

# 不同养分供应下玉米品种产量潜力变异研究

褚清河<sup>1,2</sup>, 王成己<sup>1</sup>, 潘根兴<sup>1</sup>, 刘振钰<sup>3</sup>, 任志华<sup>3</sup>

(1. 南京农业大学 农业资源与生态环境研究所, 江苏 南京 210095;

2. 山西省农业科学院农业资源综合考察研究所, 山西 太原 030006; 3. 汾阳市农业局, 山西 汾阳 033000)

**摘要:** 探讨土壤养分平衡因素是否影响玉米产量潜力的发挥, 进而阐明不同养分供应下玉米品种生物学性状和产量潜力变异及其育种意义, 为品种选育与区试中应用科学的施肥技术和手段提供依据。采用田间品种对比试验, 在山西汾阳碳酸盐褐土上研究不同养分供应对 15 个全国区试玉米品种产量潜力变异的影响。结果表明, 和常规施肥相比, 调控施肥改变了玉米的生物学性状, 显著增加了单穗粒重和产量; 不同养分供应及平衡状况下玉米品种的产量潜力有较大差异, 平衡施肥使高养分潜力型品种的产量潜力得到明显提高。土壤养分与作物施肥的养分供应状况显著影响玉米产量潜力的发挥。因此, 在玉米高产育种中, 应该根据土壤-养分平衡原理来筛选生态适应性品种。

**关键词:** 玉米; 品种; 养分供应; 生物学性状; 产量; 平衡施肥

**中图分类号:** S513.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2007)05-0129-05

## Corn Cultivars Yield Potential Variation under Different Nutrient Application and Its Significance for Breeding

CHU Qing-he<sup>1,2</sup>, WANG Cheng-ji<sup>1</sup>, PAN Gen-xing<sup>1</sup>, LIU Zhen-yu<sup>3</sup>, REN Zhi-hua<sup>3</sup>

(1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. Integrated Survey Institute of Agriculture Resources, Shanxi Academy of Agriculture Sciences,

Taiyuan 030006, China; 3. Agriculture Bureau in Fenyang City, Fenyang 033000, China)

**Abstract:** To discuss whether soil nutrient balance affects corn cultivars yield potentiality and study corn agronomical properties and yield potential variation and its significance for breeding, field experiments were conducted to provide evidence for corn breeding and regional test. 15 national regional test corn cultivars were planted in carbonate cinnamon soil as field experiment in Fenyang to study the effect of different nutrient application on corn yield potential variation. Results showed that regulative fertilization changed agronomical properties compared with conventional fertilization and increased significantly grain weight of one spike and grain yield. There was obviously difference for corn yield potentiality under different nutrient application and fertilizer balance, and balanced fertilization increased significantly yield potentiality for high nutrient potential cultivars. Soil nutrient and nutrient from application affected corn yield potentiality. Therefore, ecoadaptable cultivars should be chosen according to soil nutrient balance theory in corn high-yield breeding.

**Key words:** Corn; Cultivars; Nutrient application; Agronomical properties; Grain yield; Balanced fertilization

作物品种是生态型存在的具体形式, 基因型和环境互作理论认为, 环境条件的变异, 必然会影响到生存于其中的基因型, 而基因型在适应变化的环境条件中也要发生变异, 并通过表现型反映出来<sup>[1]</sup>。因此, 基因型是生态型性状表现的基础, 而环境影响性状的表现程度、不同生态型性状的表现程度, 都以其适宜的环境条件为转移, 只有在最适宜的条件下,

各类生态型品种的基因型才能得到充分表达。生态遗传学中所说的环境应该是由自然生态因子和土壤养分因子构成的环境。但在生产实践中, 人们往往认为作物品种适应性主要是由气象因素决定的<sup>[2]</sup>, 未把土壤养分作为环境要素的一个重要内容来考虑。国内外的研究<sup>[3-13]</sup>表明, 作物的生物学性状和产量受到遗传和环境的双重影响, 化肥在农业生产

收稿日期: 2007-03-20

基金项目: 山西省农科院基金项目(951001)

