



专题综述

世界棉花生产现状及施肥水平



李鹏程 董合林 毛树春

摘要：本文综述了世界棉花的生产现状，剖析了主要产棉大国的棉花产量及施肥水平，并介绍了土壤矿质氮测试，棉花植株养分定量分析、半定性测定，精准农业变量施肥技术等在国际上的研究进展，为中国棉花生产和科研提供理论参考。

关键词：世界棉花；生产现状；施肥水平

一、世界棉花生产现状

棉花是重要的经济作物，纺织工业的重要原料。据 FAO 统计（图 1），2000—2011 年世界棉花种植面积稳定在 3 000 万 hm^2 以上，2011 年达到 35 614 万 hm^2 。优良品种的选育及栽培技术的不断改进促进了棉花整体生产水平的提高，2000—2011 年，世界棉花、皮棉总产稳定在 1 850 万 t 以上，总体呈上升趋势，2011 年达到 2 610 万 t（表 1），2011 年皮棉单产达到 761 kg/hm^2 （表 2）。

由表 1 可知，2011 年皮棉总产居世界前几位的国家是中国、印度、美国、巴基斯坦、巴西、乌兹别克斯坦、土耳其、澳大利亚。由表 2 可知，2011 年皮棉单产居世界前几位的国家是澳大利亚、土耳其、巴西、中国、美国、巴基斯坦。由表 3 可知 2011 年棉花收获面积居世界前几位的依次是印度、中国、美国、巴基斯坦、巴西、乌兹别克斯坦。

二、产棉大国棉花生产施肥水平

化肥的施用在棉花增产中发挥了重要作用。根

据国际肥料工业协会统计，2006/07 年度世界棉花生产化肥用量占有所有作物化肥用量的 3.6%，施肥量分别达到 590 万、620 万 t。2006 年，中国棉花生产化肥用量为 176 万 t，居世界最高水平，其次为印度、巴基斯坦、美国、巴西，澳大利亚的棉花施肥水平较低，化肥总用量仅为 1 万 t，美国的棉花化肥总用量为中国的 32.4%。2006 年，中国棉花生产氮肥用量最高，达到 123.8 万 t，其次是巴基斯坦、美国、巴西、印度，美国的棉花生产氮肥用量占中国的 23.2%。据统计，2011 年美国的棉花计划种植成本是 1 937 美元/ hm^2 ，种子、肥料、石灰、化学投入占美国棉花种植成本的一半^[1]。

由表 4 可知，几个棉花生产大国的施肥水平差异较大。中国的皮棉单产一直位居世界较高水平，2011 年皮棉单产居世界第四位，同时也是世界棉花生产施肥水平最高的国家。中国、美国、澳大利亚、印度、巴基斯坦、巴西等几个产棉大国中，中国棉

基金项目：国家棉花产业体系建设专项资金（CARS-18-17）；棉花生物学国家重点实验室开放课题（CB2014A18）；转基因生物新品种培育重大专项（2012ZM08013007）。

