

小麦秸秆中生化他感化合物的研究概况*

韩庆华 马永清

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021)

摘 要 自然界存在着生化他感现象。本文对小麦秸秆生化他感现象、生化他感化合物和化合物的提取、分离、鉴定以及生测、影响其分泌的因素进行了较详细的阐述,并对国内外研究现状和应用前景进行了介绍。

关键词 麦秸 他感化合物 提取 分离与鉴定

大自然的许多生物现象是非常奇妙的。苏联的切尔诺布里文科曾描述过他观察到的许多生物现象⁽¹⁾;鹰嘴豆(*Cicer arietinum*)能抑制番茄、南瓜、黄瓜、西瓜、玉米、芝麻等农作物的发芽与生长。春小麦能抑制大麻、茴香、亚麻。大麻又能抑制洋麻和鹰嘴豆。孙文浩⁽²⁾的文章也列举了几十种作物及植物间的抑制现象。我国是一个农业国家,代代相传的农民同样积累了不少这方面的种植经验,如黄豆、花生、西瓜以及苜蓿连茬时,也会产生抑制作用等。以上都说明了一种现象的存在,这就是被科学家们确认的生化他感现象,在国内有人称之为相生相克或异株克生。

1 小麦的生化他感现象

小麦是我国的主要粮食作物之一,研究发现,小麦的生化他感状况如麦秸对棉花的发芽、幼苗生长均有抑制作用⁽³⁾。小麦对燕麦有抑制作用,而且本身有自毒作用⁽⁴⁻⁵⁾。J. M. McCalla 和 F. L. Duley 在 1948 年曾报道,在某些情况下,特别是在多雨年份,小麦秸秆复盖下茬玉米时,影响了玉米发芽的密度与生长,尤其是当用 5—10 吨每公顷麦秸复盖玉米时,玉米的发芽率减少了 44—92%。还有人发现小麦秸秆对某些杂草也产生较强的抑制作用⁽⁷⁻⁸⁾。因此,对小麦的生化他感现象进行深入研究,是摆在我国广大科技工作者面前的重要课题。

2 小麦秸秆中的生化他感化合物

随着人们对小麦生化他感现象的逐步认识,发现生化他感化合物是生化他感现象的关键媒介。在此,我们就与小麦有关的他感化合物,特别是小麦秸秆中的他感化合物的国内外研究现状进行一些概括的介绍。

2.1 目前已有报道的小麦秸秆中的他感化合物

R. L. E Thorne 等⁽⁶⁾在小麦秸秆的自毒作用研究中,发现小麦秸秆中存在着四种短

* 国家自然科学基金资助项目部分内容。

本文于 1994 年 6 月 10 日收到,1994 年 6 月 23 日改回。

链二羧酸,即二甲基丙二酸、二甲基延胡索酸、二甲基琥珀酸、二甲基苹果酸。以上化合物是否他感化合物,R. L. E Thorne 等没有证实。但 Shilling 等^[9]报道过,苹果酸对藜(*Chenopodium album*)和西风古(*Amaranthus retroflexus*)的根和下胚轴有抑制作用,而琥珀酸则对以上两种植物没有抑制作用。在柠檬酸循环中,延胡索酸常被报道为一种能抑制不同杂草和作物幼苗的他感化合物^[7-9]。R. L. E Thorne 等还在新麦秸中发现有二甲基壬酸和两种天然糖类,它们是 1,2:5,6-双-O-(1-甲基亚乙基)- β -D-吡喃果糖和 2,3:4,5-双-O-(1-甲基亚乙基)- β -D-吡喃果糖。其他感活性未知。另外,他们还发现新麦秸中有两种不饱和长链脂肪酸,即甲基 11,14-eicosadienoate 和甲基油酸。这两种不饱和长链脂肪酸比饱和脂肪酸在生测中显示出更强的抑制作用。S. H. T. Harper 等^[10]在小麦秸秆腐解中水溶性毒素成份的研究提出,新鲜麦秸沸水浸提液中的主要毒素物质是醋酸。而且,大量的醋酸是由麦秸中不溶性多糖类物质在厌氧条件下由微生物作用而生成的。同时指出,未腐解的麦秸水提液中含有的酚酸对作物也有毒害作用。J. M. Lynch^[11]也报道了麦秸厌氧腐解的产物情况,除了醋酸之外,他们还检出了少量的丙酸、

