

中国与美国棉花品种的铃质量和衣分差异分析

王 宁,苏桂兰,周 红,许庆华,黄 群,严根土*
(中国农业科学院 棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室,河南 安阳 455000)

摘要: 以我国及美国多年国家棉花区域试验的对照品种为材料,采用简单相关分析、聚类分析及通径分析等分析方法,从不同角度分析了我国与美国棉花品种铃质量和衣分的差异。结果表明,我国棉花品种皮棉产量高于美国品种,主要归因于较高的铃质量和衣分;通径分析结果表明,铃质量和衣分对皮棉产量有显著的正效应,但对皮棉产量的贡献有所不同;我国棉花品种铃质量和衣分对产量的效应为衣分>铃质量,而美国品种对产量的总效应和直接效应为铃质量>衣分,且对皮棉产量的总效应和直接效应均高于我国;铃质量与衣分的简单相关分析结果显示,我国和美国品种的铃质量与衣分均呈正相关关系,简单线性方程系数分别为 0.947 和 0.540。两国棉花品种的铃质量和衣分对产量的贡献有所差异,且我国品种铃质量与衣分的协同提高程度高于美国品种,遗传改良效果显著。

关键词: 棉花; 铃质量; 衣分; 对照品种; 国家区域试验
中图分类号: S562 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)07-0043-05

Difference Analysis of Boll Weight and Lint Index of Cotton between Chinese and American Varieties

WANG Ning, SU Guilan, ZHOU Hong, XU Qinghua, HUANG Qun, YAN Gentu*
(Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences/State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang 455000, China)

Abstract: Based on the results of the national cotton regional test check varieties in China and America, this paper utilized analyzing methods including simple correlation analysis, cluster analysis and path analysis for studying the relationship between boll weight and lint index of cotton in a multi-perspective way. The results indicated that lint yield was higher in Chinese varieties which maintained the traits of high lint index and big bolls. The path analysis showed that boll weight and lint index had a relatively greater positive direct effect on lint yield. The effects on lint yield ranked as lint index > boll weight in Chinese varieties but the comprehensive and direct effects ranked as boll weight > lint index in American varieties. The American varieties also kept higher comprehensive and direct effects than Chinese varieties. The simple correlation analysis also indicated that boll weight had a relatively positive correlation with lint index, and the simple correlation coefficient was 0.947 and 0.540 in Chinese and American varieties, respectively. Our results indicated that the contribution rates of boll weight and lint index to the yield were different between two countries' varieties, and the synergetic raise margin of boll weight and lint index was higher in Chinese varieties.

Key words: cotton; boll weight; lint index; check varieties; national regional test

收稿日期:2015-01-04
基金项目:河南省现代农业产业技术体系项目(S2013-07-1);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(1610162014002)
作者简介:王 宁(1983-),男,河北保定人,助理研究员,博士,主要从事棉花品种资源创新及棉花育种工作。
E-mail:wangning_4306202@163.com
* 通讯作者:严根土(1967-),男,浙江衢州人,副研究员,本科,主要从事棉花品种资源创新及棉花育种工作。
E-mail:yangentu@163.com