作者简介: 褚清河(1957-), 男, 山西娄烦人, 博士, 研究员, 主要从事土壤养分与作物施肥研究

通讯作者: 潘根兴(1958-), 男, 浙江浦江人, 博士, 教授, 主要从事农业资源利用研究。

中的作用日趋重要, 因此研究施肥及养分平衡对作物生物学性状和产量变化具有重要意义。本研究引入土壤养分供应与作物养分需求平衡的调控施肥原理, 比较常规施肥(不考虑土壤养分供应平衡)与平衡养分的调控施肥下不同玉米品种的产量潜力的表现差异, 探讨土壤养分平衡因素是否影响玉米品种产量潜力的发挥? 进而阐明不同养分供应下玉米品种生物学性状和产量变异及其育种意义, 为品种选育与区试中应用科学的施肥技术和手段提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地基本情况

试验在山西省汾阳市进行, 该市地处吕梁山东麓, 东经 111°26′02″~112°00′42″和北纬 37°09′00″~37°28′30″之间。全年平均温度 9.9℃, 年平均降雨量 460 mm, 蒸发量 1 795.9 mm, 无霜期 170~180 d。2003 年全年降水量 617.2 mm, 光照时数 2 028.2 h; 2004 全年降水量为 348.9 mm, 光照时数为 2 343.4 h。

试验地位于汾阳市农业局农场内。土壤为碳酸盐褐土, 水浇地, 历年玉米平均产量为 7.5~9.0 t/hm<sup>2</sup>。试验地 0~20 cm 土层有机质 11.1 g/kg, 碱解氮(N) 58.0 mg/kg, 速效磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 10.3 mg/kg, 速效钾(K<sub>2</sub>O) 236.0 mg/kg。

表 1 供试玉米品种基本状况

Tab. 1 Basic traits of experimental corn cultivars			
品 种 Cultivars	育种单位 Breeding unit	生育期/d Growth period	平均产量/ (t/hm <sup>2</sup> ) Mean yield
620500	辽宁铁岭	133	11.32
隆迪 205 Longdi 205	沈阳隆迪种业	131	10.78
X1141P	辽宁铁岭	127	10.84
620624	辽宁铁岭	128	11.02
奥试 3102 Aoshi 3102	北京奥瑞金科技公司	130	10.37
海 S02 Hai S02	辽宁海城	132	10.50
LD9002	山东省农科院	128	10.32
YA1008	四川雅玉科技有限公司	131	10.44
渝单 8 号 Yudan 8 hao	重庆农科所	133	10.40
辽 127 Liao 127	辽宁省农科院	132	11.17
中科 2 号 Zhongke 2 hao	河南中科华泰有限公司	131	10.81
TY90128	山西屯留玉米种业公司	130	11.13
丹 3086 Dan 3086	承德长城公司	131	10.99
丹玉 68 Danyu 68	辽宁丹东农科所	131	10.79
TY90232	山西屯留玉米种业公司	132	11.09

### 1.2 试验方法

玉米品种比较试验按国家规定的方法<sup>[14, 15]</sup>设计。施肥处理: 2003 年常规施肥, 施尿素 600 kg/hm<sup>2</sup> (基肥和追肥各一半), 过磷酸钙(基肥, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>14%) 750 kg/hm<sup>2</sup>; 2004 年采用调控施肥技术<sup>[16]</sup>, 按照土壤

养分供应类型为磷多氮少不平衡型, 施尿素 407.6 kg/hm<sup>2</sup>, 施过磷酸钙 893 kg/hm<sup>2</sup>, 全部肥料于播种前一次施用, 以后不再追肥。施肥方式为播种前地表均匀撒施, 随即耕翻。2003 年参试品种 58 个, 2004 年 70 个, 各分 3 组进行, 对照都为农大 108。随机排列, 3 次重复。种植密度 48 000 株/hm<sup>2</sup>, 中耕管理统一为当地常规方式(定苗、拔节和抽穗期中耕培土)。2003 和 2004 年当地气候正常, 玉米生长正常。选择 2 年都参加试验的 15 个品种(表 1)的试验结果进行对比分析。

### 1.3 统计分析

数据处理用 Microsoft Excel 2003 进行, 所有数据测定结果以平均值±标准差的形式表示, 并采用 t-检验进行不同施肥处理间差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对玉米植株生物学性状的影响

