

326-304

水稻化感作用研究综述

王大力

5511.101

(中国科学院生态环境研究中心 北京 100085)

摘要 主要对水稻化感现象发现、化感生物检测、化感物质分离和鉴定、化感种质资源等方面的研究进行了系统的综合论述,在此基础上,进一步对化感作用研究中的主要问题,例如:生物检测手段、化感作用利用途径等进行了分析,并对我国的化感作用研究的存在问题及发展方向作出了论述。

关键词: 化感作用,水稻,综述, 化感生物检测, 化感物质

THE REVIEW OF RICE ALLELOPATHY

Wang Dail

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085, China)

Abstract Allelopathy of rice is a new area in rice related research and plays an important role in weed management. This paper gave a review on this hot point of rice allelopathy research, including allelopathic rice finding, allelopathic rice germplasm screening, allelochemicals searching, and allelopathic cultivar breeding. Some problems in allelopathy research and the priorities of allelopathy developing in China were discussed also.

Key words: rice, allelopathy, review.

化感作用(allelopathy)是近十年来逐步受到世界各国科学家重视的一个新的研究领域,它主要是指一个活体植物(供体植物)通过地上部分茎叶挥发、茎叶淋溶、根系分泌等途径向环境中释放一些化学物质,从而影响周围植物(受体植物)的生长和发育^[1]。这种作用包括促进和抑制两方面的作用。同时广义的化感作用还包括植物对周围微生物的作用,以及由于植物残株的腐解而带来的一系列影响。植物的化感作用广泛存在于自然界中,与植物间光、水份、养分和空间的竞争一起构成了植物之间的相互作用。化感作用在森林更新、植被演替以及农业生产中具有重要的意义。

水稻是世界上最为重要的粮食作物之一,它构成了世界亿万人口的基本营养来源。随着世界人口的不断增长,水稻增产措施的研究也成为当今世界农业的重要课题。水稻育种和水稻种植管理是提高水稻产量的两个重要方面,而且通过生态安全性手段提高产量是当前农业生产和环境保护的大趋势。特别是随着水稻直播方式在水稻生产中比重的不断提高,杂草的控制就更加重要。据 Chandler^[2]报道,在美国每年由于杂草带来水稻生产的损失大约为潜在产量的17%,约合2亿美元。在泰国的水稻生产中,杂草每年会带来大约25%~75%的产量损失^[3]。杂草控制有多种手段,例如:人工除草,化学除草(除草剂)、耕作管理以及生

* 本研究由国家自然科学基金项目(39570133)以及中国科学院“九五”特别支持项目(KZ 95 T020318)资助。

收稿日期:1997-09-07,修改稿收到日期:1997-11-27。

物控制,除草剂是目前主要的杂草控制手段,由于大量杀虫剂和除草剂的使用,对农田生态系统和人类生存环境造成很大危害,例如:1)造成杂草群落的变异;2)杂草抗药性的增强,造成控制难度增加,成本大幅度上升;3)污染地下水以及危害人体健康等环境问题^[4]。另外由于农药降解性差,使得危害更加严重。世界各国正致力于研究和实施减少除草剂投入,适用于可持续发展农业的杂草控制措施。化感作用是一个前景广泛的新途径,由于这种控制措施是利用了植物体在生态系统中的自身防御或抗逆能力,没有向系统中引入难降解的化学物质,不会带来诸如农药等的环境问题,故利用作物化感作用控制田间杂草是一种具有潜力的可持续发展农业的杂草控制措施,据美国农业部(USDA)^[5]估计化感作用新技术的应用将对美国农业带来相当于总产量2%,也就是约为20亿美元的效益。因此,如何在水稻生产中开发和利用水稻的化感作用也成为科学家所重视的一个研究课题^[4,6~11]。

我国稻种资源具有相当大的优势,据1991年的普查结果^[12],我国水稻种质资源包括地方品种46885、国内选育2396、野生稻4655份。虽然国外已有研究分析了一些中国的资源,毕竟为数不多,而且我国地域辽阔、生态环境多样,使得水稻种质具有很多特有的性状,或较高的多样性,因此在我国开展水稻化感资源研究是很有前景的。