作者简介：李鹏程（1972—），男，博士研究生，研究方向：棉花营养与施肥研究，E-mail: lpc1972@163.com。

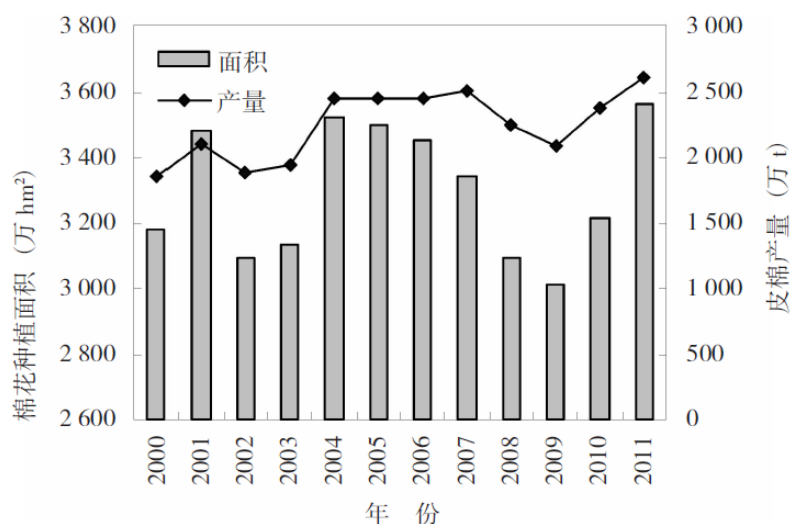


图1 2000—2011年世界棉花种植面积及皮棉总产量

花施肥量最高，氮肥(N)施用量 225 ~ 300kg/hm²，磷肥 (P) 施用量 50 ~ 150kg/hm²，钾肥 (K) 施用量 100 ~ 220kg/hm²，其次为澳大利亚、巴西、巴基斯坦、美国，有机肥施用量也是中国最高，其次为印

度、巴基斯坦，其他几个国家几乎不施有机肥。P、K 肥的施用量中国最高，其次为巴西。中国、巴基斯坦、澳大利亚、巴西播前施用化肥的棉田所占比例超过 50%，印度、美国、巴基斯坦在开花前施用化肥棉田比例超过 70%，在花铃期施用化肥的棉田巴基斯坦为 100%、印度为 40%、中国为 15% ~ 20%。巴西东北部、印度、美国不施肥棉田比例分别为 50%、20%和 17%。巴西西部中心、澳大利亚施用叶面肥棉田所占比例分别达到 70%和 20%。巴基斯坦、中国、巴西东北部常规推荐施肥面积分别达到 84%、50%和 30%，而其他几个国家按个人需求施肥的面积比例均高于 50%。

三、国外棉花推荐施肥量

不同植棉地区因气候、土壤类型及种植制度不

表1 2000—2011年世界主要国家原棉产量

单位：万 t

国别	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
世界	1 851	2 108	1 889	1 947	2 453	2 448	2 445	2 507	2 249	2 090	2 372	2 610
中国	442	532	492	486	632	571	675	762	749	638	597	658
印度	164	170	147	233	279	315	385	440	379	407	570	598
美国	374	442	375	397	506	520	450	418	279	265	394	341
巴基斯坦	183	181	174	171	243	221	219	198	201	216	195	231
乌兹别克斯坦	98	102	101	95	115	125	117	113	123	113	114	98
巴西	66	87	71	74	120	121	96	136	132	97	97	167
土耳其	88	91	99	92	94	86	98	87	67	64	47	95
澳大利亚	74	82	70	39	35	65	60	30	13	33	39	84

数据来源：<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>。

表2 2000—2011年世界主要产棉国皮棉单产

单位：kg/hm²

国别	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
世界	606	637	644	652	741	730	770	793	764	738	757	761
中国	1 089	1 102	1 219	978	1 118	1 156	1 299	1 299	1 321	1 315	1 265	1 335
印度	278	307	301	399	471	467	518	554	523	503	516	491
美国	708	790	746	818	958	931	912	985	911	871	910	886
巴基斯坦	623	579	621	571	760	692	642	621	641	671	672	769
乌兹别克斯坦	672	731	704	637	798	844	815	815	705	653	671	698
巴西	1 101	1 024	1 152	1 191	1 096	1 204	1 393	1 488	1 415	1 419	1 400	1 353
土耳其	1 198	1 249	1 300	1 257	1 291	1 288	1 313	1 298	1 236	1 361	1 436	1 529
澳大利亚	1 595	1 800	1 663	1 888	2 080	1 814	2 041	2 144	1 991	1 932	1 681	2 065

数据来源：<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>。

表3 2000—2011年世界棉花收获面积

单位: khm^2

国别	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
世界	31 823	34 806	30 956	31 333	35 191	35 006	34 547	33 403	30 920	30 128	32 156	35 614
中国	4 041	4 810	4 184	5 111	5 693	5 062	5 816	5 926	5 754	4 952	4 849	5 037
印度	8 577	9 100	7 670	7 598	8 787	8 677	9 142	9 410	9 410	10 310	11 000	12 178
美国	5 282	5 596	5 025	4 858	5 284	5 586	5 153	4 245	3 063	3 047	4 330	3 945
巴基斯坦	2 928	3 116	2 794	2 989	3 193	3 103	3 075	3 054	2 820	3 106	2 689	2 839
乌兹别克斯坦	1 445	1 452	1 421	1 393	1 456	1 472	1 448	1 449	1 452	1 317	1 330	1 320
巴西	802	875	768	718	1 150	1 263	899	1 126	1 064	812	823	1 401
土耳其	654	685	721	637	640	547	590	530	495	420	480	542
澳大利亚	464	527	409	225	198	321	336	144	63	164	208	588
土库曼斯坦	575	515	510	480	525	600	600	643	570	607	640	550
阿根廷	332	388	165	146	255	375	304	393	303	290	441	674

