

主要农作物转基因飘流频率和距离的数据调研与分析 III. 小麦

王旭静¹, 徐惠君², 余茂云², 贾士荣¹, 王志兴¹

(1. 中国农业科学院生物技术研究所, 北京 100081; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:小麦是一种自花授粉作物, 异交率较低。由于国际上尚无转基因小麦的大量应用, 目前还缺乏转基因飘流研究的详尽数据。根据国际上以往用常规形态标记所获得的异交率数据, 异交率小于或等于 0.1% 的阈值距离为小于 30 m。

关键词:小麦; 基因飘流; 阈值距离

doi:10.3969/j.issn.1008-0864.2011.04.10

中图分类号: Q788, S512 文献标识码: A 文章编号: 1008-0864(2011)04-0066-06

Data Survey and Analysis of Trans-gene Flow Frequency and Distance in Major Crops III. Wheat

WANG Xu-jing¹, Xu Hui-jun², SHE Mao-yun², JIA Shi-rong¹, WANG Zhi-xing¹

(1. Biotechnology Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

2. Institute of Crop Sciences, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Wheat is a self-pollinated crop and its out crossing rate is relatively low. To date, because there is no large scale application of transgenic wheat internationally, thus the detailed data on wheat transgene flow is lacking. According to the accumulated data on out crossing rate between different wheat cultivars generated based on traditional morphological markers, the distance of out crossing rate at a threshold value of 0.1% is to be less than 30 m.

Key words: wheat; gene flow; threshold distance

小麦是我国第三大粮食作物, 仅次于玉米和水稻; 自花授粉, 风媒传粉。种内异交率一般在 1% 以下, 个别异交率高的品种可达 10%; 种间杂交成功率低, F₁ 杂种常高度不育^[1]。小麦是一种高度驯化的作物, 在自然环境中没有长期生存繁殖和建立居群的能力。

1 与安全性有关的小麦生物学特性

1.1 一般性描述

普通小麦 (*Triticum aestivum*) 是异源六倍体, 具 AABBDD 基因组, 分布在温带。分类上属于禾

本科 (*Gramineae*)、小麦族 (tribe *Triticeae*)、小麦属 (genus *Triticum*)。小麦族内包括 18 个属, 分为两个亚族, 即: 小麦亚族 (*Triticinae*) 和大麦亚族 (*Hordeinae*)。小麦亚族内重要的属有: 小麦属 (*Triticum*)、山羊草属 (*Aegilops*)、黑麦属 (*Secale*)、冰草属 (*Agropyron*) 和簇毛麦族 (*Haynaldia*)^[2,3]。

最古老的裸小麦 (6 800 ~ 5 200 B. C.) 发现在土耳其南部、以色列、叙利亚、伊拉克、伊朗和美国乔治亚州的高加索山南部。小麦的起源已较清楚, 普通小麦的 A 基因组起源于一粒小麦 (*einkorn*, *T. monococcum*), D 基因组起源于山羊草 (*T. tauschii* = *Ae. squarrosa* = *Ae. tauschii*), B 基

收稿日期: 2011-06-18; 接受日期: 2011-07-20

基金项目: 国家转基因生物新品种培育重大专项 (2009ZX08012-019B) 资助。

作者简介: 王旭静, 副研究员, 博士, 主要从事植物基因工程和转基因生物安全研究。Tel: 010-82106124; E-mail: xujingwang0514@126.com。通讯作者: 王志兴, 研究员, 主要从事植物基因工程与转基因生物安全研究。Tel: 010-82106102; E-mail: wang-cotton@126.com

因组的起源仍不清楚^[2,4]。

普通小麦种子发芽的最低温度为 3~4℃,开花温度要求在 14℃ 以上。冬小麦种子需要在 -1~8℃ 之间春化 40~70 d,能耐受的最低温度约为 -25℃^[5]。春小麦种子仅需春化 3~5 d^[2,5],幼苗能耐受的低温约为 -5℃^[2,6]。