高产是棉花育种和栽培的主要目标,其中单位面积铃数、单铃质量和衣分是构成棉花产量的 3 个重要因素。但铃数受栽培条件和环境的影响比较明显,波动大,而单铃质量和衣分主要由品种固有的遗传特性所决定,性状相对稳定^[1-2];同时,铃质量和衣分对皮棉产量的效应均为正效应,且其对产量的效应大于铃数^[3-5],所以在我国以增加产量为目的的育种方案中,诸多学者将提高衣分和铃质量作为目标^[6-9]。近年来,随着棉花品种的遗传改良以及种植制度、灌溉制度的重大转变,棉花产量稳步提高,在新疆出现了一大批单产(皮棉) $\geq 3\ 000\text{ kg/hm}^2$ 的超高产棉田^[10]。然而,美国培育高产棉花育种的主要目标更注重铃数与衣分的增加^[11];美国种植面积最大的棉花高产品种(系)主要有岱字棉、斯字棉、佩棉、爱字棉和珂字棉等,这些棉花品种(系)的丰产结构特征是单铃质量与籽指降低,而结铃数增多,衣分由过去老品种(系)的 38% 左右增至 40% 以上。由于棉花新品种(系)的培育和推广,美国棉花单产从 1980 年的 453 kg/hm^2 (皮棉)提高到现在的近 900 kg/hm^2 ,增产将近 1 倍^[12]。为了探究美国与我国棉花品种产量性状的差异,对 1974—2014 年我国国家棉花区域试验的 20 个对照品种以及 1993—2011 年美国国家棉花区域试验的 16 个对照品种的数据资料进行整理,对其产量、铃质量和衣分进行通径分析、简单相关分析和聚类分析,明确两国棉花铃质量和衣分的差异性,为两国棉花高产、高效育种及栽培主攻方向的确定提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试棉花品种:1974—2014 年我国国家棉花区域试验的 20 个对照品种,分别为鲁棉研 21 号、鲁棉研 28 号、鲁棉研 15 号、中棉所 49、鄂杂棉 10 号、中棉所 45、中棉所 35、中棉所 41、新陆早 36 号、中棉所 30、中棉所 19、冀棉 8 号、泗棉 3 号、新陆早 13 号、鲁棉研 1 号、中棉所 10、中棉所 12、中棉所 17、中棉所 16、岱字棉 15;1993—2011 年美国国家棉花区域试验的 16 个对照品种,分别为 STV LA 887、PAYMASTER HS 26、FM 960B2R、ACALA MAXXA、ALL TEX ATLAS、SG 125、ACALA 1517-88、DELTAPINE 50、PHYTOGEN 72、ACALA 1517-99、DELTAPINE 90、STV 4892 BR、SG 747、DPL 458 BG/RR、DP 555 R/R、NU 33 B。以上供试棉花品种的产量、铃质量和衣分数据资料均由中国农业科学院棉花研究所国家棉花区域试验站提供。

1.2 统计分析

采用 DPS 7.05 统计软件进行数据处理,相关性分析采用基本特征数分析、通径分析、简单相关分析和聚类分析等方法。

2 结果与分析

2.1 我国与美国棉花品种的产量、铃质量和衣分比较

由表 1 可见,1974—2014 年,我国国家棉花区域试验对照品种的皮棉产量为 $680.6 \sim 2\ 299.5\text{ kg/hm}^2$,其中皮棉产量超过 $1\ 000\text{ kg/hm}^2$ 的品种有 15 个,占总数的 75.0%,皮棉产量较高的前 4 个品种分别为新陆早 36 号、中棉所 49、新陆早 13 号和中棉所 10;铃质量为 $4.80 \sim 6.10\text{ g}$,其中铃质量 $\geq 5.50\text{ g}$ 的品种有 13 个,占总数的 65.0%, $\geq 6.00\text{ g}$ 的棉花品种有 2 个,依次为中棉所 49 和中棉所 17;衣分为 35.50%~42.30%, $\geq 41.00\%$ 的品种有 9 个,占总数的 45.0%,其中衣分较高的前 4 个品种分别为中棉所 19、泗棉 3 号、新陆早 36 号和中棉所 49。平均皮棉产量、铃质量和衣分分别为 $1\ 357.3\text{ kg/hm}^2$ 、 5.50 g 和 40.07%。

表 1 1974—2014 年我国国家棉花区域试验中 20 个对照品种的产量性状

品种	皮棉产量/ (kg/hm^2)	铃质量/g	衣分/%
新陆早 36 号	2 299.5	5.60	42.00
中棉所 49	1 992.0	6.10	41.80
新陆早 13 号	1 852.5	5.50	41.20
中棉所 10	1 824.0	5.00	36.50
中棉所 35	1 770.0	5.70	40.20
鄂杂棉 10 号	1 593.0	5.80	40.40
鲁棉研 21 号	1 506.0	5.80	41.60
冀棉 8 号	1 461.0	5.50	41.50
鲁棉研 28 号	1 443.0	5.80	41.60
中棉所 41	1 386.0	5.60	39.90
中棉所 12	1 327.5	5.00	41.50
中棉所 45	1 297.5	5.60	39.00
泗棉 3 号	1 278.0	4.80	42.10
中棉所 16	1 063.5	5.00	36.00
中棉所 19	1 017.0	5.40	42.30
鲁棉研 15 号	987.0	5.70	40.70
中棉所 17	871.5	6.00	38.00
鲁棉 1 号	835.5	5.50	35.50
中棉所 30	691.5	5.30	39.00
岱字棉 15	680.6	5.20	40.50
平均值	1 357.3	5.50	40.07

