシー化学と生物 [M]. 1990, 28(7): 471-47.

[28] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls [J]. J. Chem. Ecol., 1988, 14 (1): 181-187.

[29] 宋君. 植物间的他感作用 [J]. 生态学杂志, 1990(6): 35-42.

[30] Leather G R, Einhellig F A. Bioassays in the study of allelopathy. In: Putnam, A. R. and Tang C. S. (eds.). The Science of Allelopathy [M]. New York: John Wiley & Sons, 1986: 133-145.

Allelopathy in the Intercropping Mixed Cropping and Its Research Methods

WANG Yu-yan, WU Feng-zhi

(Institute of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: This article described what was the concept of the “Allelopathy” and the allelopathy that it had performed in the intercropping mixed cropping; summarized the methods that commonly was used in the Allelopathy research; put forward some questions which need further studies in this field in the future.

Key words: The intercropping mixed cropping; Allelopathy; Research methods

食用农产品及污染物溯源技术通过鉴定

据农民日报7月2日报道, 识别问题农产品有了新办法。不少人认为我国茶叶里的铅是由于茶农种植中过量喷洒农药所致, 而有关专家在南方某地发现, 茶叶里的铅主要是汽车尾气和煤灰造成的。这是由中国农科院农产品加工研究所主持完成的国家“十一五”科技支撑重点项目“食用农产品及污染物溯源技术”研究的成果之一。该项目不仅建立了茶叶、水稻、蔬菜铅污染源的解析技术和相关的计算方法, 能准确地发现污染物来源, 还创新性地利用牛(羊)尾毛, 建立了肉牛(羊)等大型动物个体溯源和电子标签溯源在内的一系列食用农产品及污染物溯源技术体系及查询平台。6月28日参加该项目鉴定的专家认为, 该研究创新性突出, 处于国际领先水平; 建议将该技术完善后在重点产业加快示范和推广应用。

污染物溯源技术是指以调查危害物来源或取证为目的的追溯技术。由中国农科院农产品加工所、东南大学和中国农业科学院生物技术研究所合作完成的“食用农产品及污染物溯源技术”研究, 通过分析我国肉牛主要产地的牛组织的同位素、矿物元素、特征因子之间的关系等, 确证牛(羊)尾毛可作为建立肉牛(羊)同位素溯源数据库的材料, 从而建立了肉牛肉羊同位素溯源判别模型及技术系统; 该项目通过猪肉和猪血样品中DNA指纹特征的匹配研究, 确证了利曼/SPAN>DNA指纹分析技术进行个体识别和追溯的可行性, 初步建立了猪个体的DNA指纹识别与溯源技术。该项目还以牛、羊、猪为研究对象, 通过图像预处理、特征提取等研究, 建立了大型动物个体虹膜识别技术。作为基本的追溯手段, 食品全程电子标签具有跟踪与溯源的双

重作用; 为此, 该项目集成食品分类技术、食品代码技术、条码技术、计算机技术、电子标签技术和网络技术, 建立了食品全程电子标签溯源技术体系, 为每一件食品提供单独的识别身份及储运历史记录, 构建一个详尽而具有独特视角的食品供应链, 实现了食品供应链透明化。

该项目的主持人、中国农科院加工所所长魏益民研究员介绍说, 此技术, 首先是能够确定食品的产地是哪里的, 能鉴别假品牌、假标签; 其次, 可以发现谁是造成污染的罪魁祸首, 找出污染源, 不至于出了问题“滥杀无辜”; 第三, 能和网络结合, 让消费者利用手机等设备在网上及时查阅食品的信息; 该研究成果能提高各级政府对食品生产信息、原产地保护产品和“问题食品”召回的监管; 有助于刑事案件的侦破或取证; 能推进国家对食品工业的有效监督和管理, 提高我国农产品的国际竞争力。