小麦仅在栽培条件下繁殖,其种子的收获和繁殖完全依赖于人。小麦主要为自花授粉,异交率 1%~2%,也可能 <1%^[7]。风媒传粉的异交率决定于各种物理因素,湿度高时异交率低(1%),但在温暖干燥的气候条件下异交率较高,可达 3.7%~9.7%,分蘖穗更易异交。异交率的高低还决定于品种,春小麦品种的异交率依基因型而异,常低于 9%^[8]。孤雌生殖(apomixis)很少见^[2,3]。

1.2 开花习性

小麦在晴天、温度至少为 11~13℃ 才开花。主茎穗先开,其过程是穗中部 1/3 先开,然后向上和向下逐渐开花,顶端和基部的小穗开花最晚。每穗平均有小花 80 朵,平均每穗结实 30~35 粒。开花时外稃和内稃的张开角度为 20°~35°,花粉囊提前 1~3 d 成熟。在有利的天气条件下一朵小花可在 13~18 min 内完成开花周期,未受精的小穗可保持开放状态数小时甚至几天^[2,3]。雄性不育植株的柱头可保持活力 4~13 d^[9]。

整穗开完花需 101~120 h,平均每天开 23 朵小花。开花始于早晨 4:00~5:00 之间,9:00~10:00 达到高峰,第二个高峰期在下午 2:30~3:30 之间,通常在下午 7:00 前结束。一株小麦开花的时间为 4~15 d(平均数据在德国获得)^[2,3]。

每个花药生产的花粉量较少,每个花粉囊约含 2 700 粒花粉。平均每一突出小穗的花药其 80% 的花粉粒都散放到空气中,由此推测,具有大量突出花药的小麦品种可释放足够的花粉实现异交^[3]。在实验室试验条件下[中等弥散交换量(moderate mass exchange) 10 g/cm·s 和中等风速 3 m/sec],花粉在 1 m 高度可迁移约 60 m^[10];在田间试验中,Wilson^[11]发现离花粉供体 30 m 的雄性不育小麦植株上的结实率为 10%。

在温度 16~20℃、相对湿度 70%~75% 的条件下小麦的散粉率最高^[12]。花粉落到柱头上 15 min 后开始萌发^[10],只有很短时间保持受精能力,即便在适宜的条件下(5℃、60% 相对湿度)也不会超过 3 h,在通常的田间条件下(20℃、60%

相对湿度)花粉成活时间小于 30 min,当温度约 30℃、相对空气湿度低时,花粉只能维持其功能 15 min,因此在热天,这种短时间的受精能力可大大降低花粉的萌发和异交^[2,3,10]。

小麦花粉扩散的距离相对较短,Jensen^[13]研究表明 90% 的花粉落在距花粉源 6 m 以内,少量花粉可扩散至 60 m,还有研究表明少量有活力的小麦花粉可扩散至 24 m、48 m、60 m、甚至 1 000 m^[11,14,15],但在一定距离上存在有活力的花粉并不一定会发生授粉和基因飘流^[16]。

2 小麦异交率/基因飘流研究的概述

本次调研共收集了小麦开花生物学特性、属间种间种内杂交、和基因飘流的相关文献 29 篇。

小麦为自花授粉作物,天然异交率低。

2.1 品种间的异交率

不同小麦品种的异交率差别较大,如 Griffen^[17]报告新西兰 10 个冬小麦品种在 15 cm 处的异交率为 0.14%~3.95%,Martin^[18]报告在美国堪萨斯州 12 个冬小麦品种在 30 cm 处的异交率为 0.1%~5.6%。春小麦品种的异交率与冬小麦类似,20 cm 处为 0.2%~6.4%^[8]、30 cm 处为 0~2.16%^[19]。小麦远距离异交的研究较少,Huel 和 Matus-Cadiz^[20]以蓝糊粉层小麦作标记,研究其与硬红粒春小麦的异交,发现在花粉源附近有 0~3% 的杂种,距花粉源 27 m 处异交率为 0~0.09%。