1 水稻化感现象发现

目前,世界上已有几个研究小组正在开展这方面的研究工作,并且取得了一些令人振奋的结果(表1)。

表1 世界各国水稻化感作用研究小组

Table 1 Research groups on rice allelopathy in the world

研究组 Research group	国家 Country	研究重点 Project
Chou C H 等	台湾	水稻残株的化感作用研究,水稻连茬问题
Maneechote C	泰国	水稻化感作用研究
Kim K U 等	韩国	水稻化感资源研究
Shibayama H 等	日本	水稻化感资源研究
Mattice J 等	美国	水稻化感物质
Olofsdorrer M 等	菲律宾国际水稻研究所	水稻对稗草等化感作用研究、化感物质的分离和鉴定、育种学方面的探索
Diday R H 等	美国农业部	利用田间筛选的方法研究水稻种质资源对 Ducksalad (<i>Heteranthera limosa</i> (SV. 1)), Redstem (<i>Purple ammania</i>) 等的化感作用
Hassan S. M. 等	埃及	研究水稻资源的化感作用
Narwal S. S. 等	印度	稻麦轮作的化感作用研究
Fuji Y. 等	日本	利用植物根箱的方法研究水稻化感资源

Chou^[6,13]报道按照台湾1910到1975年的数据,二茬水稻的产量比头茬低25%,特别是在排水不良的地区,通过一系列实验发现,水稻残株的腐解和自毒作用是两个主要原因,而且这种自毒作用受温度、光照、土壤湿度、土壤肥力以及排水条件等环境因素的影响。Chou^[14]开展了野生稻的化感作用研究,从 *Oryza perennis* Moench 的24份材料中,发现一些材料具有化感作用。Dilday 等^[7,15~17]在美国阿肯色州进行了一系列的研究,针对12 000份材料对 Ducksalad, 5000份对 Redstem 的化感作用进行了研究,通过1988、1989、1990年的田间实验发现412份材料对 Ducksalad 具有化感作用,155份对 Redstem 具有化感作用。日本学者 Fuji^[8]在研究水稻的化感作用时,指出189个品系对菵荳幼根存在不同强度的化感作用,其中改良的梗稻的化感作用较弱,而一些地方的印尼起源品系有着较强的抑制作用。埃及科学家 Hassan^[15,22]从1993~1996年对水稻-稗草(*Echinochloa crusgalli*)的化感关系进行了研究,发现约有30份可以控制田间稗草50%~90%的生长,10余份材料对异型莎草(*Cyperus difformis* L.)有抑制作用,这些化感作用主要体现在抑制杂草的发芽以及二叶期的生长,同时也对水稻秸秆的化感作用进行了研究,发现在收获后和土地准备时,一

些具有化感作用的水稻残株对稗草的种子库有短期的明显抑制。Kim 等^[21]在韩国也开展了部分有关水稻化感作用的研究,发现一些水稻品种对稗草具有化感作用,结果同 Olofsdotter 的研究较为吻合。Narwal^[4]在研究稻麦轮作时发现水稻残株或秸秆的还田对杂草有一定程度的抑制,并且早期(播种15d)的作用要比后期(播种45d)的作用明显,作者认为这种差异可能是因为后期水稻秸秆产生的化感物质由于分解等原因而降低的结果。Maneechote^[9]在泰国开展了一些有关旱稻和野生稻的化感作用研究,发现部分材料对稗草和莠草具有化感作用,对幼根和幼苗的抑制在20%~60%之间。Olofsdotter 等^[22]在菲律宾国际水稻所(IR-RI)进行了有关水稻化感种质资源的研究,发现在旱季有11份材料可以使稗草的干重减少50%以上,21份在40%~50%;雨季21个品种抑制在50%以上,22个品种在40%~50%。日本的 Shibayama^[23]在植物根箱实验中发现莠草幼根受到供试水稻根系明显的抑制作用,同时盆栽实验证明供试水稻幼苗对某些杂草具有抑制作用,特别是对鸭舌草(*Monochoria vaginalis* (Burm. F.))的作用更为明显。

从上面的研究报告,人们可以发现在水稻种质资源中确实存在具有化感潜力的品种,同时部分水稻残株对一些杂草也有不同程度的抑制,而且这种特性广泛地分布于水稻的种质库中,充分研究和发掘这些有用资源,对改良水稻种植技术、稻田杂草控制、提高水稻产量以及农业的可持续发展有着相当重要的意义。

2 水稻化感生物检测技术研究

在化感作用研究中,生物检测手段是一个亟待规范化、标准化的重要方面,它起着确定某植物的化感作用,为化感作用的进一步深入研究提供证据的作用。有效的生物检测手段应包括田间和室内两种检测手段。室内的生物检测应是一种快速、灵敏以及适用于大批量检测的手段,而田间的检测应是对室内检测结果的一种野外条件下的进一步印证(见表2)。