由表 2 可知,与我国相比,1993—2011 年美国国家棉花区域试验对照品种的皮棉产量、铃质量和衣分均相对较低,其中皮棉产量为 $647.7 \sim 1\ 092.6$

kg/hm², 铃质量为 4.29 ~ 5.73 g, 而衣分为 36.06% ~ 42.70%。皮棉产量超过 1 000 kg/hm² 的品种仅有 4 个, 占总数的 25.0%; 铃质量超过 5.50 g 的品种仅有 2 个, 分别为 STV LA 887 和 PAYMASTER HS 26, 而衣分超过 41.00% 的品种仅有 1 个 (DP 555 R/R)。平均的皮棉产量、铃质量和衣分分别为 920.9 kg/hm²、4.93 g 和 38.93%, 比我国品种的平均值分别低 436.4 kg/hm²、0.57 g 和 1.14 个百分点。

表 2 1993—2011 年美国国家区域试验对照品种的产量性状

品种	皮棉产量 /(kg/hm ²)	铃质量/g	衣分/%
DP 555 R/R	1 092.6	4.36	42.70
STV 4892 BR	1 089.2	4.81	40.78
FM 960B2R	1 048.6	5.19	39.37
DPL 458 BG/RR	1 029.0	4.52	38.67
SG 125	981.0	5.12	40.13
STV LA 887	969.7	5.73	40.26
SG 747	968.3	4.65	40.62
DELTAPINE 50	918.0	4.95	36.99
PHYTOGEN 72	917.0	4.86	38.97
DELTAPINE 90	908.9	4.82	38.65
NU 33 B	892.0	4.29	37.14
ACALA 1517 -99	877.2	4.84	37.80
PAYMASTER HS 26	818.5	5.51	36.85
ACALA 1517 -88	797.0	4.96	37.80
ALL TEX ATLAS	779.5	5.14	36.06
ACALA MAXXA	647.7	5.15	40.08
平均值	920.9	4.93	38.93

2.2 我国和美国棉花品种产量、铃质量和衣分的聚类分析

聚类分析是研究事物之间相似性或相似程度的一种多元统计方法。为更好地比较各棉花品种间的差异, 对各棉花品种的产量、铃质量和衣分进行聚类分析。由图 1 可以看出, 区试的棉花品种在卡方距离 3 左右处聚为 3 类, 根据棉花品种的产量由下往上可依次分为高产量棉花品种、中产量棉花品种和低产量棉花品种。其中, 高产品种具有衣分高、铃质量高的特性, 如中高铃质量、高衣分的新陆早 36 号和高铃质量、高衣分的中棉所 49; 中产量品种又可分为中偏高产量品种 (新陆早 13 号、中棉所 10 和中棉所 35) 和中等产量品种 (鄂杂棉 10 号、鲁棉研 21 号、冀棉 8 号和鲁棉研 28 号、中棉所 41、中棉所 12、中棉所 45、泗棉 3 号), 这些品种均具有中高铃质量或/和高中衣分特性; 低产量品种则具有铃质量或/和衣分偏低的特性, 如中棉所 16、中棉所 17、中棉所 19、鲁棉研 1 号、鲁棉研 15 号、中棉所 30、岱字棉 15 以及美国的 16 个棉花品种。

