

· 管理纵横 ·

从国家自然科学基金项目申请情况分析 我国近 15 年玉米基础研究的发展状况(2001—2015)

史利玉¹ 宋振伟² 张金渝³ 杨新泉^{4*}

- (1. 北京农学院,北京 102206;2. 中国农业科学院作物科学研究所/
农业部作物生理生态重点实验室,北京 100081;
3. 云南省农业科学院药用植物研究所,昆明 650205;
4. 国家自然科学基金委员会 生命科学部,北京 100085)

[摘要] 国家自然科学基金是国家支持玉米基础研究的主要渠道之一。本文以近 15 年(2001—2015 年)来国家自然科学基金农学基础与作物学学科中所有以玉米及其生长环境为研究对象的面上项目、青年科学基金项目及地区科学基金项目 3 类项目的申请数据为依据,从项目的研究内容和依托单位两方面深入分析了我国玉米基础研究现状及进展,总结我国玉米基础研究的特点,并提出了今后国家自然科学基金对玉米基础研究的资助建议。

[关键词] 国家自然科学基金;作物学;玉米;基础研究;发展趋势

玉米是我国重要的粮食、饲料、工业原料及生物能源。玉米基础研究快速发展对确保我国粮食安全具有十分重要的意义。国家自然科学基金(简称“科学基金”)是国家支持玉米基础研究的主要渠道之一。分析科学基金项目中玉米相关研究的申请情况,有助于了解我国玉米基础研究的研究现状和发展趋势。本文以 2001—2015 年科学基金中农学基础与作物学学科所有以玉米及其生长环境为研究对象的面上项目、青年科学基金项目和地区科学基金项目(以上 3 类项目同时出现时,简称“面、青、地”)的申请数据为依据,分析我国近 15 年玉米基础研究现状与发展趋势。

1 我国玉米相关研究面、青、地项目申请情况

玉米是我国最重要的农作物之一,与玉米相关的科学基金项目主要在农学基础与作物学学科(C13)中的 C130403(玉米及其他禾谷类作物种质资源与遗传育种)代码下。作物生理学(C1302)、作物

栽培与耕作学(C1303)、作物杂种优势及其利用(C1305)、作物分子育种(C1306)等也有部分项目涉及到玉米基础研究^[1-3]。因此,借助国家自然科学基金网络系统(<http://isisn.nsf.gov.cn/egrant-web/>)的项目查询与统计功能,搜集农学基础与作物学(C13)面、青、地 3 类项目中所有“玉米”项目的关键词、申请代码、依托单位、项目类型、申报年限等数据进行统计。

经统计,2001—2015 年国家自然科学基金委员会(以下简称“基金委”)共受理玉米相关研究的项目 1911 项(表 1),主要集中在种质资源与遗传育种(C1304)和栽培与生理领域(C1302 和 C1303),分别占与玉米相关项目申请数的 52% 和 30%(图 1A)。

从 2001 年至 2015 年,青年科学基金项目和地区科学基金项目的申请量均呈现逐年增加趋势(图 1B)。其中,自 2008 年开始,青年科学基金项目申请量快速增加,说明我国玉米基础研究队伍中青年科研人员数量正快速增加;而面上项目申请量的发展

表1 2001—2015年玉米相关研究面、青、地项目申请情况——按项目类型

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	总计
面上项目	23	28	38	42	56	69	63	62	83	81	103	149	116	93	117	1123
青年科学基金	5	5	10	11	8	0	15	17	37	53	66	77	97	102	105	608
地区科学基金	4	6	5	10	9	0	8	7	10	10	19	16	22	23	31	180
总计	32	39	53	63	73	69	86	86	130	144	188	242	235	218	253	1911