作物的生物学性状是由品种特性决定的, 但在栽培过程中, 其性状的表现程度却受自然条件和栽培技术特别是施肥技术的影响。表 2 表明, 调控施肥条件下, 玉米的生育期较常规施肥延长 5 d 左右, 株高和穗位高也较常规施肥明显增高, 说明“减氮增磷”的调控施肥方式延长了玉米生育期, 有利于玉米生长前期攻秆和后期孕穗; 常规施肥和调控施肥条件下玉米的穗长、穗行数和百粒重基本相同; 调控施肥时的单穗粒重明显高于常规施肥, 表明多施磷肥有利于玉米穗和籽粒变得饱满, 有利于提高穗粒数, 这与李发民等<sup>[17]</sup>、何萍等<sup>[18]</sup>的研究一致。分析说明, 不同养分供应对不同玉米品种生物学性状的表达均有一定影响, 这是玉米营养特性的具体表现。

表 2 不同施肥处理对玉米植株生物学性状的影响

Tab. 2 Effect of different fertilization treatments on corn agronomical properties		
生物学性状 Agronomical properties	常规施肥 Conventional fertilization	调控施肥 Regulative fertilization
生育期/d Growth period	128.5±2.8bB <sup>1)</sup>	133.6±1.8aA
株高/cm Height of plant	223.5±20.0bB	263.5±20.7aA
穗位高/cm Height of spike	78.5±10.4bB	110.5±16.0aA
穗长/cm Length of spike	18.9±1.9bA	20.6±0.9aA
穗行数/行 Lines of one spike	16.5±1.3aA	16.2±1.4aA
单穗粒重/g Grain weight of one spike	173.8±36.2aA	206.5±24.7aA
百粒重/g Weight of 100 grains	34.6±4.5aA	34.0±4.5aA

注: 1) 表示施肥处理间差异显著性, 其中大(小)写字母表示 1%(5%)水平差异

Note: 1) Different capital (small) letters in the same row are significant at 1% (5%) level between different fertilization treatments

2.2 不同施肥处理对玉米籽粒产量的影响

表3为两种施肥处理时不同玉米品种的籽粒产量,对比分析表明,常规施肥时不同玉米品种平均产量为7.33 t/hm<sup>2</sup>,方差分析F=3.83<sup>\*\*</sup>(F<sub>0.01</sub>=2.66),达到极显著标准;调控施肥时平均产量为9.62 t/hm<sup>2</sup>,方差分析F=2.17<sup>\*</sup>(F<sub>0.05</sub>=1.99),达到显著水平,表明两种施肥条件下不同品种间产量具有明显差异。多重比较分析表明,常规施肥条件下,参试品种产量与农大108比较,除奥试3102外均没有显著差异,增产幅度最高的辽127也仅较农大108增产6.4%,未达到国家新品种审定规定的增产指标;调控施肥条件下,参试品种产量与农大108比较,除620500和隆迪205外均没有显著差异。有6个品种比对照农大108增产10%以上,其中620500和隆迪205分别增产35.8%和30.6%,超过国家规定的审定指标,说明调控施肥能够充分发挥玉米品种的潜在产量水平。对两种施肥条件下的产量结果分别进行作图1。从产量排序图可以看出,常规施肥条件下,辽127,LD9002和TY90232依次是产量最高的3个玉米品种;而调控施肥条件下,620500,隆迪205和X1141P则跃居前3位,这种产量趋势与常规施肥下的产量潜力排序完全不同。可见不同作物品种对施肥的反应是不同的,并非完全是生态型的表现。