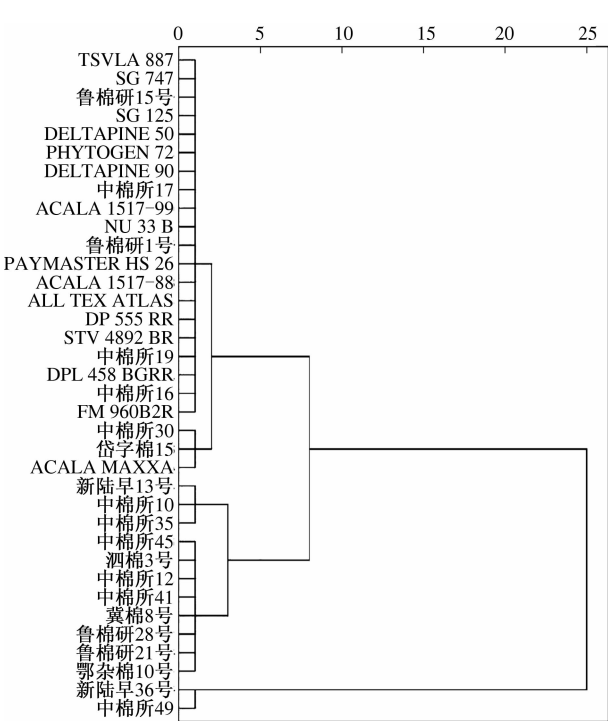


图 1 我国和美国国家棉花区域试验对照品种的产量、铃质量和衣分的聚类分析

2.3 我国和美国棉花品种铃质量和衣分对产量的通径分析

为了分析铃质量与衣分对产量的贡献, 以皮棉产量为因变量, 以铃质量和衣分为自变量, 对其进行通径分析。表 3 表明, 我国棉花品种的回归方程为: $Y(\text{皮棉产量}) = 91.7X_1(\text{铃质量}) + 23.9X_2(\text{衣分}) - 43.2 (R^2 = 0.191)$; 而美国棉花品种的回归方程为: $Y(\text{皮棉产量}) = 174.4X_1(\text{铃质量}) + 27.6X_2(\text{衣分}) + 940.2 (R^2 = 0.411)$ 。铃质量和衣分均对皮棉产量有显著的正的总效应 (相关系数) 和直接效应 (直接通径系数), 同时可以通过彼此有微弱的正的间接效应 (间接通径系数)。两国品种的铃质量和衣分对皮棉产量的贡献有所不同, 我国棉花品种的衣分对产量的效应 (总效应、直接效应和间接效应) 略高于铃质量; 但美国棉花品种对产量的总效应和直接效应表现为铃质量 > 衣分, 而衣分通过铃质量对产量的间接效应 (0.048) 略高于铃质量通过衣分对产量的间接效应 (0.032); 同时, 美国棉花品种的铃质量和衣分对皮棉产量的总效应和直接效应均高于我国棉花品种, 但铃质量及衣分通过彼此对产量的间接效应小于我国棉花品种。

2.4 我国和美国棉花品种铃质量与衣分的相关关系

线性相关分析是研究 2 个变量间线性关系的一种基本方法。为了进一步明确不同棉花品种铃质量与衣分的相关程度, 分别对上述 20 个我国棉花品种

表 3 我国和美国国家棉花区域试验对照品种铃质量及衣分对皮棉产量的通径系数

类别	项目	回归方程系数	相关系数 (R_{X_iY})	直接通径系数 ($P_{X_i \rightarrow Y}$)	间接通径系数	
					$P_{X_i \rightarrow X_1 \rightarrow Y}$	$P_{X_i \rightarrow X_2 \rightarrow Y}$
中国品种	常量	-43.2				
	铃质量(X_1)	91.7	0.174 *	0.134 *		0.040
	衣分(X_2)	23.9	0.196 *	0.139 *	0.057	
美国品种	常量	940.2				
	铃质量(X_1)	174.4	0.352 *	0.320 *		0.032
	衣分(X_2)	27.6	0.262 *	0.214 *	0.048	

注：* 表示相关性显著($P < 0.05$)。

及 16 个美国棉花品种的铃质量与衣分进行简单相关性分析。由图 2 可知,铃质量与衣分呈较弱的正相关关系。其中,我国棉花品种和美国棉花品种铃质量与衣分的简单线性方程系数分别为 0.947 和 0.540,即我国棉花品种的铃质量与衣分协同提高的程度高于美国棉花品种。