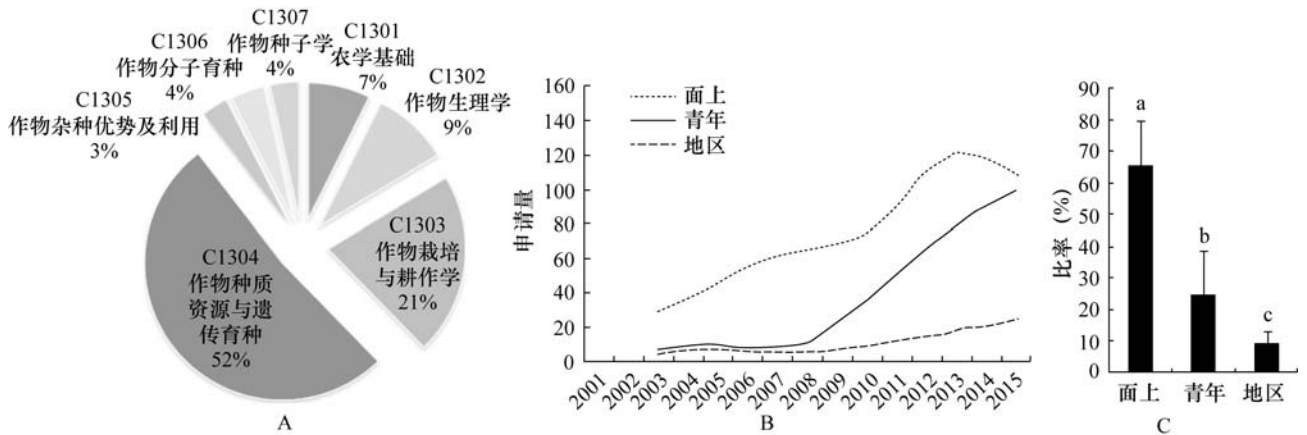


图1 2001—2015年玉米相关研究项目申请情况

- A: 2001—2015年农学基础与作物学学科玉米相关研究申请项目的学科代码分布
- B: 2001—2015年农学基础与作物学学科玉米相关研究申请项目数量的移动平均趋势图(周期=3,下同)
- C: 2001—2015年农学基础与作物学学科玉米相关研究申请项目面、青、地3类项目占比(a, b, c为Duncan多重比较的标注字母,下同)

趋势可以分为两个阶段,2001—2012年申请量不断攀升,2013年开始年度申请量有一个明显的回落(图1B)。究其原因,可能与基金委调整了面上项目申报的相关政策有关,即2013年起,上年度获得面上项目资助的项目负责人,本年度不得作为申请人申请同类型科学基金项目;2014年起,连续2年申请面上项目未获资助者,第3年不得作为申请人申请面上项目。

以每年面、青、地3类项目占比数据为基础进行分析,发现3类项目占比存在极显著差异,并表现出13:5:2的比例分布(图1C)。

此外,对近15年玉米相关研究项目的关键词进行统计(图2),发现面、青、地3类项目关键词共2927个,累计出现8556次,每个关键词平均出现3次。其中,关键词“玉米”出现1185次;“关联分析”、“精细定位”、“功能分析”、“根系”、“基因克隆”、“产量”等关键词频数超过60次,说明玉米高产依然是我国玉米育种研究的主要目标,基因挖掘和功能分析仍旧是玉米遗传性状研究的重要手段;“干旱胁迫”、“抗旱”、“耐旱”、“耐旱QTL”、“抗旱基因”、“抗旱机制”等25个干旱相关关键词不同频次的出现,说明干旱依然是我国玉米生产的主要限制因素。



图2 2001—2015年玉米相关研究项目关键词云图

2 我国玉米相关研究面、青、地项目研究状况

为深入分析我国玉米基础研究的发展情况及变化趋势,参考邹华文等^[4]的方法,把面、青、地3类项目从研究对象(根、茎、叶、花、种子/穗、群体、生长环境、其他)、研究性状(产量、营养品质、抗性、生长发育、进化、其他)及研究方向(普通遗传、分子遗传、反向遗传、细胞遗传、表观遗传、组学、生理生化、栽培

耕作)3个维度分别进行归类统计。

2.1 项目研究对象分析

玉米由根、茎、叶、花、种子/果穗五大器官组成。以玉米及其生长环境为研究对象的基础研究常常以玉米器官、群体或者生长环境为切入点开展玉米遗传或栽培生理等相关方面研究。因此,把3类项目按研究对象“根、茎、叶、花、种子/果穗、群体、生长环境、其他”进行归类。统计分析发现,近15年以“种子/果穗”为研究对象的项目申请量最多,共计555项,占总申请量(1911项)的29.0%;以“茎”为研究对象的项目申请量最少(83项),占总申请量的4.3%(表2)。

按申报年份来看,涉及各研究对象的项目申请数量均表现出逐年增加趋势(图3A)。自2008年开始,“种子/果穗”类项目申请量快速增加,“根”、“叶”和“生长环境”类项目申请量增长平缓;“茎”和“花”类项目申请增长较缓慢;“群体”类项目申请量相对比较平稳。