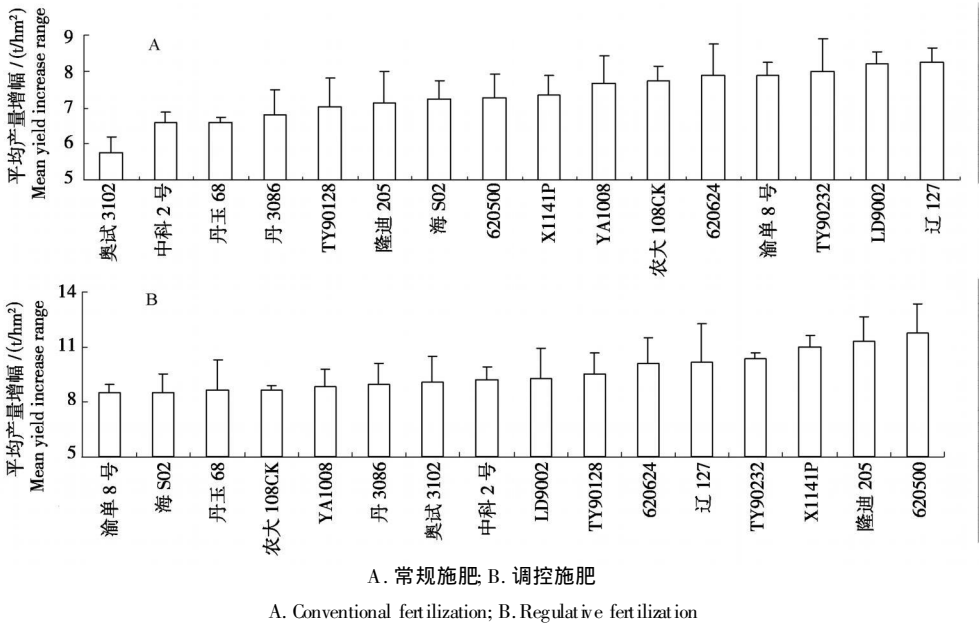


图1 不同施肥处理下不同玉米品种籽粒产量排序

Fig. 1 Grain yield order of different corn cultivars in different fertilization treatments

3 讨论与结论

3.1 作物的营养特性

作物的营养特性是不同的,如有的作物品种耐肥性强,有的则耐肥性弱,有的能利用土壤中极低含

表3 不同施肥处理对玉米子粒产量的影响

Tab. 3 Effect of different fertilization treatments

on corn grain yield			t/hm <sup>2</sup>
品种 Cultivars	常规施肥 Conventional fertilization	调控施肥 Regulative fertilization	
辽 127 Liao 127	8.23±0.42a (aA)	10.15±2.13abcd (aA)	
LD9002	8.21±0.31a (aA)	9.27±1.69bcd (aA)	
TY90232	8.00±0.90ab (bB)	10.39±0.30abcd (aA)	
620624	7.88±0.88abc (bA)	10.11±1.39abcd (aA)	
渝单 8 号 Yudan 8 hao	7.88±0.38abc (aA)	8.51±0.45d (aA)	
YA1008	7.67±0.76abcd (aA)	8.85±0.94cd (aA)	
X1141P	7.35±0.53abcd (bB)	11.02±0.64abc (aA)	
620500	7.26±0.65abcd (bB)	11.76±1.60a (aA)	
海 S02 Hai S02	7.25±0.50abcd (aA)	8.52±0.99d (aA)	
隆迪 205 Longdi 205	7.13±0.88abcd (bB)	11.31±1.36ab (aA)	
中科 2 号 Zhongke 2 hao	6.57±0.30de (bB)	9.18±0.72bcd (aA)	
TY90128	7.03±0.78bcd (bB)	9.50±1.20abcd (aA)	
丹 3086 Dan 3086	6.79±0.69cde (bB)	8.96±1.13bcd (aA)	
丹玉 68 Danyu 68	6.57±0.16de (aA)	8.64±1.68cd (aA)	
奥试 3102 Aoshi 3102	5.75±0.45e (bB)	9.06±1.42bcd (aA)	
农大 108(CK)			
Nongda 108(CK)	7.74±0.40abcd (bB)	8.66±0.26cd (aA)	

注:小写字母表示同一列品种间差异显著性(5%);括号内字母表示同一行施肥处理间差异显著性,其中大(小)写字母表示1%(5%)水平差异

Note: Different small letters in the same list are significant at 5% level between different cultivars. Different capital (small) letters in bracket are significant at 1% (5%) level between different fertilization treatments

量的磷,而有的则不能,因此不同玉米品种对施肥的反应也截然不同<sup>[19]</sup>。根据两种施肥条件下不同玉米品种的增产幅度(即养分对产量的贡献)大小可将供试玉米品种分为以下3种基本类型(图2)。

第一类是高养分潜力型品种(620500,隆迪205,

奥试 3102 和 X1141P), 该类品种由施肥引起的产量变异在 25.7% 以上, 最高达到 30.8%, 调控施肥下的相对增产幅度在 40% 以上, 施肥对玉米产量的影响远大于气象因素对其的影响。该类品种在常规施肥条件下, 与对照农大 108 比较, 分别减产 6.1%, 7.9%, 25.7% 和 5.0%; 但在调控施肥条件下, 排名由常规施肥的第 9 位、11 位、16 位和 8 位跃居到第 1 位、2 位、10 位和 3 位, 除奥试 3102 外, 其余较对照