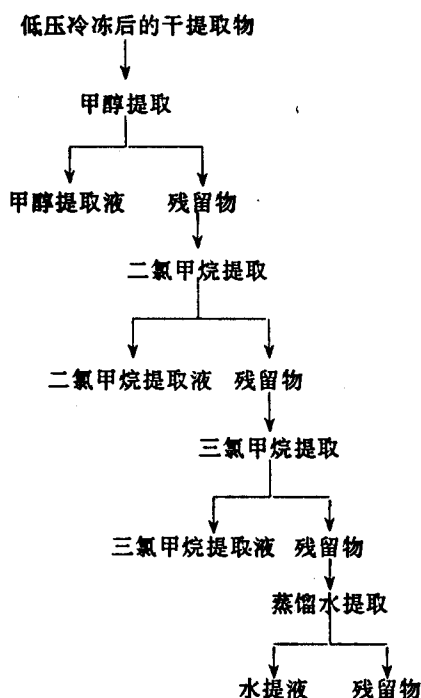


图1 R. L. E Thorne 等的麦秸水提液的分离程序

Fig. 1 The isolation procedure for wheat straw water extracting by

R. L. E. Thorne et al

目筛。麦秸与蒸馏水的比例为 2:25,在 4—6℃ 条件下震荡 2 小时,然后过滤、离心等除去不溶物,两次的提取液混合后冷冻贮藏。S. H. T Harper 等^[10]采用先将秸秆 60℃ 烘干 16 小时,然后秸秆与 100℃ 热水按 1:50 的比例浸提 1 小时,提取两次,用冷水洗涤秸秆后,

丁酸、乙醇和 3-苯丙酸,并指出麦秸有氧腐解的提取液有机酸量很少。有氧腐解提取物的生测试验的结果与厌氧腐解相反。即有氧腐解提取物对其它作物产生刺激作用,而厌氧腐解提取物则对其它作物产生抑制作用。国内对小麦的生测他感研究起步较晚。据了解,北京农业大学的有关人员从 1985 年以来进行了小麦与白茅间的生化他感研究,已提取出对白茅的有效克生物质,但对其化学成份还未确定。他们在研究中还发现小麦中存在 P-OH 苯甲酸,对白茅也有一定的抑制作用。中国科学院石家庄农业现代化研究所在国家自然科学基金的支持下,目前也正在从事麦秸复盖夏玉米生化他感作用的研究工作,现已对小麦秸秆的水提物进行了初步的分离。经鉴定,分离物中含有有机酸、酚类、生物碱和挥发性油类物质,他感活性有待生测鉴定。特别需指出的是,生物碱的发现未曾有过报道。研究已表明,生物碱是一类具有他感活性的化合物。

2.2 小麦秸秆中他感化合物的提取方法

目前已报道的他感化合物的提取方法不一。R. L. E Thorne 等^[6]采用麦秸粉碎,过 20

合并提取液。J. M. Lynch 等^[11]的厌氧腐解方法为: 麦秸 35 克加入到 1.5 升营养液中, 营养液含有各种与土壤相近的营养成份, 加入白垩土, 在厌氧条件下, 8℃ 和 20℃ 时腐解。定期采集腐解液。北京农业大学李孙荣先生等采用小麦颖壳在 45—54℃ 下, 水提取 50 小时, 而后过滤、贮存的方法, 其目的提取颖壳中对白茅有抑制作用的某类物质。另外, K. G. Cast 等^[12]认为, 作物残体中存在的他感化合物并不意味着其可以释放到环境中后影响受体植物, 被怀疑的他感化合物必须在受体植物的周围能检测出来。因此, 他们进行了对小麦田土壤中的他感化合物的研究, 以土与蒸馏水按 1:2 的比例混合, 用氢氧化钠调节提取液的 pH 为 8.0 ± 0.2 , 在 5—10℃ 震荡 2 小时, 再放置 2 小时后过滤、离心。对土壤的水提液可依据当地土壤酸碱程度调节提取液的 pH, 使提取液更接近于自然环境。我们根据研究课题的目的, 选择了麦秸与蒸馏水的比例为 1:10, 室温下浸提 24—48 小时, 再经过滤后冷冻贮存的方法。提取方法不尽相同, 采取什么样的提取方法, 应按照各自研究目的不同而选择。