表2 水稻化感作用研究中的常用生物检测方法

Table 2 Methods of bioassay used in rice allelopathy research

研究组 Research group	生物检测方法 Bioassay	供试植物 Test plant	检测指标 Index	文献 Reference
Chou C H	海绵-培养皿法	白菜种子	幼根长度	[14]
	海绵-培养皿法	莠草种子	幼苗、胚轴长度	[6]
	改进型海绵-培养皿法	水稻种子	幼苗、胚轴长度	
	海绵-试管法	绿豆胚轴	发根数量	
Dilday R H	田间抑草圈实验	Ducksalad 和 Redstem	抑草圈的直径;杂草种群的减少	[7,1]
Fuji Y	植物根箱法	莠草	幼根伸长	[18]
Hassan S M	田间筛选法	稗草、异型莎草	生物量	[19,20]
Shibayama H	田间实验法	杂草	杂草数量	[23]
	盆栽实验法	<i>Monochoria</i>	杂草萌发率	
	植物根箱法	莠草种子	幼根的伸长	
Olofsdotter M	田间实验	稗草	杂草密度及杂草生物量	[22,24,25]
	滤纸-培养皿实验	稗草种子	幼根伸长量	

Chou^[14]在研究野生稻的化感作用时,采用白菜(*Brassica oleraces*, cv. Meifong)种子作为生物检测对象,将种子置于放有海绵的培养皿中,加水稻的蒸馏水浸提液培养,以白菜种子的幼根长度作为检测指标。Chou^[6]在研究水稻的自毒作用机理时,提出了3种生物检测技术,第1种即前面提到的海绵-培养皿技术,利用莠草作为检测对象;第2种是改进型,即在海绵上铺一层浸有水提液的滤纸,并用玻璃纸封盖,25℃培养72h后,记录种子的胚根与胚芽的长度;最后一种是将绿豆的胚轴切段置于含有30ml检测液的试管中,用海绵封口,黑纸覆盖,7d后记录发根的数目。Dilday 等^[7,15-17]在 Stuttgart 的基地研究了水稻对 Ducksalad

和 Redstem 的化感作用,他们利用田间水稻周围形成的无杂草区域(抑草圈)的大小以及杂草种群的密度变化作为衡量水稻种质资源中对 Ducksalad 和 Redstem 化感作用的指标,研究筛选了 USDA 的近12000份材料。Fuji^[6]提出了“植物根箱法”作为研究水稻化感作用的生物检测方法,本方法是将1至2个月的水稻幼苗移入装有沙子和营养液的箱中,在其周围播种莠苣种子,一定时间后,测定不同距离上(浓度梯度)的幼苗生长状况,包括幼根长度等指标。Hassan 等^[19]在田间条件下,将稗草和异型莎草播种至水稻幼苗预播的样地中,记录杂草的密度、生物量的变化,另外利用含有水稻残株的土壤进行盆栽实验,研究水稻残株对稗草的化感作用。Shibayama 等^[23]除采用田间实验和盆栽实验外,也运用了 Fuji 的植物根箱法,但基质采用了琼脂。Oloisdotter 小组^[20,24~25]在国际水稻研究所进行了一系列有关水稻化感作用的研究,他们采用了田间和室内两种生物检测手段相互印证,在田间采用播种稗草的方法研究水稻对稗草种群密度和生物量的影响,同时在室内采用滤纸-培养皿法快速检测水稻品种。滤纸-培养皿法是将放有滤纸的培养皿(9.0cm)置于一方型的透光塑料盒(11.5×13×13cm³)中,盒内放有充足的蒸馏水,水分通过滤纸桥(4×23cm²)进入培养皿,以保持皿内有持续不断的水分供应,培养皿的滤纸上面铺上适当的珍珠岩粉;实验时,先播种20粒水稻,7d后,再播种30粒稗草种子,然后共同培养14d,测量稗草幼根长度变化。这样的设计基本上消除了水分和养分的干扰,但是微生物、光线和氧气的干扰应进一步加以考虑。

从上面的报道,可以看出在水稻化感作用研究中,各国的科学家采用多种多样的生物检测手段,主要分为室内和田间两种,目的在于设法阐明水稻化感作用的真实存在,但是如何很好地比较、应用这些实验结果却是较为困难的,因为这些研究采用了不同的生物检测目标植物。总之,在化感作用的生物检测研究中,以下几个问题是必须引起研究者的重视:

1) 生物检测结果的可比性 以水稻为例,世界各国的科学家应尽量采用相同的生物检测目标植物,这样就可以对比本地与外地的化感水稻资源,促进化感作用研究向应用化发展。

2) 室内生物检测的快速、批量化 由于植物的生长周期较长,这就限制了生物检测的速度,以及化感资源的筛选,因此快速室内检测手段的建立就十分重要。由于针对幼苗的实验周期短,而且较为敏感,所以基于种子萌发阶段的生物检测是较为满意的途径。另外,批量可操作的生物检测方法也是化感作用筛选研究中,必须考虑的。

3) 室内生物检测研究材料的针对性 选取何种植物作为生物检测材料,不仅应考虑实验的快速、敏感以及批量等因素,而且最重要的是有实际意义。从水稻的角度,选取试图控制的杂草作为研究材料是最为恰当的,其它如莠苣、绿豆等可能会给出错误的检测结果,因为莠苣、绿豆等对化感物质的响应与稗草等目标杂草会有所不同。另外,结合地方水稻种植现状,选择地方重要杂草也是一种有针对性的选择。

4) 室内生物检测的环境条件的简单化 在室内可控条件下,水分、养分、光线以及空间的竞争必须设法去除,使化感物质成为唯一的限制因子。

5) 室内生物检测的种子大小、密度的合理化 室内生物检测所用的种子大小必须合理,使得种子内的养分不至于在采样前消耗完,这样可以较好的消除种子对培养液的依赖,而不向系统中引入可能的养分竞争。较大的种子,例如大豆等,比较容易感染细菌而影响实验结果,较小的种子由于养分的有限,可能在采样前已消耗完自身的养分。另外,由于种子密度的不同,也会导致个体种子化感物质接受量的差异,从而影响试验结果的可靠性。

6) 标准化合物的生物检测 对于已分离、鉴定的潜在化感物质,利用标准化学品进行生物检测,以确定其化感作用是化感研究中一个重要的环节。但是,此研究中必须注意到待测化合物的田间实际浓度、多种化合物的累加效应、协同作用和拮抗作用。同时,由于检测过程中化合物一次性添加,造成化合物浓度不断减低而影响实验结果,因此维持化合物连续、恒定释放的生物检测方案将有助于解决这个缺陷。

7) 室内生物检测与田间检测的相互印证 室内检测手段可以迅速给出一些可能的具有化感作用的水稻品种信息,但由于室内与田间条件的差别,在野外条件下,化感作用的确证对实际研究和应用具有更重要的意义。作为室内实验和田间检测的过渡,温室盆栽实验也是一个较好的、环境相对简化的方案。

8) 田间生物检测条件的单一化 在自然界中,植物之间的相互作用通常是一个多因素相互作用的结

果,只是某些时间,某种因素例如化感作用,成为主导因素,因此如何减少田间条件下,供体植物与受体植物之间的水分、养分、光线以及空间等方面的竞争,确认它们之间的化感作用也是化感作用研究中一个较为困难的课题。

9) 田间检测的时段选择 在水稻的种植过程中,早期生长(播种、移栽-分蘖盛期)是杂草危害的关键时期,这个阶段的杂草危害直接影响到后期产量,因此,设计基于早期生长的化感生物检测方案是切实可行的。

10) 单株植物的生物检测技术 建立一个可行的适用于检测单株植物的化感作用的生物检测方法在化感作用育种应用中是十分重要的,这种技术不仅要求可对大量的单株植物进行批量生物检测,以求发现具有化感特性的植物个体,而且还必须保持此植物个体的生命持续性,因为进一步的育种研究要利用此个体作为 F1 或基因供体。

3 水稻的化感物质及根系分泌物

化感物质的分析研究是化感作用研究中一个重要方面,化感物质的分离鉴定不仅可以帮助人们揭示化感作用的机理,而且在进一步的育种研究中,正确的化感物质将可以作为基因定位的标记。

有关水稻的化感物质已有部分研究,从水稻残株分解物或秸秆还田的土壤中,分析发现较多的酚酸类化合物^[26~29],这些酚酸类化合物多具有化感作用,而且在自然界中分布较为广泛。从水稻活体根系分泌物来看,主要分泌物为碳水化合物、氨基酸、激素和酚酸类化合物(见表3)^[29~33],碳水化合物和氨基酸是水稻土壤根区微生态系统中微生物的主要能源,分解后可能会产生一些具有化感作用的物质。