农大 108 的增产幅度都达到 27.3% 以上, 这 4 个品种较常规施肥的相对增产幅度分别为 62.0%, 58.8%, 57.5% 和 50.0%。一对一  $t$  检验,  $t$  值分别为 4.525, 4.480, 3.851 和 7.640 ( $t_{0.01} = 2.776$ ), 达到极显著水平, 表明这些品种是对养分供应比例和强度要求较高的一类品种, 低肥力和养分不平衡条件下很难发挥其潜在产量水平<sup>[12]</sup>, 因而这类品种对养分反应敏感, 而对区域气候的适应性较强。

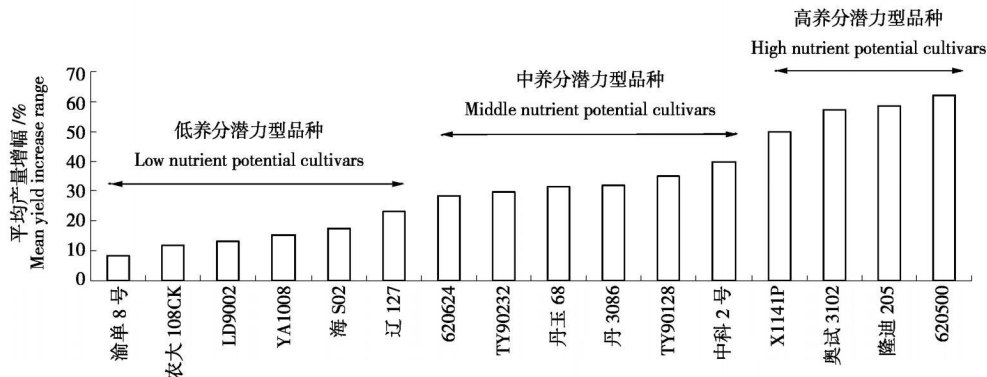


图 2 不同玉米品种的增产幅度排序与品种的养分增产潜力

Fig. 2 Grain yield increase range order and potential of different corn cultivars

第二类品种如中科 2 号, TY90128, 丹 3086, 丹玉 68, TY90232 和 620624, 为养分较强适应性品种, 这类品种的特点是, 在常规施肥条件下, 与对照农大 108 相比增产效果很小(后 2 个品种)甚至减产(前 4 个品种), 而调控施肥条件下则具有一定的增产效果, 相对增产幅度在 28.3% ~ 39.8%,  $t$  检验除丹玉 68 外, 都达到显著标准, 但小于第一类品种的增产幅度。该类品种由施肥引起的产量变异在 16.6% ~ 20.7% 的范围内, 气象因素对产量的影响已接近施肥对其的影响。该类品种对土壤养分和气候状况均有一定的适应性, 称中养分潜力型品种。

第三类品种如辽 127, 海 S02, YA1008, LD90028 和渝单 8 号, 无论是常规施肥还是调控施肥条件下, 与对照农大 108 相比都不具有明显的增产效果, 而且同一品种调控施肥与常规施肥相比, 也未表现出明显的增产效果,  $t$  检验未达到显著标准。该类品种由施肥引起的产量变异在 2.8% ~ 12.1% 的范围内, 施肥引起的产量变异小于气象因素的影响, 因此属养分强适应性品种, 气象因素对其产量的影响较大, 其增产潜力有限或不具增产潜力, 称低养分潜力型品种。

### 3.2 施肥技术在品种选育中的意义

调控施肥技术根据土壤主要肥力指标和种植作物计算最佳施肥比例和施肥量, 它的使用让研究作物平衡和不平衡养分类型的基因型差异成为可能。褚清河等研究表明, 同一作物品种存在养分平衡和

不平衡类型基因型差异, 在调控施肥技术应用以前, 由于无法划分土壤养分类型和做到定比定量施肥, 在作物品种选育和推广中, 每年就有可能因土壤养分类型和施肥引起较大的产量变异, 作物育种过程中材料的产量性状自然难以在短时间内趋于稳定, 不同区域种植同一作物品种也可能因土壤养分类型和施肥导致产量水平的较大差异。