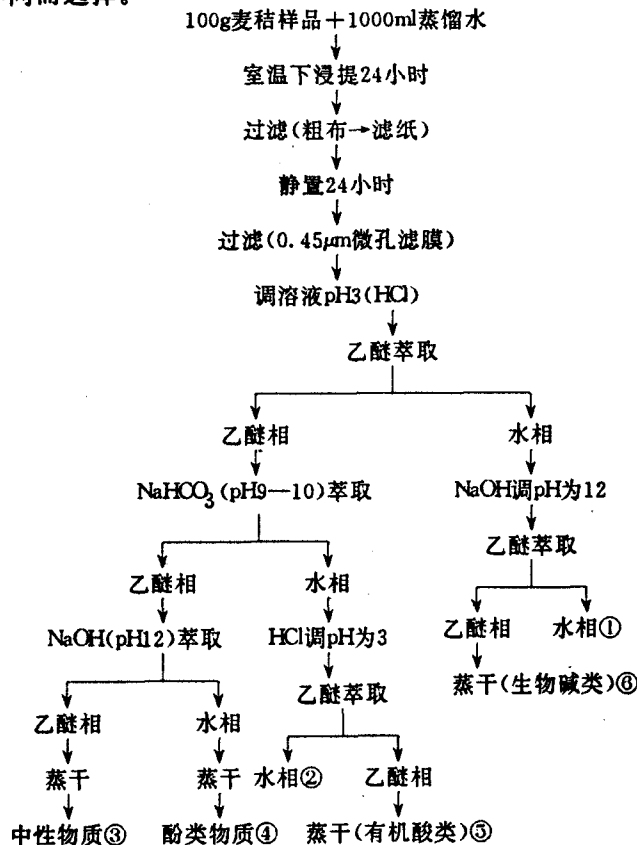


图2 他感化合物提取与分离程序

Fig. 2 Extracting and isolation procedure for allelochemicals

2.3 小麦秸秆中他感化合物的分离与鉴定方法

对于麦秸的提取液, 研究人员也采取了多种不同的分离途径。如: R. L. E Thorne 的分离程序见图 1。图 1 中分离程序是一种依照提取液中化合物极性不同为依据的分离方法。我们在研究中采用调节提取液 pH 值, 再逐次用有机溶剂萃取的方法, 首先将提取液明确地粗分为几个大的类型, 而后再进一步结构测定, 其分离程序见图 2。在其他人的研究中, 也均按照各自的目的而采取了不同的分离工艺^[10-12]。在分离物的鉴定工作中, 我们对粗分物的鉴定基本上采用化学方法。生物碱类采用了碘化铋钾试验、碘—碘化钾试验、碘化汞钾试验三种方法进行了验证。

