

DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.180929

白灯莎·买买提艾力, 孙良斌, 刘忠山, 冯固. 不同年代培育的棉花品种产量性状及氮利用效率特征[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(6): 880-889

BAIDENGSHA·Maimaitiaili, SUN L B, LIU Z S, FENG G. Comparison of yield and nitrogen use efficiency-related traits of cotton cultivars released during the last sixty years[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(6): 880-889

## 不同年代培育的棉花品种产量性状及氮利用效率特征\*

白灯莎·买买提艾力<sup>1</sup>, 孙良斌<sup>1</sup>, 刘忠山<sup>3</sup>, 冯固<sup>2</sup>

(1. 新疆农业科学院核技术生物技术研究所/农业部荒漠绿洲作物生理生态与耕作重点实验室 乌鲁木齐 830091;  
2. 中国农业大学资源与环境学院 北京 100193; 3. 新疆农业科学院经济作物研究所 乌鲁木齐 830091)

**摘要:** 棉花品种培育过程与土壤培肥、栽培技术、气候变化等因素密切相关, 品种产量性状的选育也与养分吸收利用性状存在协同选择性。为了理解品种选育过程对棉花养分效率的影响, 采用单因素随机区组设计, 比较了新疆 1950s—2013 年不同年代培育的 22 个棉花品种(系)的产量性状和氮素利用效率的特征, 分析了各棉花品种不同生育期生物量积累规律、产量性状和氮素利用效率的差异。结果表明: 不同品种生物量、产量、氮素利用效率和氮素偏生产力差异较大, 生物量苗期、蕾期、花铃期和吐絮期分别为 2.87~11.67 g·株<sup>-1</sup>、20.8~38.6 g·株<sup>-1</sup>、42.3~88.3 g·株<sup>-1</sup> 和 58.2~120.4 g·株<sup>-1</sup>, 变异系数分别为 30.2%、8.2%、5.6%和 5.6%。产量构成因素中单株铃数变异系数最大(29.0%), 衣分最小(1.0%)。氮素利用效率和氮素偏生产力分别为 1.12~4.47 kg·kg<sup>-1</sup> 和 2.87~11.67 kg·kg<sup>-1</sup>, 变异系数分别为 35.3%和 27.6%。氮素偏生产力与生物量、皮棉产量呈极显著正相关。新疆过去 60 年棉花品种更替过程中, 经济系数没有发生明显改变, 始终维持在 0.20~0.24 g·g<sup>-1</sup>; 棉花皮棉产量性状逐渐提升, 由 1950s 的 853.6 kg·hm<sup>-2</sup> 增加到 2013 年的 1 569.8 kg·hm<sup>-2</sup>; 氮素偏生产力和氮素利用效率变化较大, 分别由 4.12 kg·kg<sup>-1</sup> 增加到 7.58 kg·kg<sup>-1</sup>、由 2.32 kg·kg<sup>-1</sup> 增加到 3.07 kg·kg<sup>-1</sup>。基于生物量、产量构成因素、氮肥利用效率和氮素偏生产力等性状指标的综合评价和聚类分析, 将 22 个品种分为氮高效型、氮中效型和氮低效型 3 组, ‘新陆早 50 号’ ‘新陆早 57 号’ 为氮高效型品种。与氮低效型组相比, 氮高效型组的品种具有较高的皮棉产量和生物量。通过上述结果可以认为, 棉花高产品种过程提高了氮素利用效率和偏生产力。

**关键词:** 棉花育种; 品种; 皮棉产量; 经济系数; 氮利用效率; 氮素偏生产力

中图分类号: S512.1 文献标识码: A 文章编号: 2096-6237(2019)06-0880-10

## Comparison of yield and nitrogen use efficiency-related traits of cotton cultivars released during the last sixty years\*

BAIDENGSHA·Maimaitiaili<sup>1</sup>, SUN Liangbin<sup>1</sup>, LIU Zhongshan<sup>3</sup>, FENG Gu<sup>2</sup>

(1. Institute of Nuclear Technology and Biotechnology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Desert Oasis Region, Ministry of Agriculture, Urumqi 830091, China; 2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 3. Institute of Industrial Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

**Abstract:** The cotton breeding process is closely related to the improvement of soil fertility, innovation of culturing technology, climate change, and so on. The selection of lint yield-related traits is connected to the selection of traits of nutrient uptake and use efficiency. To understand the impact of the cotton breeding process on the nutrient efficiency of cotton, 22 cotton varieties released from the 1950s to 2013 in Xinjiang were grown together in a field with a randomized block design. The biomass, lint yield, N content and

\* 国家自然科学基金项目(41461051, U1703232)资助

白灯莎·买买提艾力, 主要从事棉花施肥方面的研究。E-mail: baidengsha@126.com

收稿日期: 2018-10-20 接受日期: 2019-03-26

\* This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (41461051, U1703232).