本试验通过施肥手段将不平衡土壤养分类型转化成为平衡养分类型, 并提高土壤供肥达到玉米所要求的最佳供应强度, 使适宜在这种条件下种植的品种如 620500, 隆迪 205 和 X1141P 的高产潜力得到充分发挥。而常规施肥则使得不平衡土壤养分类型更加不平衡, 使得不具高产潜力的品种如辽 127, 海 S02, 渝单 8 号和 LD9002 等显得更为突出。因此, 在品种选育与区试中采用调控施肥技术, 可以缩短品种选育时间, 定向选育各种养分潜力型品种。

不同的施肥处理均影响玉米品种生物学性状的表达, 调控施肥下优化了玉米的生物学性状与产量的关系, 使玉米品种的营养遗传特性得到充分体现。调控施肥下玉米产量的提高主要与单穗粒重提高有关。

平衡施肥和调控施肥下不同玉米品种的产量潜力表现显著不同。供试玉米品种可分为高养分潜力型、中养分潜力型和低养分潜力型。在调控施肥下, 高养分潜力型品种的产量水平得到大幅度提高, 从而改变了其在常规施肥下的试验产量排序。

土壤养分与作物施肥的养分供应状况显著影响玉米产量潜力的发挥。在玉米高产育种中, 应该根据土壤- 养分平衡原理来筛选生态适应性品种。采用调控施肥技术, 可以缩短品种选育时间, 定向选育各种养分潜力型品种。

#### 参考文献:

- [1] 赵志立, 许钢垣, 李生海. 遗传育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [2] 李潮海, 苏新宏, 谢瑞芝, 等. 超高产栽培条件下夏玉米产量与气候生态条件关系研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(3): 311– 316.
- [3] Belay A, Claassens A S, Wehner F C. Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long term crop rotation [J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2002, 35(6): 420– 427.
- [4] Presterl T, Groh S, Landbeck M. Nitrogen uptake and utilization efficiency of European maize hybrids developed under conditions of low and high nitrogen input [J]. *Plant Breeding*, 2002, 121: 480– 486.
- [5] Zoltan Berzsenyi, Bela Györfy, DangQuoc Lap. Effect of crop rotation and fertilization on maize and wheat yields and yield stability in a long term experiment [J]. *European Journal of Agronomy*, 2000(13): 225– 240.
- [6] 赵秉强, 张夫道. 我国的长期肥料定位试验研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2002, 8(增刊): 3– 8.
- [7] 宋永林, 袁锋明, 姚造华, 等. 不同肥料配比对夏玉米生物性状及产量影响的定位研究[J]. *土壤肥料*, 2001(1): 31– 35.
- [8] 朱星陶, 李德珍, 范德文. 下等旱作土不同肥量配比对玉米产量及植株性状的影响[J]. *贵州农业科学*, 1999, 27(增刊): 32– 35.
- [9] 宋永林, 姚造华, 王丽霞. 氮磷钾化肥与不同有机物料配施对夏玉米生育性状及产量的影响[J]. *土壤肥料*, 2000(6): 44– 45.
- [10] 刘恩科, 赵秉强, 胡昌浩, 等. 长期不同施肥制度对玉米产量和品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(5): 711– 716.
- [11] 曾希柏, 李菊梅. 中国不同地区化肥施用及其对粮食生产的影响[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(3): 387– 392.
- [12] 鲁如坤, 时正元, 施建平. 我国南方6省农田养分平衡现状评价和动态变化研究[J]. *中国农业科学*, 2000, 33(2): 63– 67.
- [13] 曾希柏, 胡学玉, 胡清秀. 我国肥料的施用现状及发展趋势[J]. *科技导报*, 2002(8): 36– 39.
- [14] 全国农业技术推广中心. 中国玉米品种动态[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.
- [15] 郭庆法, 王庆成, 汪黎明. 中国玉米栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2004.
- [16] 褚清河, 潘根兴, 廖宗文, 等. 土壤养分类型与玉米最适施肥比例[J]. *土壤通报*, 2004, 35(6): 750– 752.
- [17] 李发民, 毛建昌, 李向拓, 等. 农田土壤养分变化与玉米穗部性状及产量的关系[J]. *中国农学通报*, 2005, 21(8): 107– 108.
- [18] 何 萍, 金继运, 李文娟, 等. 施磷对高油玉米和普通玉米吸磷特性及品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(3): 538– 543.
- [19] 张福锁, 龚元石, 李晓林. 土壤与植物营养研究新动态[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 159– 163.