表3 水稻化感物质及根系分泌物

Table 3 Root exudates and allelochemicals from rice

化合物 Compounds	来源 Source	文献 Reference
对羟基苯甲酸、邻苯乙醇酸、阿魏酸、对香豆酸、香草酸	水稻残株水浸液	[26]
对羟基苯甲酸、水杨酸、对香豆酸、苯甲酸、原儿茶酸、咖啡酸、芥子酸、2,5-二羟基苯甲酸、丁香酸、阿魏酸、邻苯乙醇酸、没食子酸、β-二羟基苯甲酸、香草酸	水稻残株	[27]
5-(12-十七烯)-间苯二酚	根系分泌物	[29]
激动素	根系分泌物	[30]
氨基酸、碳水化合物等	根系分泌物	[31]
细胞素、玉米素、顺、反玉米素核苷等	根系分泌物	[32]
氨基酸、碳水化合物	根系分泌物	[33]
对羟基苯甲酸、对香豆酸、阿魏酸、香草酸、丁香酸、原儿茶酸、间香豆酸、没食子酸	水稻植株水浸液	[14]
3-羟基苯甲酸、4-羟基苯甲酸、4-羟基苯基丙酸、	根系分泌物	[28]
3,4-二羟基苯基丙酸、4-苯乙醇酸、4-羟基苯甲醛、		
3-羟基-甲氧苯甲酸、4-羟基肉桂酸	土壤浸出液	

从这些化感物质的研究也可以看出有关水稻化感物质方面的研究是亟待深入的。例如对已发现的化感物质的真正来源、活体植株释放物(分泌物、淋溶物、挥发物)的化学组成、释放物在土壤系统(根际微生生态系统)中迁移形式以及作用于受体植物的化感物质形式等。

另外,由于土壤生态系统的复杂性,活性物质可能在短时间内被土壤微生物降解或被土壤吸附,使得人们无法提取,因此如何实现对土壤中根系分泌物等活性物质的实时(on line)监测是一个很有意义的研究方向,Westerink^[34]和 Hogan^[35]在研究物(小鼠)的脑髓液时,采用微探针技术结合高灵敏度的检测设备来监测脑基液的变化,并取得了良好的结果,是否可以将这种技术应用到化感作用研究中,在植物根际微

生态系统中使用这种技术相对简单一些,但是高灵敏的检测手段依然是这种技术转移的关键。如何将选择性渗透膜(化学修饰,改性)和生物放大技术(酶联免疫)结合到这种检测技术上可能会使得化感物质的研究取得突破性进展。

4 水稻化感种质资源研究

化感作用研究的一个主要目的就是有效地将这种作用移植到实际的农业生产中,减少农业的化学品投入及对环境的污染,为可持续发展农业提供有效的工具。化感作用的应用研究可以分为几方面:

1) 合理的秸秆还田技术应用 有效的利用作物秸秆还田后腐解释放的活性化感物质,控制早期农田中杂草的发生。通过适时、适量地进行秸秆还田以及播种等管理措施的运用,不仅可以减少对下茬作物的不良影响、有效地控制杂草的发生,而且可以提高土壤有机质的含量,增加土壤肥力。

2) 活性化感物质的利用 以自然状态下的活性化感物质为目标,通过人工合成有效的化学物,施入农田系统,不仅可以有效地控制杂草,而且由于这种化合物的易降解性,不会给土壤等带来环境问题。

3) 合理的轮作、套种和间作制度的建立 通过研究作物的化感作用,建立合理的轮作或间作制度,可以有效地利用作物的化感作用来控制田间的杂草以及降低作物之间的负效应,提高土地利用效率,增加土壤的年产出量。

4) 化感品种的培育 化感作用是植物间相互作用的一种形式,在某些具体条件下,化感作用会成为主导因子。因此如何将作物的化感性状通过传统育种手段或现代生物工程技术转入具有高产、抗病、早熟等特征的优良作物品种中,使之在具有水分、养分竞争力的基础上,又对杂草具有化感抑制性,从而达到控制杂草的目的。化感品种的培育是化感应用中最具前景的一个方面,成功的品种选育意味着最大限度地减少向农田生态系统中引入化学品、有效地控制杂草发生。