有机酸类则采用了溶解性试

验和碘酸钾—碘化钾试验。酚类采用了三氯化铁试验。这些都是灵敏、经典的定性方法。经验证均说明了上述三类物质的存在, 对每类中纯化合物的鉴定工作还有待进行。在国内

外的同类研究中,也都是采用化学方法、质谱、色质联用及气相色谱、液相色谱进行鉴定。

2.4 小麦秸秆中他感化合物的生测方法

他感化合物的生物测定方法分三种形式:发芽试验、盆栽试验和大田试验。本文主要介绍发芽试验方法。已报道的发芽试验方法,基本上大致相同^[6,11-12]。我们在此基础上进一步完善,其过程如下:麦秸水提液或分离物必须经多次粗过滤,最后采用 0.45 微米的微孔滤膜过滤,去除细菌等杂质;将生测用培养皿及铺盖种子的滤纸进行高温消毒,同时将精选后的种子用 1% 的苏打水消毒,并用无菌水洗净,在无菌处晾干备用,而后于超净工作台上播种,将种子呈放射状置于培养皿的一张滤纸上,加入不同浓度麦秸水提液或分离物溶液,在种子上盖上另一张滤纸,而后盖上培养皿,用薄塑料布包好,放于所需温度下,黑暗处发芽 72 小时,同时用蒸馏水做对照试验;测量种子的发芽率、胚根及胚芽的长度,以确定提取液和分离物的他感活性。我们用麦秸提取液对玉米种子发芽率、胚根及胚芽生长影响的试验结果见图 3。

2.5 影响他感化合物分泌的各种因素

影响小麦秸秆中他感化合物分泌的因素,主要有以下几点:

2.5.1 湿度

麦秸所处的环境湿度越大降水量越大,他感化合物的分泌越多,对其它作物抑制能力越强。

2.5.2 温度

麦秸中他感化合物的分泌与环境温度不呈线性关系。在 5℃ 和 40℃ 时,分泌物减少,而在 25—30℃ 时,分泌物增多。

2.5.3 存放条件

新麦秸中的他感化合物比旧麦秸中的含量高。而在腐解的情况下,有氧腐解的麦秸提取液能刺激大麦幼苗的生长,而厌氧腐解的麦秸提取液却抑制其生长^[11]。

2.5.4 部位

对麦秆及麦壳分别进行提取和生测试验表明,麦秆中的他感化合物比麦壳中要多。

2.5.5 品种

我们经试验证明,不同品种的小麦含有的他感化合物的量不同。

2.6 小麦他感化合物研究的应用

通过小麦他感化合物的研究,找到合理的麦秸利用途径。尽量避免小麦与被抑制作物连茬,也可通过改变影响他感化合物分泌的各因素,使小麦秸秆对其它作物产生尽量小的负作用,并充分发挥秸秆还田作用;利用小麦秸秆的他感作用,使其对杂草等与人类不利

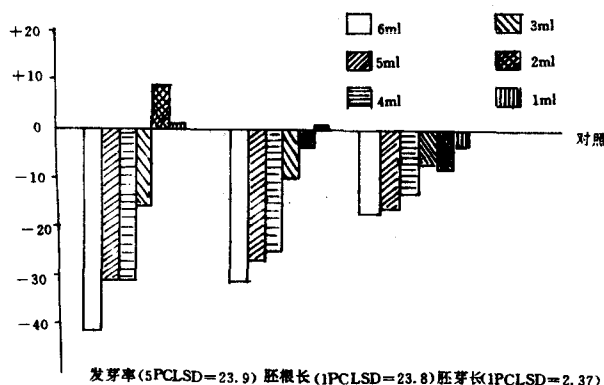


图 3 麦秸水提液对玉米种籽发芽及胚根和胚芽生长的影响

Fig 3 The effects of wheat straw water extract on corn seed germination, radical and coleoptile growth

的植物进行抑制。从麦秸中提取除草剂也为麦秸的利用展现了一个美好的前景;麦秸水提取液在浓度低时对很多作物有刺激作用。利用其低浓度的提取液促进某些种子的发芽与生长。寻找与小麦相生的作物连茬与间作,使他感化合物的作用得到更充分的利用。

综上所述,人们虽然对小麦的生化他感现象有了一定的认识,但研究中的很多方面还比较盲目且不够深入。由于影响生化他感现象的因素很多,目前从事此项研究的人也比较少,这项工作由于自然环境的复杂性,将是一项长期而艰巨的工作,有待多学科的研究人员的共同努力。小麦是我国的主要粮食作物之一,对其进行深入的研究有着更重要的意义。因此,这一新兴领域的许多问题有待进一步去解决,应该对麦秸复盖后,从他感化合物释放直至其影响基本消失进行系统的研究,了解多种他感化合物在这一长期过程中的迁移变化规律以及对其它生物产生的作用,同时,研究还必须建立在现代分析化学测试手段的基础上。我们相信,随着我国科学事业的进步和发展,小麦的他感研究会越来越引起广大科技工作者的重视,并将促进其它领域他感研究的进展,为他感作用的利用开拓一个更广阔的天地。