数据来源: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>。

一样,棉田经济施肥量有所不同。20世纪90年代末,美国田纳西州棉田N推荐施用量为纯N90kg/hm²,阿肯色州棉田N推荐施用量为123kg/hm²,两地棉田土壤均为粉砂壤土,纯P推荐施用量均为15kg/hm²,K推荐施用量均为56kg/hm²。Bronson等^[4]报道得克萨斯州南部高原灌溉棉田,当P Mehlich-3P>33mg/kg时,不建议施用P。在美国东南沿海平原,前作为大豆的棉花推荐施N量为78kg/hm²,30~40kg/hm²的残留N能为棉花利用^[4]。也有根据棉花产量预期进行推荐施肥的报道,美国得克萨斯州不同产量预期在0.5~3.5包/英亩^①(相当于269.8~1888.6kg/hm²)时棉田N推荐用量在25~175磅^②/英亩,相当于28~196kg/hm²,在具体施用过程中要求减去土壤硝态氮及灌溉水含氮量。

四、国外棉花施肥技术研究

1.以土壤矿质氮测试为基础的方法 以土壤为基础的方法是在作物的某个特定的生育时期测定土壤的矿质氮,在欧洲和北美洲很普遍的一种方法是在生长期前进行土壤取样,测定土壤的铵态氮和硝态氮含量,通过田间数据的校准,土壤矿质氮发挥了部分肥料氮的作用,用来校正推荐施肥量。依靠前作、有机肥或土壤质地,推荐施肥量可被调整 $\pm 10 \sim \pm 50\text{kg/hm}^2$ 。另外一种方法是估计土壤有机质、植株残留、有机肥料矿化出的无机氮的数量来进行施肥校正。

2.植株养分定量分析及田间半定性测定方法

科研人员利用植株养分分析结果来进行推荐施肥时,简单的不含有毒物质的提取植株分析程序包括从实验室的定量分析到田间的半定性快速测试,主要的思想就是在某个生长阶段植株本身才是考虑其他氮素来源的最重要的标示物,田间的方式如植株叶柄汁液硝酸盐的测试、手持叶绿仪测量叶片叶绿素含量、遥感等都被认为是很有前途的方法,因为通过这些方法,使氮肥的推荐在某个时期内有一个适当的调整是可行的。其先决条件是一种施肥策略考虑到几种氮素来源而不是一个单向途径^[5]。这些方法已经产生了较大的效益,但在生产中大量推广运用还受到一定的限制。Boggs等^[6]研究了远程遥感高光谱反射值与土壤硝态氮、棉花叶片叶绿素含量、棉花产量的关系,认为在807.6nm光谱处高光谱反射与棉花叶片叶绿素含量有最显著的相关性,而棉叶叶绿素含量与土壤硝态氮、棉花产量也有显著的相关性,提出了推荐施肥的一种新方法,即将高光谱反射值作为一种工具帮助植棉者诊断棉花氮素营养状况,从而提高植棉经济效益,减少N施用量,从而减少环境污染。Raun等^[7]报道用作物冠层传感器去测量棉花的归一化差异营养指数(NDVI, normalized difference vegetative index),并利用它来计算棉花当季的N用量。Philip等^[8]提出了将土壤电导率和NDVI结合起来进行棉花N肥推荐。这些方法都具有良好的应用前景。