Corresponding author, BAIDENGSHA Maimaitiaili, E-mail: baidengsha@126.com

Received Oct. 20, 2018; accepted Mar. 26, 2019

N use efficiency of each cultivar were analyzed. The results showed that there were significant differences in N use efficiency and partial factor productivity among the analyzed varieties. The biomass of the seeding stage, befuddling stage, flower and boll stage, and boll opening stage were 2.87–11.67 g, 20.8–38.6 g, 42.3–88.3 g, and 58.2–120.4 g per plant, respectively. Coefficients of variation were 30.2%, 8.2%, 5.6%, and 5.6%, respectively. For the yield components, the coefficient of variation of the boll number per plant was the highest (29.0%), and lint percent the lowest (1.0%). The variation of N use efficiency was 1.12–4.47 kg·kg<sup>-1</sup>, and the partial factor productivity of N (PFPN) was 2.87–11.67 kg·kg<sup>-1</sup>, with the coefficients of variation of 35.3% and 27.6%, respectively. It showed that PFPN had a significant correlation with biomass and lint cotton yield. The cotton economic coefficient had not changed significantly during the past 60 years and remained in a range of 0.20–0.24 g·g<sup>-1</sup>. The lint yield of cotton increased gradually from 853.6 kg·hm<sup>-2</sup> in the 1950s to 1 569.8 kg·hm<sup>-2</sup> in 2013. There were significant changes in PFPN and N use efficiency: these factors increased from 4.12 kg·kg<sup>-1</sup> to 5.78 kg·kg<sup>-1</sup>, and from 2.32 kg·kg<sup>-1</sup> to 3.07 kg·kg<sup>-1</sup>, respectively. Based on lint yield components, N use efficiency and PFPN, the cotton varieties were divided into three groups: a high N efficiency group, a medium N efficiency group, and a low N efficiency group. Cluster analysis showed that ‘Xinluzao 50’ and ‘Xinluzao 57’ were the high N efficient varieties. Compared with the low-efficiency cultivar, the high N-efficiency cultivar had a higher lint yield and biomass. It can be concluded that high-yield cultivar selection could improve N use efficiency and PFPN of cotton.

**Keywords:** Cotton breeding; Cultivars; Lint yield; Economic factors; Nitrogen use efficiency; Partial factor productivity of nitrogen

棉花(*Gossypium* spp.)是新疆国民经济的主导产业,棉花产值占全部种植业产值的 65%~70%<sup>[1]</sup>;棉花加工、销售提供的利税占植棉县市财政收入的 50%以上<sup>[2]</sup>。新疆也是我国棉花最大产区,单产和总产全国第一。近年来随着新品种的应用及以“矮、密、早、膜、滴灌”为核心的新的栽培技术的推广,使全疆棉花单产水平有了大幅度的提高,产量的增加与优良品种的选择和推广有直接的关系。棉花单株结铃数、单铃重和衣分是衡量棉花库容特性的性状,是棉花产量构成的 3 个主要因素<sup>[3]</sup>。氮素是植物生长发育中最重要的大量元素之一,棉花生产中氮素用量过大,利用率偏低,多余氮素在农田中的大量流失已对土壤、水资源以及生态系统造成严重危害。提高作物的氮素利用率以及培育高氮利用率的农作物品种已成为作物遗传改良及作物营养学领域的重点研究方向之一<sup>[4]</sup>。大量研究表明,作物对氮素的吸收和利用在不同作物或同种作物不同品种间存在着明显的差异性<sup>[5-11]</sup>。有关棉花氮高效基因型品种的筛选和氮素吸收和利用效率方面的研究前人也做了大量工作<sup>[12-19]</sup>。在新疆,韩璐等<sup>[20]</sup>采用苗期水培的方法对新疆 33 个棉花品种(系)进行氮高效基因型的筛选,发现不同棉花品种的耐低氮能力不同,可将棉花品种(系)划分为氮高效、氮低效和中间 3 种类型。李雪妮等<sup>[21]</sup>的研究表明,氮效率的差异受遗传背景的影响较大,施氮肥对不同品种棉花苗期的含氮率与吸氮量都有显著影响,在不施氮肥时含氮率的变异程度远大于施氮肥的变异程度。这类研究大部分是在人工控制的条件下(溶液培养、土壤盆栽或石英砂培养),通过某一生长阶段的表现进行解释,少有田间研究结果的报道。