参 考 文 献

1. C. H. 切尔诺布里文科(艾玲译):《植物分泌物的生物学作用和间作中的种间相互关系》,北京,科学出版社,1961年
2. 孙文浩等,相生相克效应及其应用,《植物生理学通讯》,(28)1992:81—87
3. S. K. Hicks et al, Allelopathic effects of wheat straw on cotton germination, emergence and yield, *Crop Science*, 1989, 29: 1057—1061
4. R. W. L. Kimber, Phytotoxicity from plant residues. I. The influence of rotted wheat straw on wheat seedling growth, *Australian Journal of Agricultural Research*, 1966, 18: 361—374
5. R. W. L. Kimber, Phytotoxicity from plant residues. III. The relative effects of toxins and nitrogen immobilization on the germination and growth of wheat, *Plant and Soil*, 1973, 38: 347—361
6. R. Z. L. Thorne et al, Autotoxic effects of old and new wheat straw in conventional-tillage and no-tillage wheat soil, *Bot. Bull. Academia Sinica*, 1990, 31: 35—49
7. Alan P. Putnam et al, Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems, *Journal of Chemical Ecology*, 1990, 9(8): 1001—1009
8. Donald A. Crutchfield et al, Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control, *Weed Science*, 1985, 34: 110—114
9. Donn G. Shilling et al, Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: The suppression of certain broadleaved weeds and isolation and identification of phytotoxins, *The Chemistry of Allelopathy*, 1985, American-Chemical Society, 1985, 243—272
10. S. H. T. Harper et al, The role of water-soluble components in phytotoxicity from decomposing straw, *Plant and Soil*, 1982, 65: 11—17
11. J. M. Lynch, Phytotoxicity of acetic acid produced in the anaerobic decomposition of wheat straw, *Journal of Applied Bacteriology*, 1977, 42: 81—87
12. K. G. Cast et al, Allelochemicals in soil from no-tillage versus conventional-tillage wheat (*Triticum aestivum*) field, *Journal of Chemical Ecology*, 1990, 16(7): 2277—2289

A Brief Introduction to the Researches on Allelochemicals in Wheat Straw

HAN Qing-hua MA Yong-qing

(Institute of Agricultural Modernization, CAS, Shijiazhuang 050021)

Abstract Allelopathy is a natural existing phenomenon. In this paper, taking wheat straw as the studying object, a detailed information on its allelopathic phenomenon, extracting, identification, isolation and bioassay testing as well as the aspects which influences the wheat straw allelochemicals releasing were listed. In addition, a brief introduction to the researches on allelochemicals in wheat straw and its utilization in the world are presented.

Key words Wheat straw; Allelochemicals; Extraction; Isolation and identification

●征订启事●

欢迎订阅 1995 年《农业系统科学与综合研究》

《农业系统科学与综合研究》是中国系统工程学会农业系统工程委员会和中国科学院黑龙江农业现代化研究所合办的学术、技术性刊物。本刊主要刊登以系统科学和系统工程理论为指导的农业宏观决策、农村产业结构调整、农村经济建设、各业结构优化总体与优化等方面的论文,模型及经济方法。主要读者对象是广大农业科技人员、农业管理干部、农林院校师生及各业人员。本刊为季刊(逢季中月1日出版),公开发行,国际标准刊号:ISSN1001—0068,国内统一刊号:CN23—1158/S,邮发代号:14—151,全国各地邮政局(所)均可订阅,每册定价2.00元,全年8.00元。本刊社地址:哈尔滨市402信箱,中国科学院黑龙江农业现代化研究所。电话:6661236—538,邮编:150040。

欢迎订阅 1995 年《北京农业》

《北京农业》是北京市农业局主办的农林牧副渔综合性科技期刊。月刊,16开,48页,每期定价2.20元,全年26.40元。全国各地邮局均可订阅,代号:2—87。漏订者可汇款至北京市农业局《北京农业》编辑部订阅,地址:北京德外北三环中路,邮编:100029。