以每年各研究对象的项目占比数据为基础进行分析,发现不同研究对象的项目占比存在极显著差异。其中,“种子/果穗”类项目占比为27.8%,显著高于“群体”、“叶”、“花”等其他类项目(图4A);“茎”类项目占比仅为4%(图4A),说明每年以玉米茎秆为切入点开展玉米基础研究的项目比较少。

表2 2001—2015年玉米相关研究面、青、地项目申请情况——按项目研究内容

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	总计
研究对象	根	3	2	2	4	7	5	10	6	6	10	11	24	21	17	22	150
	花	2	5	4	4	8	5	10	8	12	10	9	11	11	15	19	133
	茎	1	2	1	4	0	0	4	4	5	8	11	12	14	9	8	83
	叶	4	1	3	4	3	4	8	6	21	12	20	13	23	23	29	174
	群体	7	9	17	16	14	15	10	10	10	18	16	31	22	15	22	232
	生长环境	0	0	4	3	5	2	3	6	7	12	20	19	22	23	18	144
	种子/果穗	6	12	12	13	25	20	21	25	34	42	56	76	68	72	73	555
	其他	9	8	10	15	11	18	20	21	35	32	45	56	54	44	62	440
研究性状	产量	5	2	5	8	9	12	14	14	16	20	31	50	36	39	38	299
	进化	0	1	2	2	5	2	1	0	2	1	1	1	1	0	1	20
	抗性	10	11	14	22	17	19	28	22	48	45	65	86	69	70	93	619
	生长发育	5	7	10	12	14	14	22	20	31	35	42	44	64	46	75	441
	营养品质	5	12	12	12	21	17	16	17	20	30	43	41	39	43	28	356
	其他	7	6	10	7	7	5	5	13	13	13	6	20	26	20	18	176
研究方向	表观遗传	0	2	0	0	1	1	3	3	5	2	4	3	4	5	4	37
	反向遗传	1	3	4	6	7	9	18	15	28	31	49	57	49	60	69	406
	分子遗传	6	5	8	10	18	15	16	13	24	35	45	47	49	48	57	396
	普通遗传	10	18	26	27	25	21	26	25	30	28	28	45	45	31	33	418
	生理生化	8	9	7	6	6	8	7	10	14	10	17	21	23	13	18	177
	细胞遗传	1	1	0	0	2	1	0	1	1	2	1	4	2	0	0	16
	栽培耕作	4	1	8	12	12	13	14	17	26	33	42	61	59	55	66	423
	组学	2	0	0	2	2	1	2	2	2	2	3	2	4	4	6	38
总计	32	39	53	63	73	69	86	86	130	144	188	242	235	218	253	1911	