3.精准农业变量施肥技术 精准施肥是精准农业技术中的核心内容。精准施肥技术是依据土壤养

①1英亩=0.405hm²; ②1磅=0.454kg。

表4 产棉大国棉花施肥水平

单位:%, kg/hm²

国家	类型(面积占比)					用量			施用时间(面积占比)			
	不施肥	有机肥	常规推荐	个人需求	叶面肥	N	P	K	播前有 机肥	播前 化肥	开花前 化肥	铃期 化肥
中国		90	50	50	5	225~300	50~150	100~220	100	50~70	30~50	15~25
印度	20	50	25	75	2	85~100	32~50	0~50	50		70	40
美国	17	<1	10	90	<1	99	52	83	72	12	73	
巴基斯坦		10	84	5	1	75~150	40~50	25~50	100	70	100	100
澳大利亚		1		100	20	200	80	75	1	59	39	1
巴西西部中心				100	70	180	120	220		80	100	
巴西东北部	50		30	20		30	60	40		100	100	

资料来源:国际棉花咨询委员会2005年统计资料。

分状况、作物需肥规律和目标产量,调节施肥量、N、P、K比例和施肥时期,以提高化肥利用率,最大限度地利用土地资源,以合理的肥料投入量获取最高产量和最大经济效益,保护农业生态环境和自然资源。精准施肥的关键技术包括:一是基于施肥区域的土壤养分空间变异规律,实现土壤养分测试和作物营养诊断的精准。二是确定适宜的施肥模型,实现施肥决策的合理。三是采用合理的施肥方式,实现肥料施用的精准化^[9]。此项技术在美国和加拿大的农场中已有大面积应用,应用全球定位系统(GPS)取样器将田块按坐标分格取样,0.5~2hm²取一个土壤样品,分析各取土单元格(田间操作单元)内土壤理化性状和各大、中、微量养分含量。GPS和地理信息系统(GIS)技术,做成该地块的地形图、土壤图、各年土壤养分图等。收获时在联合收割机上装上GPS接收器和产量测定仪,每隔1.2s用GPS定点1次,同时记载当时当地的产量,用GIS做成当季产量图。所有这些资料均用来作为下一年施肥种类和数量的决策参考。做施肥决策时,调用数据库内所有相关资料进行分析,主要按照每一操作单元(0.5~2hm²)的养分状况和上一季产量水平,参考其他因素,确定这一单元内的各种养分施肥量,应用GIS做成各种肥料施用的施肥操作指挥系统(GIS施肥操作图层)。然后转移到施肥机具上,指挥变量平衡施肥^[9]。精准施肥技术所要求的技术含量较高,在中国新疆棉区已有小面积试用,相信在不久的将来会在中国大面积推广应用。

参考文献

- [1] David C H, Dayton M L, James A L, et al. Potassium

carryover dynamics and optimal application policies in cotton production [J]. *Agricultural Systems*.2012, 106 84-93.

- [2] Oosterhuis, Howard. Evaluation of slow-release nitrogen and potassium fertilizers for cotton production. *African Journal* [J]. *Agricultural Research*.2008, 3 (1), 068-073.
- [3] Bronson K F, Onken A B, Booker J D, et al. Irrigated cotton lint yields as affected by phosphorus fertilizer and landscape position [J]. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*.2001, 32:11-12, 1959-1967.
- [4] Philip J B, Dean E E, Ernest E S. Cotton NDVI response to applied N at different soil EC levels.2009.
- [5] Olf, Link, Brentrup, et al. Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations [J]. *J. Plant Nutr. Soil Sci*.2005, 168, 414-431.
- [6] Boggs J L, Tsegaye T D, Coleman T L, et al. Relationship between hyperspectral reflectance, soil nitrate-nitrogen, cotton leaf, chlorophyll, and cotton yield: a step toward precision agriculture [J]. *Journal of Sustainable Agriculture*, 2003, 22(3): 5-16.
- [7] Raun W R, Solie J B, Stone M L, et al. Optical sensor-based algorithm for crop nitrogen fertilization [J]. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2005, 36: 2759-2781.
- [8] 陈桂芬,马丽,陈航.精准施肥技术的研究现状与发展趋势[J]. *吉林农业大学学报*, 2013, 35 (1): 1-6.
- [9] 李世成,秦来寿.精准农业变量施肥技术研究进展[J]. *世界农业*, 2007, 3: 57-59.

作者单位: 中国农业科学院棉花研究所棉花生物学国家重点实验室