小麦品种异交率的高低与许多因素有关,包括开花生物学特性(如芒的有无、穗型、小花张开角度等,有芒品种的异交率相对较低)及环境因素(如风向、风速、温湿度和日照)等^[21]。Lawrie 等^[22]用温室套袋法(每袋套一穗供体、3 穗不去雄的受体)对 35 个加拿大春小麦品种进行异交率研究,发现大多数品种的异交率在 0~3.5% 之间,但个别品种如 Glenlea(8.6%~10.6%)和 Wildcat(4.2%~6.3%)的异交率高,可能与它们的穗型较疏松、小花张开角度较大有关。雄性不育系由于不产生有活力的花粉,异交率高,De Vries^[23]在综述小麦雄性不育系的异交结实率时,报道在不同试验中,离花粉源 29 m 处的结实率为 15.3%,40 m 处为 4.8%~5.4%,48 m 处为 3%~10%。

2.2 种间和属间杂交

小麦种内及与其他近缘种成功进行杂交育种已有许多例子,六倍体小麦种内任何组合都可杂交,因为基因组同源,后代是可育的,可出现杂种优势。在属间和种间杂交中,普通小麦常用作母本,且需采用一些特殊的技术如胚抢救。在与其他种如黑麦的杂交中,已发现不同的普通小麦品种异交能力不同,原因之一是有 *Kr1* 和 *Kr2* 基因潜在控制^[24]。迄今在小麦上已进行了大量远缘杂交,但这与在环境中发生天然异交的情形不同^[2,3]。

二倍体与六倍体、四倍体与六倍体杂交会极大降低 F_1 代的育性。染色体倍性高的亲本用作母本,杂交较易成功。但小麦与大麦(14 个染色体)杂交,当大麦用作母本时也可成功。绝大部分六倍体 \times 二倍体的 F_1 杂种是不育的,仅 *T. aestivum* \times *T. monococcum*(一粒小麦)人工杂交的 F_1 杂种的籽粒可以萌发,反交杂种的籽粒不能萌发。四倍体与六倍体人工杂交,仅在 *T. aestivum* 与 *T. turgidum*(圆锥小麦)、*T. durum*(硬粒小麦)、*T. timopheevi*(提莫菲维小麦)或 *T. carthlicum*(波斯小麦)上成功^[25],*T. aestivum* 与 *T. turgidum* 的杂种可育。故小麦与相关种或属杂交,其 F_1 杂种植株常高度不育或胚胎败育,基因转移只有依赖人为干预,如人工授粉、 F_1 胚抢救,或者用不育系作母本。通过杂交发生天然基因转移的几率很小^[2]。

小麦属可与山羊草属、黑麦属、冰草属、簇毛麦族、大麦属(*Hordeum*)及披肩草属(*Elymus*)的物种人工杂交,有时还可获得三属杂种。与披肩草属内的种杂交最不容易成功。普通小麦与山羊草属内成员(*Ae. cylindrica*, *Ae. triticoides*, *Ae. neglecta*, *Ae. triuncalis*, *Ae. ventricosa*, *Ae. geniculata*, *Ae. blunccalis*, *Ae. crassa*, *Ae. juvenalis*, *Ae. speltoides*, *Ae. tauschii* and *Ae. umbellata*)的天然杂交已有报道^[2,3],这是因为山羊草属与小麦属的亲缘关系最近,且与小麦有相近的花期。通过人工杂交,山羊草属内的各个种都可与小麦杂交成功,一般情况下,以普通小麦作母本、山羊草作父本较易获得杂种种子,若以山羊草作母本、普通小麦作父本则较难成功,暗示转基因小麦向山羊草的基因飘流可能性极低^[26]。普通小麦与山羊草杂种的育性很低, F_1 代的结实率远低于 F_0 ,即使回交结实率也非常低^[27]。

自然条件下小麦属间或种间杂交产生可育杂种迄今尚无报道。上世纪初, Rimpau 在小麦圃里观察到普通小麦 \times 黑麦杂种的自生苗,但全部不育,没收集到种子^[2]。赵和等^[27]综述了小麦与麦田重要禾本科杂草(野燕麦、看麦娘、升马唐、狗尾草、毒麦)、主要禾本科牧草(披肩草属、赖草属、冰草属、鹅冠草属、针茅属、黑麦草属)及小麦近缘植物(山羊草属、黑麦属、偃麦草属、簇毛麦属、冰草属、鹅冠草属、赖草属、披肩草属、早麦草属、大麦属等)的可交配性,并通过小麦与近缘属、种的人工杂交试验,认为小麦基因飘流至这些植物的可能性极小。