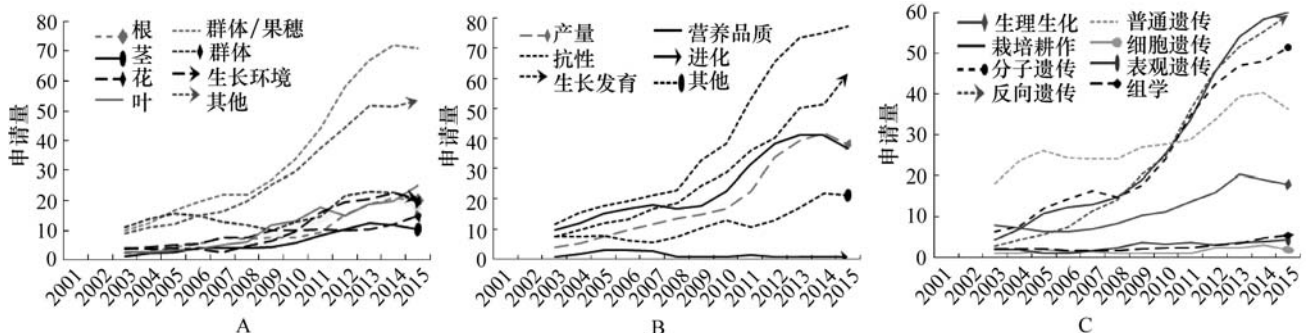


图3 2001—2015年玉米相关研究面、青、地项目申请量移动平均趋势图——按项目研究内容分布
A:研究对象;B:研究性状;C:研究方向

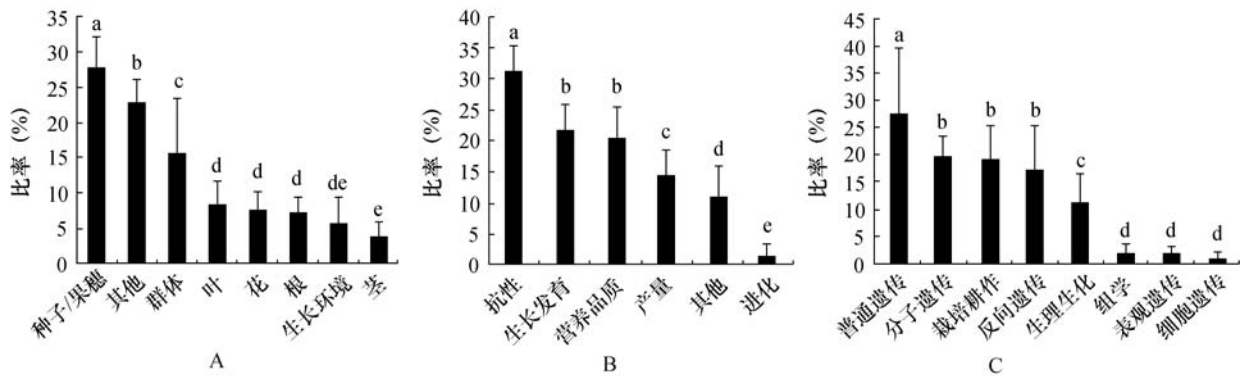


图4 2001—2015年玉米相关研究项目占比情况——按项目研究内容
A:研究对象;B:研究性状;C:研究方向

2.2 项目研究性状分析

为深入分析玉米基础研究发展的动态,根据遗传育种领域常用指标及作物学学科资助范围内的主要研究领域,参考邹华文等^[4]方法将3类项目按产量、抗性、生长发育、营养品质、进化和其他共6个性状进行统计。经统计,近15年“抗性”类项目申请(619项)最多,占总申请量的32.4%，“进化”类项目申请量(20项)最少(表2),仅占1%。

按申报年份来看,各性状申请项目数量均表现出逐年增加趋势(图3B)。自2008年开始,“抗性”和“生长发育”类项目申请快速增加;“产量”和“营养品质”类项目申请变化趋势较为一致,均表现为2010—2013年申请量快速增加,2014—2015年项目申请量降低;而“进化”类项目申请量变化不大。

以每年各性状的项目占比数据为基础进行分析,发现不同性状的项目占比存在极显著差异。其中,“抗性”类项目申请占比最多(31.1%),显著高于“生长发育”、“营养品质”、“产量”等其他性状项目(图4B);“进化”类项目占比仅为1.6%。具体排名先后顺序为:“抗性”>“生长发育”、“营养品质”>“产量”>“进化”,并且差异显著(图4B)。

2.3 项目研究方向分析

根据申请项目的研究方向,参考邹华文等^[4]方法将面、青、地3类项目分为栽培耕作、生理生化、普通遗传、分子遗传、反向遗传、表观遗传、细胞遗传和组学共8个类别进行统计分析。经统计,近15年“耕作栽培”类项目申请(423项)最多,占总申请量(1191项)的22.1%，“细胞遗传”类项目申请量(16项)最少(表2),仅占0.8%。

按申报年份来看,各研究方向的申请项目数量均表现出逐年增加趋势(图3C)。从图中可以发现,不同研究方向的项目申请量变化趋势图大致可以分

为3类:“栽培耕作”、“反向遗传”和“分子遗传”类项目申请量变化趋势较一致,属快速增长类型;“普通遗传”和“生理生化”类项目申请量变化趋势较一致,属于增长较快类型;而“细胞遗传”、“表观遗传”和“组学”类项目申请量增长缓慢。

以每年各研究方向的项目占比数据为基础进行分析,发现不同研究方向的项目占比之间存在极显著差异。其中,“普通遗传”类项目占比为27.7%,显著高于“分子遗传”、“栽培耕作”、“反向遗传”等其他类项目(图4C);“组学”、“表观遗传”和“细胞遗传”类项目占比显著低于其他类项目。具体排名先后顺序为:“普通遗传”>“分子遗传”、“耕作栽培”、“反向遗传”>“生理生化”>“组学”、“表观遗传”、“细胞遗传”,并且差异显著(图4C)。