对于水稻化感品种培育研究最为重要的是化感资源筛选、化感水稻特征研究,这方面已有部分报道。Chou等^[14]研究了野生稻的化感作用,发现部分对白菜的幼根生长具有抑制作用,同时指出野生稻的化感作用与地理起源以及多年生程度无关。Fuji^[15]研究了189份水稻材料的化感特性,发现热带梗稻材料具有较多的化感特性,在其它的改良梗稻中,化感特性较少。这可能是由于在以往的水稻育种中忽略了化感这一特性的缘故。Dilday等^[17]指出在USDA的水稻种质库中约有3%对Ducksalad或Redstem具有化感作用,这些品种起源于30多个国家,但是来自中国和巴基斯坦的水稻资源对Ducksalad有着较强的化感作用,在鉴定的材料中约占50%,其中中国的中粒梗稻资源、巴基斯坦的长粒籼梗资源尤为出色。Dilday对水稻化感作用育种方面的初步研究中^[17]利用化感水稻IR644-1-63-1-1与Adair, Alan, Katy, Lemont/RA73, M-201/Katy和Newbonnet进行杂交实验,发现与对照Rexmont(无化感作用)相比,IR644-1-63-1-1和Katy杂交的一个品系Stg94L2-103对Ducksalad具有明显的抑制作用,并且产量高出Katy约200kg/hm²,进一步利用India T-43与Katy杂交实验,研究发现Katy的抑草圈为6.0cm, India T-43的为12.5cm,而F₃的抑草圈则分成两组,0~7.5cm和12.5~17.5cm,分析说明India T-43的化感作用是由多基因控制的。

由于化感特性是由多基因控制,这使得化感作用的基因定位以及以后的育种工作存在许多困难,故研究水稻的化感特性是否与一些较稳定的水稻的农学特征相关联,可能为这方面的研究发现一条较为简捷的途径或手段。同时,在向水稻种质中引入化感特性时,人们也必须考虑到这是否会引引起品种有关产量等优良特征的变化,有关水稻化感特性的生理消耗(physiological cost)的研究将会在这方面给出一些解释。有研究^[16]报道,在美国阿肯色州1992年的研究中发现38个品系中的9个对水苋菜属的*Ammanium coccineum*, *Heteranthera limosa*和假马齿苋属的*Bacopa rotundifolia*等水生杂草显示80%以上的抑制(抑草圈37~48cm),同时,与对照品种(Rexmond)相比,这9种具有化感作用的水稻材料具有高出对照6~9倍的生物量。王大力等^[31]在研究水稻的化感作用时发现化感材料的生物量与对照之间的差别主要是由于品种的差异造成的,化感材料未显示出显著差异,但是在水稻的不同生长期,根茎比却体现出一定的规律性。这说明化感作用在作物形态上可能体现出一定的规律。

水稻种质化感特性的存在是毋庸置疑的,但是仍需广泛地筛选研究。同时,水稻化感作用的生理消耗以及同其他形态或农学特征的关联的研究是十分重要的,但这方面尚知之甚少。

5 化感研究发展方向

综合上述水稻化感作用研究进展,可以看出化感作用在未来的水稻生产中具有重要的作用,而且世界各国科学家也逐渐开始重视这一新领域的研究。

化感作用研究在我国是一个相对较新的研究领域,但是由于化感作用在可持续发展的农业生产以及环境保护上的重要作用及应用前景,深入开展化感作用的研究是非常必要的。结合国内、国际的研究进展和农业发展状况,我国的化感作用研究应着重从以下几个方面进行:

5.1 建立规范的化感作用生物检测方法

正如前面有关生物检测的论述,一个具有简洁操作、快速完成、批量筛选、针对性强以及检测结果可比性好等特点的方法对化感作用领域的研究是十分重要的。它有利于比较国内、国际的结果,更好地推动化感研究。

5.2 化感作用研究

粮食、经济作物的化感应用研究 在我国,可持续发展农业的一个重要课题是如何提高现有粮食作物的产量,同时如何解决由此带来的一系列环境问题。农作物化感作用研究的开展可以针对农田杂草的控制、轮作套种技术提出合理的、具有生态安全性的措施。化感作用研究中有关作物的化感育种研究在我国是一个空白,但是化感育种的成功可以对我国农田杂草控制带来革命性的概念和措施。因此在我国开展主要粮食、经济作物对主要杂草的化感作用谱、建立化感种质资源信息库、化感品种筛选、化感作用基因定位等研究是化感研究领域专家、其他专业的科学家以及政府官员应给予重视和支持的。