小麦在自然条件下的种间杂交还需考虑环境因素。如气候异常可能导致雄性不育或花期相遇,打破种间的有效隔离。基因渐渗也与气候有关,即在特定环境下该基因是否对受体有生态选择优势,一旦在某个地理区存在这种潜在可能性,就必须考虑基因渐渗问题。属间和种间杂交还要考虑细胞质雄性不育(cytoplasmic male sterility, CMS)问题, CMS 已通过属间和种间杂交转至小麦。目前已对叶绿体和线粒体进行了分子遗传和转基因研究,将来这些技术可能用于小麦,但细胞器为母性遗传,故其基因转移的可能性远小于核基因。

在小麦杂交育种上,普通小麦与山羊草属种杂交可形成杂种种子,产生染色体附加系、代换系和易位系,通过基因渐渗选择和获得抗病性^[2]。国内南京农业大学刘大均、陈佩度研究组和中国农业科学院辛志勇研究组分别用普通小麦与簇毛麦或中间偃麦草杂交,通过离体培养、胚抢救、辐射处理等,先后获得了附加系、代换系和小片段易位系,育成的小麦品种分别高抗白粉病和黄矮病。

过去已进行了小麦与黑麦的大量人工杂交,以期将小麦的高产、优质蛋白与黑麦的抗病性和耐瘠薄性结合起来,形成的属间杂种称为小黑麦。Müntzing^[28]报道 1918 年在德国出现过大量天然杂交,在周围有黑麦株行的小麦田中,产生了高达 20% 雄性不育的小麦 \times 黑麦 F_1 杂种,多数情况下 F_1 杂种完全不育,需要用小麦、黑麦或可育的小黑麦花粉授粉以获得属间后代,另一种克服小黑麦杂种不育的办法是使染色体数加倍。现代小黑麦育种是基于六倍体小黑麦之间的重组,解决了大多数重要问题,如育性低、灌浆差、秆高、成熟迟等等。小黑麦可作为将黑麦基因渗入小麦的桥梁

种,如通过 1B/1R 染色体易位。首个欧洲小黑麦品种在法国育成,我国鲍文奎先生在小黑麦育种上做出了重要贡献。

通过离体培养技术,小麦与 *bulbosum* 大麦 (*Hordeum bulbosum*)、小麦与玉米 (*Zea mays*) 杂交获得了双单倍体杂种,但随后大麦和玉米的染色体在胚胎发育的早期阶段被排除,单倍体植株经加倍后获得的纯合小麦可用作 RFLP 分析、基因定位和基因分离^[29]。

3 异交率小于等于 0.1% 的阈值距离

在本系列文章的开篇,提出了对一般农艺性

状改良转基因作物基因飘流的阈值管理和分类管理原则及其理由,在此基础上,根据近年来的研究数据,提出了水稻的 0.1% 阈值距离^[30,31]。

小麦天然异交率低,一般在 1%。但有些品种的异交率会高于 1%^[2],如面包小麦品种的异交率 0.1% ~ 4.0%^[17]。12 个红硬粒冬小麦品种的异交率 0.1% ~ 5.6%^[8],6 个实验小麦群体的异交率 2.4% ~ 10.1%^[32]。

表 1 中列出了加拿大、美国等对小麦异交率或基因飘流的研究数据,数据说明,绝大多数春小麦和冬小麦品种在相邻种植时的异交率为 0 ~ 3.5%,但个别品种的异交率相当高,如 Glenlea 和

表 1 小麦的基因飘流频率和距离

Table 1 The distance and frequency of gene flow in wheat.