3 我国玉米相关研究面、青、地项目的区域分布情况

为进一步了解我国玉米基础研究的区域分布情况,把3类项目按依托单位的性质(高校、科研院所)及单位所属玉米种植带(北方春播区、黄淮海夏播区、南方丘陵区、西南山地、西北灌溉区、青藏高原区)进行归类统计。

3.1 按依托单位性质分析

高校和科研院所是我国玉米基础研究、科技创新体系的核心组成部分,拥有大量的优秀人才和丰富的科技资源。经统计,我国涉及玉米基础研究领域的单位共175个。其中,高校106个,占依托单位总数的60.6%,申请项目1323项,是科研院所申请量的2.25倍(表3,图5A)。此外,无论高校还是科研院所,其项目申请量均表现出逐年增加趋势,而且高校的增长速度要大于科研院所(图5B)。

表3 2001—2015年玉米相关研究面、青、地项目申请情况——按项目依托单位

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	总计
性质	高校	21	25	35	42	54	51	70	68	97	111	142	165	156	133	153	1323
	科研院所	11	14	18	21	19	18	16	18	33	33	46	77	79	85	100	588
分布区域	北方	16	13	24	26	27	20	25	22	43	52	57	103	93	72	90	683
	黄淮海	6	12	14	16	21	22	31	34	38	45	57	59	59	61	64	539
	南方	4	7	6	11	11	15	20	17	24	22	35	40	39	41	56	348
	青藏	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	5
	西北	2	2	1	3	1	0	0	1	5	5	11	9	12	10	17	79
	西南	4	5	8	7	13	12	10	12	20	20	28	28	31	33	26	257
	总计	32	39	53	63	73	69	86	86	130	144	188	242	235	218	253	1911

以每年高校和科研院所申请的项目占比数据为基础进行分析,发现两者存在极显著差异,并表现出7:3的分布比例(图5C)。

3.2 按依托单位分布区域分析

我国幅员辽阔,玉米种植区域广泛。从表3可以发现,近15年北方和黄淮海区域的项目申请量最多,分别为683项和589项,共占项目申请总量(1911项)的64.0%。西北和青藏区域的项目申请量最少,分别为79项和5项,两者之和占项目申请总量的4.4%。

从申报年份来看,无论哪个区域,项目申请量均表现出逐年增长趋势(图6A)。自2008年开始,北方区域玉米相关研究3类项目的申请量快速增加;

黄淮海、南方和西南区域的项目申请量增加较快;西北区域项目申请量增长较平缓;而青藏区域的项目申请量增长缓慢(图6A)。这可能与近十多年来各区域科技发展不平衡程度加剧有关。

以每年各分布区域申请的项目占比数据为基础进行分析,发现不同区域之间的项目占比存在极显著差异(图6B),表现为“北方”>“黄淮海”>“南方”>“西南”>“西北”>“青藏”。