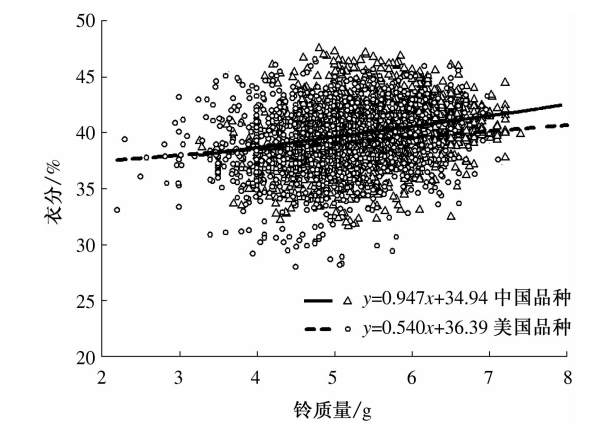


图 2 我国和美国国家棉花区域试验对照品种的铃质量与衣分的相关分析

3 结论与讨论

与美国棉花品种相比,我国棉花品种的皮棉产量、铃质量和衣分均较高,平均皮棉产量、铃质量和衣分分别比美国品种的平均值高 436.4 kg/hm²、0.57 g 和 1.14 个百分点。聚类分析也表明,我国棉花品种多为中高产量品种,这些品种多具有高铃质量、高衣分的特性,如铃质量和衣分均较高的品种中棉所 49 和高衣分品种新陆早 36 号等,而美国棉花品种则多为偏小铃质量或/和偏低衣分的低产量品种。铃质量和衣分是棉花产量的基本构成因素,对皮棉产量有显著的正效应,与其他学者报道结果一致^[2-3, 13-15],但这 2 个因素对棉花产量的决定程度与品种类型^[3, 16]、栽培措施^[17]和环境条件^[18-19]等有关。我国棉花品种的衣分对产量的效应高于铃质量,且铃质量与衣分通过彼此对皮棉产量均有一定的正效应,因此在育种过程中选择高铃质量和高衣分性状有利于产量的提高。而美国棉花品种对产量

的总效应和直接效应均表现为铃质量 > 衣分,因此在育种过程中选择高铃质量性状则更有利于产量的提高。同时美国棉花品种的铃质量和衣分对皮棉产量的总效应和直接效应均高于我国品种,如在其他因素相对固定的前提下,我国棉花品种铃质量每增加 1 个单位(g),皮棉产量可增加 91.7 kg/hm²;衣分每增加 1 个单位(%),皮棉产量可增加 23.9 kg/hm²。而美国铃质量每增加 1 个单位(g),皮棉产量可增加 174.4 kg/hm²;衣分每增加 1 个单位(%),皮棉产量可增加 27.6 kg/hm²。

一些学者对棉花的产量构成因素进行遗传分析发现,衣分和单铃质量在遗传上呈负相关^[13-14]。但本研究对多年多点大面积推广品种(对照品种)的铃质量与衣分的相关分析及通径分析结果表明,铃质量与衣分呈较弱的正相关关系,这种不一致的结果可能归因于分析方法的不同。曹雯梅^[20]对河南省杂交棉区域试验参试品种的分析结果表明,产量构成三因素间均呈不同程度的正相关,但铃质量与单株有效铃数及衣分相关性均不显著。我国学者范万发等^[21]以及张金发等^[22]根据历史区试资料研究棉花育种对棉花产量的贡献与品种性状演变趋势时也发现,品种的铃质量和衣分逐步提高。与此同时,与美国棉花品种相比,我国棉花品种的单铃质量与衣分关系更为紧密,且铃质量与衣分的协同提高程度高于美国棉花品种,遗传改良效果显著。

参考文献：

[1] 黄志勇,郭长佐,费跃,等. 杂交棉皮棉产量构成因素分析及高效栽培途径[J]. 中国棉花,1999,26(10): 18-19.

[2] 曹雯梅,黄爱云,任景荣,等. 抗虫杂交棉农艺性状间相关和通径分析[J]. 中国棉花,2006,33(7):25-26.

[3] 王汉霞. 缺钾条件下棉花杂种优势和配合力研究[D]. 北京:中国农业大学,2011.

[4] 唐灿明,朱广春. 铃重及其构成因素的相关分析[J]. 中国棉花,1990,17(6):9-10

[5] 孙长法,陈荣江,田土星. 棉乡 368 棉花产量因素品质性状相关分析及高产结构指标研究[J]. 现代农业科技,2014(13):9-11.