供体/受体 Donor/ Recipient	相邻种植时 飘流频率(%) Gene flow frequency in parallel planting(%)	允许阈值 1% 下 的最大飘流 距离(m)	允许阈值 0.1% 下的最大飘流 距离(m)	最远基因飘流或异交 Maximum distance of gene flow or out crossing		试验地点 Experiment venue	参考文献 References
		Distance at a threshold level 1% (m)	Distance at a threshold level 0.1% (m)	距离(m) Distance(m)	频率(%) Frequency(%)		
Blue aleurone wheat / Katepwa	0.05 ~ 0.15(0 m)	0	0.5	3	0.04 ~ 0.09		
Blue aleurone wheat / Biggar	0.05 ~ 0.43(0 m)	0	1	3	0 ~ 0.04	加拿大 Canada	[20]
Blue aleurone wheat / Roblin	0.28 ~ 2.63(0 m)	0.5	24	24	0 ~ 0.03		
Blue aleurone wheat / Oslo	0.12 ~ 3.23(0 m)	6	21	27	0 ~ 0.09		
Purendo-38/ CDC Teal	0.08 ~ 0.20(0.2 m)	0.2	5	100	0 ~ 0.003	加拿大 Canada	[33]
Purendo-38/ AC Navigator	0.03 ~ 0.04(0.2 m)	0.2	0.2	60	0.002 ~ 0.01		
Purendo-38/35 Canadian spring wheat cultivars	0 ~ 2.8(0m)(2001) 0 ~ 3.5(0m)(2002)	NA	NA	NA	NA		
Purendo-38/ Genesis	0.2(0m)(2001) 3.5(0m)(2002)	NA	NA	NA	NA	加拿大 Canada	[22]
Purendo-38/ Oslo	0.7(0m)(2001) 1.2(0m)(2002)	NA	NA	NA	NA		
Purendo-38/ Glenlea	10.6(0m)(2001) 8.6(0m)(2002)	NA	NA	NA	NA		
Purendo-38/ Wildcat	6.3(0m)(2001) 4.2(0m)(2002)	NA	NA	NA	NA		
blue aleurone wheat/ Brundage96	0.017 ~ 0.288	1 m	NA	<30 m	NA		
blue aleurone wheat/Madsen	0.018 ~ 0.451	1 m	NA	30 ~ 42 m	NA		

注:NA;无具体数据

Note:NA;no data.

Wildcat 两个品种的异交率在两年中分别达到 8.6%~10.6% 和 4.2%~6.3%^[22]。

尽管品种间的异交率有较大差异,但综合表 1 中的数据仍可看出明显规律。若将允许阈值设为 1%,则要求的隔离距离仅为 0~6 m,若设阈值为 0.1%,要求的最大隔离距离为 0.5~24 m。表 1 中列出的小麦异交最远距离分别为 24 m (0~0.03%)、27 m (0~0.09%)、60 m (0.002%~0.01%) 和 100 m (0~0.003%),说明在这些距离上的异交率水平都已很低。

在小麦育种和种子生产中,对种子质量有严格的要求。一般将系谱种子 (pedigree class) 分为四类,即:育种家精选种子 (select)、原原种或基础种 (foundation)、原种或注册种 (registered)、和良种或生产用种 (certified)。加拿大种子生产者协会 (canadian seed growers' association, CSGA) 要求前三类种子的最大不纯率 0.01% (即 10 000 株中有一株杂株),生产用种的最高不纯率 0.05%。目前 CSGA 建议的隔离距离是:生产育种家精选种子需隔离 10 m,生产原原种、原种和良种的隔离距离为 3 m。Huel 和 Matus-Cadiz^[20] 研究认为,对于异交率低的小麦品种,10 m 和 3 m 是可行的,但对异交率高的品种则建议将隔离距离增加为 30 m。小麦育种在德国不需设隔离距离,但要求周围与各种落粒的植物隔开,至少要有 40 cm 的缓冲区,以防止种子机械混杂^[2,3]。

综合以上数据,即:0.1% 阈值距离最大为 24 m, Huel 和 Matus-Cadiz 建议的隔离距离为 30 m,因此可以考虑将小麦的隔离距离设为 30 m。目前我国在农业转基因生物安全监管配套规章中,推荐的小麦隔离距离为 100 m。

值得指出的是,表 1 中的数据主要是加拿大和美国用常规方法研究春小麦和冬小麦品种异交率的数据,迄今还很少有用转基因小麦研究基因飘流的报道。我国在这方面也尚未进行系统研究,有必要在我国环境条件下进一步研究积累转基因小麦基因飘流的数据。