4 近15年我国玉米相关研究3类项目的区域特征

西北和青藏区域因地理环境所限,科研人员比较匮乏,玉米基础研究比较薄弱,科研水平不高,有

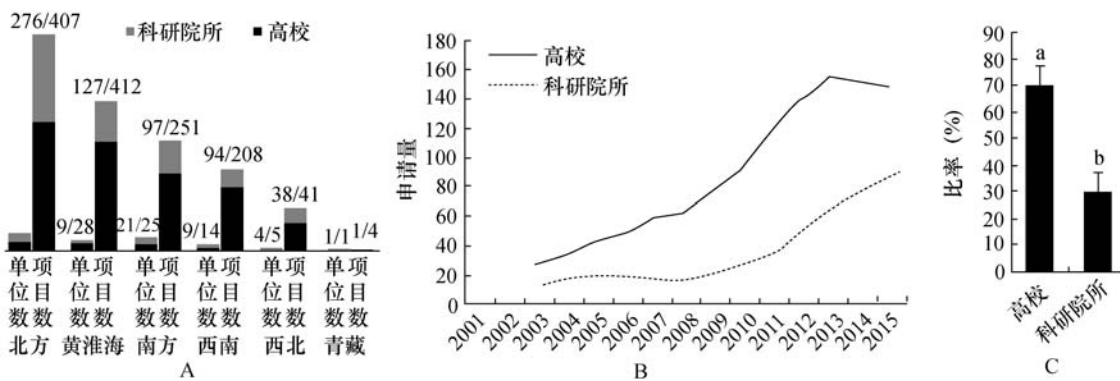


图5 2001—2015年玉米相关研究面、青、地3类项目申请情况

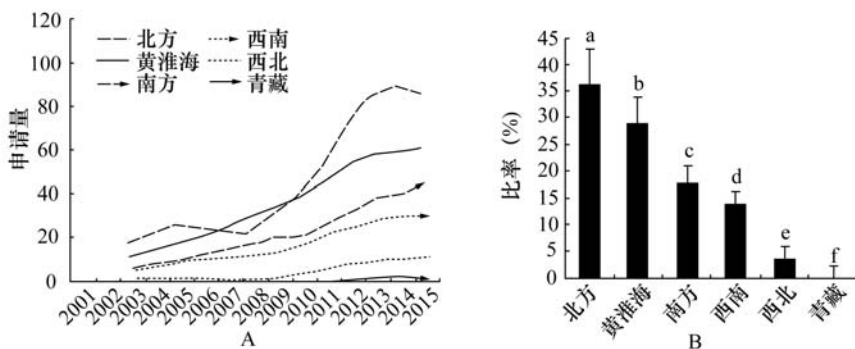


图6 2001—2015年玉米相关研究3类项目申请量移动平均趋势图——按项目依托单位分布(A); 2001—2015年玉米相关研究3类项目占比情况——按项目依托单位分布(B)

着明显的区域特征。为进一步分析我国玉米基础研究分布与项目类型、项目研究以及依托单位性质之间的关系,统计二维数据列表(表4)。从表中可以发现,西北和青藏区域3类项目的申请最少(共84项),且80%以上为地区科学基金项目。其中,西北灌溉玉米区共申请地区科学基金项目63项,占该区域3类科学基金项目申请量的80%,占我国地区科学基金项目申请量的1/3以上,是地区科学基金项目申请量最高的区域。结合地区科学基金项目申请规定,不难看出地区科学基金在培养、扶植及稳定地区科学技术人员中所发挥的重要作用。

此外,我们还发现位于北方和黄淮海2个区域的高校项目申请量都在400项以上,占高校项目申请量的62%(图5A)。若以高校3类项目的申请数据为依据,可把我国玉米基础研究队伍大致划分为3个梯队:(1)北方和黄淮海区域梯队,这2个区域

的高校项目申请总量都在400项以上。其中,北方区域高校33个,申请项目407项;黄淮海区域高校28个,申请项目412项。(2)南方和西南区域梯队,这2个区域的高校项目申请总量都在200项以上。其中,南方区域高校25个,申请项目251项;西南区域高校14个,申请项目208项。(3)西北和青藏区域梯队,这2个区域的高校项目申请总量都在50项以内,属于研究队伍最弱的一个梯队。整体而言,我国玉米基础研究力量表现出由北向南,由东向西的递减趋势(图5A),与我国玉米种植面积及产量分布一样,具有较强的区域特征。

而且,在南方和西南区域,“反向遗传”、“分子遗传”和“普通遗传”类项目申请较多,两区域申请项目之和分别为180项、164项和132项(表4),分别占两区域项目申请(605项)的29.8%、27.1%和21.8%,说明这两个区域侧重以“反向遗传”、“分子遗传”和

表4 2001—2015年我国玉米相关研究3类项目申请情况

		北方	黄淮	南方	西南	青藏	西北	总计
项目类型	地区科学基金	43	0	28	41	5	63	180
	面上项目	400	365	203	147	0	8	1 123
	青年科学基金	240	174	117	69	0	8	608
研究对象	根	62	48	11	23	0	6	150
	花	31	51	26	23	0	2	133
	茎	20	35	22	3	0	3	83
	群体	115	52	32	25	3	5	232
	生长环境	74	43	5	5	1	16	144
	叶	47	62	28	23	0	14	174
	种子/果穗	158	152	131	96	0	18	555
	其他	176	96	93	59	1	15	440
研究内容	产量	127	102	37	25	1	7	299
	进化	5	0	0	15	0	0	20
	抗性	220	149	118	94	2	36	619
	生长发育	126	158	78	65	1	13	441
	营养品质	131	82	88	39	0	16	356
	其他	74	48	27	19	1	7	176
研究方向	表观遗传	8	5	10	13	0	1	37
	反向遗传	105	111	99	81	0	10	406
	分子遗传	113	113	96	68	0	6	396
	普通遗传	166	94	77	55	4	22	418
	生理生化	67	65	26	7	0	12	177
	细胞遗传	5	2	3	6	0	0	16
	栽培耕作	212	131	27	24	1	28	423
	组学	7	18	10	3	0	0	38
单位性质	高校	407	412	251	208	4	41	1 323
	科研院所	276	127	97	49	1	38	588
总计		683	539	348	257	5	79	1 911