- [6] 张桂直,马峙英,刘占国,等. 陆地棉基因型间竞争对产量及构成因素的影响[J]. 华北农学报,1996,11(2):33-37.
- [7] 何团结. 我国棉花转基因目标性状研究进展及其利用[J]. 中国农业科技导报,2005,7(6):20-25.
- [8] 熊格生,唐海明,陈金湘. 中国转基因抗虫棉的研究利用现状及发展对策[J]. 中国农学通报,2006,22(5):193-197.
- [9] 汤建. 棉花花铃期影响铃重的因素及提高技术[J]. 现代农业科技,2014(7):67-68.
- [10] 林海. 新疆北疆棉花超高产栽培技术指标研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [11] 王民. 美国农作物品种培育和改良技术现状(二)[N]. 农民日报,2001-07-05(6).
- [12] Carolskelly. 2011—2012 年美国的供应与需求前景[C]//中国棉花学会. 2011 年中国国际棉花会议论文集,北京:中国农业出版社,2011:16-25.
- [13] 韩祥铭,刘英欣,吕建华,等. 陆地棉主要经济性状的遗传相关分析[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2003,34(1):50-53.
- [14] 李成奇,郭旺珍,张天真. 衣分不同陆地棉品种的产量及产量构成因素的遗传分析[J]. 作物学报,2009,35(11):1990-1999.
- [15] 齐子杰,陈荣江. 高产棉花植株形态性状及产量构成因素选育模式的探讨[J]. 河南农业科学,2010(1):32-35.
- [16] 曹雯梅,刘松涛,王汉民. 常规棉与杂交棉产量构成因素的偏相关和通径分析[J]. 中国种业,2006(10):35-36.
- [17] 李新裕,陈玉娟,闫志顺. 不同株行距配置棉铃的发育特点和产量构成因素研究[J]. 新疆农业科学,2000(5):193-195.
- [18] 宋继辉,胡守林,万素梅. 不同类型土壤棉花产量构成因素及棉铃空间分布研究[J]. 中国棉花,2009,36(3):17-19.
- [19] 袁钧,郝秀忍,孙振纲,等. 旱地棉花产量构成因素的通径分析[J]. 华北农学报,1994,9(1):7-11.
- [20] 曹雯梅. 高产杂交棉数量性状间关系的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2010.
- [21] 范万发,校百才. 陆地棉品种主要性状选择趋向分析[J]. 江西棉花,1995(3):13-16.
- [22] 张金发,刘金兰,孙济中. 棉花育种对湖北棉花产量的贡献及品种性能演变趋势分析[J]. 湖北农业科学,1993(7):1-5.

(上接第31页)

杜承林等^[11]研究证明,在低磷的土壤上,施磷可以促进小麦对钾素的吸收,磷、钾吸收量间的相关系数为 0.739 5^{*}。本试验中,磷用量为 50 ~ 100 kg/hm²时,小麦植株地上部钾素吸收量显著增加,而磷肥的施用量达到 150 kg/hm²时,则会抑制钾素吸收量的进一步提高。因此,适宜的磷施用量可促进小麦植株对土壤中钾素的吸收累积,过量则抑制其吸收。

综合来看,豫西丘陵旱作区施磷量为 100 kg/hm²时有利于小麦产量提高及氮、磷、钾的吸收利用。

参考文献:

- [1] 郭中义,张少泽,易玉林,等. 不同土类施用氮磷钾对优质小麦产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学,2003,31(4):670-671.
- [2] 刘克礼,高聚林,张永平,等. 春小麦氮、磷、钾三要素利用率的研究[J]. 麦类作物学报,2003,23(3):103-106.
- [3] 林德喜,胡锋,范晓晖,等. 长期施肥对太湖地区水稻土磷素转化的影响[J]. 应用与环境生物学报,2006,12(4):453-456.
- [4] 丁玉川,陈明昌,程滨,等. 作物磷营养效率生理生化基础研究进展[J]. 山西农业科学,2004,32(3):25-29.
- [5] 张睿. 半湿润农田生态系统不同施肥处理对小麦籽粒中氮、磷、钾含量和累积量的效应[J]. 西北植物学报,2005,25(1):150-154.
- [6] 王荣辉,王朝辉,李生秀,等. 施磷量对旱地小麦氮磷钾和干物质积累及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(1):116-122.
- [7] 姜宗庆,封超年,黄联联,等. 施磷量对小麦物质生产及吸磷特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5):628-634.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [10] 张睿,郭月霞,南春芹. 不同施肥水平下小麦籽粒中部分微量元素含量的研究[J]. 西北植物学报,2004,24(1):125-129.
- [11] 杜承林,祝斌,陈小琴,等. 高产小麦对磷的需求与磷肥合理施用研究[J]. 土壤,1998,30(5):239-242,266.
- [12] 宋永林. 不同肥料配比对冬小麦分蘖及成穗影响[J]. 北京农业科学,1997,15(4):21-24,34.
- [13] 张起刚,王化国,杨合法,等. 细质沙土增施磷肥对小麦生长及氮素吸收的影响[J]. 核农学报,1994,8(3):159-166.
- [14] 王兵,刘文兆,党廷辉,等. 黄土高原氮磷肥水平对旱作冬小麦产量与氮素利用的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(8):101-107.