参 考 文 献

- [1] 高建伟,孙其信,孙震山. 小麦与无融合生殖碱草 (*Elymus rectisetus*) 属间杂种 F₁ 的形态学和细胞遗传学研究[J]. 作物学报, 2000, 26(3): 271-277.
- [2] OECD. Consensus Document on the Biology of *Triticum aestivum* (bread wheat) [Z]. ENV/JM/MONO(99)8, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 1999.
- [3] Mandy G. Pflanzenzüchtung-Kurz und bündig [M]. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschafts-verlag, 1970.
- [4] MacFadden E S, Sears E R. The origin of *Triticum spelta* and its free-threshing hexaploid relatives [J]. J. Hered., 1946, 37(3): 81-89 and (4): 107-116.
- [5] Geisler G. Pflanzenbau in Stichworten. Die Kulturpflanzen (Teil 1) [M]. Germany Kiel Hirth-Verlag, 1970.
- [6] Hömmö L, Pulli S. Winter hardiness of some winter wheat (*Triticum aestivum*), rye (*Secale cereale*), triticale (*x Triticoseseale*) and winter barley (*Hordeum vulgare*) cultivars tested at six locations in Finland [J]. Agric. Sci. Fin., 1993, 2: 311-327.
- [7] Poehlmann M. Breeding of Field Crops [M]. New York: Henry Holt and Company, 1959.
- [8] Huel P. Out-crossing rates for 10 Canadian spring wheat cultivars [J]. Can. J. Plant Sci., 1996, 76: 423-427.
- [9] De Vries A P. Flowering biology of wheat, particularly in view of hybrid seed production-A review [J]. Euphytica, 1971, 20: 152-170.
- [10] D'Souza L. Untersuchungen über die Eignung des Weizens als Pollenspender bei der Fremdbefruchtung, verglichen mit Roggen, Triticale und Secalotriticum [J]. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, 1970, 63: 246-269.
- [11] Wilson J A. Problems in hybrid wheat breeding [J]. Euphytica, 1968, 17: 13-34.
- [12] De Vries A P. Some aspects of cross pollination in wheat (*Triticum aestivum* L.). 1. Pollen concentration in the field as influenced by variety, diurnal pattern, weather conditions, and level as compared to the height of the pollen donor [J]. Euphytica, 1972, 21: 185-203.
- [13] Jensen N F. Results of a survey on isolation requirements for wheat [J]. Annu. Wheat News, 1968, 15: 26-28.
- [14] Khan M N, Heyne E G, Arp ALm, et al. Pollen distribution and the seed set on *Triticum aestivum* L [J]. Crop Sci., 1973, 13: 223-226.
- [15] Virmani S S, Edwards L B. Current status and future prospects for breeding hybrid rice and wheat [J]. Adv. Agron., 1983, 36: 145-214.
- [16] Levin D A, Kerster H W. Gene flow in seed plants [J]. Evol. Biol., 1974, 7: 139-220.
- [17] Griffen W B. Out-crossing in New Zealand wheats measured by occurrence of purple grain [J]. New Zealand J. Agric. Res., 1987, 30: 287-290.
- [18] Martin T J. Out-crossing in twelve hard red winter wheat cultivars [J]. Crop Sci., 1990, 30: 59-62.
- [19] Harrington J B. Natural crossing in wheat, oats and barley at Saskatoon, Saskatchewan [J]. Sci. Agric., 12: 470-483.
- [20] Huel P, Matus-Cadiz M. Isolation distances for minimizing out-crossing in spring wheat [J]. Crop Sci., 2001, 41: 1348-1351.
- [21] Waines J G, Hegde S G. Intra-specific gene flow in bread wheat as affected by reproductive biology and pollination