基于化感作用上的生物工程项目研究 例如在农业生产中,作物秸秆资源化是一个重要课题,开发秸秆对杂草的化感物质,建立适时、适量的秸秆还田技术控制田间杂草生长、同时提高土壤肥力,对我国可持续发展农业也具有重要意义。

混林农业中化感作用的研究 在我国混林农业是农业生产中的一种重要形式,如何减少林木对作物的化感影响也是一个重要课题。

5.3 化感物质的研究

化感物质的分离和鉴定 现代分析手段以及化学的渗透对化感研究的开展是非常必要的,化感物质的分离、鉴定对于化感机制以及化感育种研究的开展具有重要的促进作用。

化感物质的实时检测 由于化感物质在自然环境中的含量低,易降解等特点,因此如何快速、高效地获取作用介质中的化感物质,并实现化感物质的实时监测研究是了解化感物质的重要方法。

5.4 化感机制的研究

化感机制的揭示可以使人们对化感作用有更全面的理解,促进化感作用的研究。

5.5 突破化感作用的局限

化感作用是一个涉及多学科的研究领域,因此引入多学科的思想和方法是十分有益的。另外,将化感作用引入其他领域,也是拓展化感研究的重要方面,例如:在全球变化条件下,如何评价植物化感作用等。

参 考 文 献

- 1 王大力. 豚草属植物化感作用研究综述. 生态学杂志, 1995, 14(4): 48~53
- 2 Chandler J M. Estimated losses of crops to weeds. In: D. Pimentel (ed.), *Handbook of Pest Management in Agriculture*. Vol. 1. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, 1981. 95~109
- 3 Manechote C and Krasaesinhu P. Allelopathic effects of some upland and wild rice genotypes in Thailand. Paper in the *First World Congress on Allelopathy: A Science for the Future*. Cadiz, Spain, 1996
- 4 Narwal S S. Allelopathic strategies for weed management in rice-wheat rotation for sustainable agriculture. Paper in the "*Workshop on Allelopathy in Rice*", IRRRI, Los Baños, Philippines, 1996
- 5 U. S. Department of Agriculture. Report of the Research Planning Conference on the Role of Secondary Compounds in Plant Interactions (Allelopathy). A Conf. sponsored by ARS-USDA, Mississippi State Univ., March 15~16, 1977, 124
- 6 Chou C H. Adaptive auto-intoxication mechanisms of *Oryza sativa*. Paper in the "*Workshop on Allelopathy in Rice*".

- IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
- 7 Dilday R H, Yan W G and Moldenhauer K A K. Allelopathic activity in Rice (*Oryza sativa* L.) to major aquatic weed species. Paper in the "Workshop on Allelopathy in Rice", IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
 - 8 Marambe B. Rice allelopathy: current scenario and its future potential in weed management in rice fields of Sri Lanka. Paper in the "Workshop on Allelopathy in Rice", IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
 - 9 Prasad M N V. Allelopathy in rice paddies of Andhra Pradesh, India. Paper in the "Workshop on Allelopathy in Rice", IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
 - 10 Olofsdotter M, Wang D and Navarez D. Allelopathy of rice. Paper in the First World Congress on Allelopathy: A Science for the Future, Cadiz, Spain, 1996
 - 11 Olofsdotter M and Navarez D. Approaches in rice allelopathy research. In: *Proceedings of 15th Asian-Pacific Weed sciences Society Conference, July, 24~28, Tsukuba Japan, 1995*. 315~320
 - 12 应存山. 中国稻种资源. 应存山主编. 北京: 中国农业科技出版社, 1991
 - 13 Chou C H. Allelopathy in relation to agricultural productivity in Taiwan: problems and prospects. In: *Allelopathy: Basic and applied aspects* (edited by S. J. H. Rizvi and V. Rizvi), Chapman & Hall, London, 1992. 179~203
 - 14 Chou C H, Chang F J and Oka H I. Allelopathic potentials of wild rice, *Oryza perennis*. Taiwan, 1991, 36(3): 201~210
 - 15 Dildy R H, Nastasi P and Smith Jr RJ. Allelopathic observations in Rice (*Oryza sativa* L.) to Duckweed (*Heteranthera Limosa* (Sw.) Willd.). *Proceedings Arkansas Academy of Science*, 1989, 43: 21~22
 - 16 Dildy R H, Nastasi P, Lin J, et al. Allelopathic activity in Rice (*Oryza sativa* L.) against Duckweed (*Heteranthera Limosa*) (Sw.) Willd. In: *Sustainable Agriculture for the Great plains, Symposium Proceedings*. USDA, ARS, ARS-89, (edited by Hanson J D, Shaffer M J, Ball D A et al.), 1991. 193~201
 - 17 Dildy R H, Lin J and Yan W. Identification of allelopathy in the USDA-ARS rice germplasm collection. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 1994, 34: 907~910
 - 18 Fujii Y. The allelopathic effect of some rice varieties. In: *Proceedings of the International Seminar "Biological Control and Integrated Management of Paddy and Aquatic Weeds in Asia"*, October 19~25, Tsukuba, Japan, 1992. 160~165
 - 19 Hassan S M, Rao A N, Bastawisi A O et al. Weed management in broadcast seeded rice in Egypt. In: *Proceedings from an International Workshop on: Constraints, Opportunities and Innovations for Wet-seeded Rice*. 31 May-3 June 1994, Bangkok, Thailand
 - 20 Hassan S M, Aidi I R, Bastawisi A O, et al. Weed management in rice using allelopathic rice varieties in Egypt. Paper in the "Workshop on Allelopathy in Rice", IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
 - 21 Kim K U and Shin D H. Rice allelopathy research in Korea. Paper in the "Workshop on Allelopathy in Rice" IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
 - 22 Olofsdotter M and Navarez D. Allelopathic rice for *Echinochloa crus-galli* control. Paper presented in Second International Weed Control Congress, Copenhagen Denmark, 1996
 - 23 Shibayama H and Matsuo M. Some studies on allelopathic effects of rice varieties to paddy weeds in Wagner pot, plant-box and petridish experiments. Paper in the "Workshop on Allelopathy in Rice", IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
 - 24 Olofsdotter M, Navarez D and Moody K. Allelopathic potential in rice (*Oryza sativa* L.) germplasm. *Ann. appl. Biol.* 1995, 127: 543~560
 - 25 Navarez D and Olofsdotter M. Relay seeding technique for screening allelopathic rice (*Oryza sativa* L.). Paper presented in Second International Weed Control Congress, Copenhagen Denmark, 1996
 - 26 Chou C H and Lin H J. Auto-intoxication mechanism of *Oryza sativa*; 1. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. *J. Chem. Ecol.*, 1976, 2(3): 353~367
 - 27 Kuwatsuka S and Shindo H. Behavior of phenolic substances in the decaying process of plants; 1. Identification and quantitative determination of phenolic acids in rice straw and its decayed product by gas chromatography. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1973, 19(3): 213~227
 - 28 Mattice J, Lavy T, Skulman B et al. A search for the allelochemicals in rice responsible for the control of Duckweed.

- Paper in the "Workshop on Allelopathy in Rice", IRRI, Los Baños, Philippines, 1996
- 29 Bouillant M L, Jacoud C, Zanella I, *et al.* Identification of 5-(12-heptadecenyl)-resorcinol in rice root exudates. *Phytochemistry*, 1994, **35**(3): 769~771
 - 30 Yoshida R, Oritani T and Nishi A. Kinetin-like factors in the root exudate of rice plants. *Plant & Cell Physiol*, 1971, **12**: 89~94
 - 31 Sadhu M K and Das T M. Root exudates of rice seedlings: The influences of one variety on another. *Plant and Soil*, 1971, **34**: 541~546
 - 32 Murofushi N, Inoue A, Watanabe N, *et al.* Identification of cytokinins in root exudate of rice plant. *Plant & Cell Physiol*, 1983, **24**(1): 87~92
 - 33 MacRae I C and Castro T F. Carbohydrates and amino acids in the root exudates of rice seedlings. *PHYTON*, 1966, **23**(2): 95~100
 - 34 Westerink B H C. Monitoring molecules in the conscious brain by microdialysis. *Trends in Analytical Chemistry*, 1992, **11**(5): 176~182
 - 35 Hogan B L, Lunte S M, Stobaugh J F, *et al.* On-line coupling of in vivo microdialysis sampling with capillary electrophoresis. *Anal. Chem.* 1994, **66**: 596~602
 - 36 Lim J, Smith Jr R J and Dilday R H. Allelopathic activity of rice germplasm on weeds. In: *Proceedings of Southern Weed Science Society*, 1992, **45**: 99
 - 37 Wang D and Olofsdotter M. Growth characters of allelopathic and non-allelopathic rice, Paper in the *First World Congress on Allelopathy: A Science for the Future*, Cadiz, Spain, 1996