“普通遗传”为研究方向,研究比较深入;在西北和青藏区域,“栽培耕作”和“普通遗传”类项目申请较多,分别为29项和26项,分别占这两区域项目申请(84项)的34.5%和31.0%;而北方和黄淮海区域则相对比较均衡。

5 今后科学基金在玉米基础研究领域中的关注点

20世纪90年代以来,我国玉米总产量不断上升,出现结构性过剩、阶段性供大于求的现象。2015年底,全国种植业结构调整工作会议中农业部副部长余欣荣表示,粮食作物要巩固提升优势区,适当调减非优势区。重点调减东北冷凉区、北方农牧交错区、西北风沙干旱区及西南石漠化区等“镰刀弯”地区的玉米种植面积。调减出的耕地将根据市场需求和农牧发展需要,因地制宜地发展青贮玉米(<http://www.sxdaily.com.cn/n/2015/1228/c738-5778243.html>)。而近15年3类玉米项目的相关研究表明,以玉米“茎”为主要研究对象的项目申请共计83项,仅占项目申请量的4.3%(表2,图4B)。因此,建议今后重点加强对青贮玉米相关研究领域的资助。

从近15年玉米“抗性”研究项目的申请情况可以了解到,2008年开始,“抗性”研究项目的申请量快速增加(图3B),说明生物逆境及非生物逆境对我国玉米生产产生的影响越来越大,而种植面积的不

断缩减使得资源环境对农业生产的约束力也越来越强。过去几十年玉米总产的增加更多地是依靠种植面积的增加。因此,建议在今后相当长的一段时间里,还应继续关注玉米高产、抗逆相关方面的研究,以保证我国种植结构调整时期玉米产量的稳定。同时,还应适当加强玉米“营养品质”相关方面的资助,尤其是鲜食甜糯玉米,可为居民营养健康提供保障。

此外,我国玉米生产优势区域比较明显,如北方是我国较强的玉米生产优势区,南方具有较强的鲜食甜糯玉米生产优势,而西南区域的玉米生产在畜牧业的拉动下也在快速发展。不同的玉米产区在开展玉米基础研究时的主攻方向也有各自的侧重点。因此,建议从事玉米基础研究的科研人员注重各种先进技术的综合应用,开展表观遗传、组学、细胞遗传等多方向、多学科的交叉融合研究,提升科研创新能力。

参 考 文 献

- [1] 国家自然科学基金委员会. 2010年国家自然科学基金年度报告. 北京:国家自然科学基金委员会,2011.
- [2] 杨新泉,罗晶,韦朝领,等. 2007年度国家自然科学基金农学学科面上、青年和地区项目受理与资助情况分析. 中国农业科技导报,2007,9(5):73—79.
- [3] 严会超,胡琼波,杨新泉,等. 国家自然科学基金农学学科项目资助情况分析. 生命科学,2010,22:587—591.
- [4] 邹华文,王道杰,边秀秀,等. 近15年国家自然科学基金稻、麦类作物遗传育种领域项目申请情况分析. 作物学报,2015,41(5):820—828.

Development status and trends of maize research: analysis based on NSFC program applications in recent 15 years (2001—2015)

Shi Liyu¹ Song Zhenwei² Zhang Jinyu³ Yang Xinquan⁴

(1. Beijing University of Agriculture, Beijing 102206; 2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology, Ministry of Agriculture, Beijing 100081;

3. Institute of Medicinal Plant, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205;

4. Department of Life Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

Abstract The National Natural Science Fund of China (NSFC) is one of the main channels to support maize basic research. In this article, NSFC programs related to maize researches were chosen out to analyze the development status and trends of maize basic research, using the data of research contents and supporting institutions. The NSFC programs mainly refer to General Program, Young Scientists Program and Regional Program during 2001—2015. Based on the results, we summarized characteristics of maize basic research in China, and put forward scientific suggestions on the key funding areas in the future.

Key words National Natural Science Fund of China (NSFC); crop science; maize; basic research; development trend