- ecology of wheat flowers[J]. *Crop Sci.*, 2003, 43:451-463.
- [22] Lawrie R G, Matus-Cadiz M A, Hucl P. Estimating out-crossing rates in spring wheat cultivars using the contact method [J]. *Crop Sci.*, 2006,46:247-249.
- [23] De Vries A P. Some aspects of cross-pollination in wheat (*Triticum aestivum* L.). 4. seed set on male sterile plants as influenced by distance from the pollen source, pollinator; male sterile ratio, and width of the male sterile strip[J]. *Euphytica*, 1974,23:601-622.
- [24] Miller T E, Bell G O H, Law C N, *et al.*. Wheat breeding: its scientific basis[M]. New York: Chapman and Hall,1987.
- [25] Sharma H, Gill B S. Current status of wide hybridization in wheat[J]. *Euphytica*, 1983, 32:17-31.
- [26] 赵和,曹建如,吴志明,等.抗除草剂转基因小麦生态安全评估(一)——禾本科麦田杂草、牧草和主要近缘野生种的分布特点及生物学特性[J]. *河北农业科学*,2000,4(2):28-33.
- [27] 赵和,吴志明,武伟霞,等.抗除草剂转基因小麦生态安全评估(二)——普通小麦与近缘植物的属间和种间杂交研究[J]. *河北农业科学*,2000,4(3):6-9.
- [28] Müntzing A. Triticale-results and problems[M]. Berlin and Hamburg: Fortschritte der Pflanzenzuchtung 10,1979.
- [29] Laurie D A, Bennett M D. The timing of chromosome elimination in hexaploid wheat × maize crosses [J]. *Genome*,1989, 32:953-961.
- [30] 王志兴,王旭静,贾士荣.主要农作物转基因飘流频率和距离的数据调研与分析 I. 背景、调研目的及所考虑的问题[J]. *中国农业科技导报*,2011,13(3):26-29.
- [31] 王志兴,王旭静,贾士荣.主要农作物转基因飘流频率和距离的数据调研与分析 II. 水稻[J]. *中国农业科技导报*, 2011,13(3):30-34.
- [32] Enjalbert J, Goldringer I, Jacques G, *et al.*. The relevance of out-crossing for the dynamic management of genetic resources in predominantly selfing *Triticum aestivum* L. (bread wheat) [J]. *Gen. Sel. Evo.*, 1998, 30(S1):197-211.
- [33] Matus-Cadiz M A, Hucl P, Horak M J, *et al.*. Gene flow in wheat at the field scale[J]. *Crop Sci.*, 2004,44:718-727.
- [34] Hanson B D, Mallory-Smith C A, Shafiq B, *et al.*. Pollen-mediated gene flow from blue aleurone wheat to other wheat cultivars[J]. *Crop Sci.*, 2005, 45:1610-1617.

第六届全国环境化学大会

近年来,我国环境化学研究发展迅速,在化学污染物的检测、环境行为、演变趋势、生态效应、毒理与健康风险和控制技术等方面都取得了新的进展,为保护生态环境、人类健康以及社会经济可持续发展做出了突出贡献。为进一步交流环境化学研究的最新成果,探讨环境化学发展的战略方向,促进环境化学研究的创新,经中国化学会环境化学专业委员会和中国环境科学学会环境化学分会研究,定于2011年9月21~24日在上海隆重举行“第六届全国环境化学大会”。将根据环境化学学科的最新进展而设置多种议题,充分体现“创新、参与、合作、前瞻”的会议宗旨,促进环境化学学科的发展,推动国内外学术研究的合作,加快环境化学的科学建设与人才培养,邀请国内外著名专家做大会和分会报告。

一、会议组织:

主办单位:中国化学会环境化学专业委员会
中国环境科学学会环境化学分会
承办单位:上海师范大学

复旦大学

上海交通大学

二、会议时间、地点:

2011年9月21~24日,上海市黄浦区。

三、会议主题:

环境化学与可持续发展

四、会议主要议题:

1. 大气污染化学与控制技术;2. 水污染化学与控制技术;3. 土壤污染与修复、固体废物处理;4. 生态毒理与健康效应;5. 理论环境化学、环境模型;6. 环境分析方法与标准;7. 污染控制化学、环境友好过程与绿色化学;8. 环境管理与政策。

五、联系方式:

联系人:朱建

电话:021-64322272

传真:021-64322272

E-mail: jianzhu@shnu.edu.cn

地址:上海市桂林路100号,上海师范大学化学系(200234)