作物品种培育过程不仅与土壤培肥、栽培技术改进、气候变化等因素密切相关,而且品种的产量性状的选育也与养分吸收利用的性状存在协同选择

性。新疆棉花种植的历史久远,但是真正意义上的品种选育始于 20 世纪 50 年代。过去 60 年来,随着化肥施用在棉花增产中的作用被逐步认识以及我国化肥整体生产和消费量的快速增长,新疆棉田土壤肥力得到了快速提升,氮肥的增产效应出现了负增长甚至零增长,导致了棉农植棉成本的不断增加,种植棉花的比较效益不断降低。自农业农村部提出化肥零增长战略以来,如何提高化肥的效率成为热点问题。如果说 1980 年代以前我国的农田土壤普遍缺氮少磷,育种工作是在养分缺乏土壤条件下开展的,那么自从 1980 年代大规模施用化肥、土壤肥力大幅度提升的背景下,棉花育种工作则是在大水大肥的土壤条件下开展的。一个突出的科学问题是减肥增效的实践中如何考虑作物自身对养分吸收和效率?在不同肥力水平下培育出的棉花品种对氮素的吸收和利用效率是否存在显著差异?以高产为目标的棉花育种在选择高产性状的同时对棉花的氮素吸收和利用效率会产生怎样的影响?根据我们掌握的资料来看,针对大田条件下不同年代引进品种或培育品种的氮效率演变特征的研究鲜有报道。本研究以 1950 年以来新疆棉花生产更替过程中采用的 22 个品种为试验材料进行大田比较试验,明确不同年代品种在生物量积累、产量性状和氮素营养效率的差异,为今后新疆棉花氮肥减施增效、提高氮肥利用率、培育氮高效品种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试品种

以 22 个棉花品种为试验材料(表 1),进行单因素小区试验。棉花种子由新疆农业科学院经济作物研究所、新疆巴州农业科学研究所、新疆兵团农七师农业科学研究所提供。

表 1 供试棉花品种及育成年代和单位  
Table 1 Released (introduced) years and names of breeding institutions of the tested cotton cultivars

编号 No.	品种 Cultivar	育成(引进)年代 Released (introduced) year	育成单位 Name of breeding institution
1	C-3174	1954	前苏联 Soviet Union
2	KK-1543	1955	前苏联柯尔克孜农业研究所 Soviet Union Kirgiz Agricultural Research Institute
3	108 夫 108 Fu	1960	前苏联 Soviet Union
4	农垦 5 号 Nongkeng No. 5	1961	新疆农八师莫二场良种队 Mo'rchang Breeding Group of the Eighth Agricultural Division of Xinjiang
5	车 61-72 Che 61-72	1961	新疆农七师车排子试验站 Chepaizi Station of the Seventh Agricultural Division of Xinjiang
6	C-4744	1963	前苏联 Soviet Union
7	新陆早 1 号 Xinluzao No. 1	1978	新疆农七师下野地试验站 Xiayedi Station of the Seventh Agricultural Division of Xinjiang
8	新陆 201 Xinlu 201	1979	新疆农业科学院和巴州农业科学研究所 Xinjiang Academy of Agricultural Sciences and Bazhou Agricultural Institute
9	军棉 1 号 Junmian No. 1	1979	新疆农二师塔里木良种繁育试验站 Tarim Breeding Experiment Station of the Second Agricultural Division of Xinjiang
10	新陆早 2 号 Xinluzao No. 2	1988	石河子棉花研究所 Shihezi Cotton Research Institute
11	塔什干 2 号 Tashigan No. 2	1991	前苏联 Soviet Union
12	苏 K-202 Su K-202	1991	前苏联费尔干试验站 Fergana Test Station of Soviet Union
13	新陆中 4 号 Xinluzhong No. 4	1992	新疆农业科学院经济作物研究所 Institute of Economic Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
14	新陆早 13 号 Xinluzao No. 13	2002	新疆农七师农业科学研究所 Agricultural Institute of the Seventh Agricultural Division of Xinjiang
15	新陆早 19 号 Xinluzao No. 19	2004	石河子棉花研究所 Shihezi Cotton Research Institute
16	新陆早 31 号 Xinluzao No. 31	2006	新疆奎屯万氏棉种公司 Wanshi Cotton Seed Company in Kuitun, Xinjiang
17	新陆中 35 号 Xinluzhong No. 35	2007	新疆巴州富全新科种业 Fuquanxinke Seed Industry in Bazhou, Xinjiang
18	新陆中 40 号 Xinluzhong No. 40	2009	库尔勒市种子分公司 Seed Company of Korla City
19	新陆早 48 号 Xinluzao No. 48	2010	惠远公司 Huiyuan Company
20	新陆早 50 号 Xinluzao No. 50	2011	新疆农业科学院经济作物研究所 Institute of Economic Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
21	新陆早 57 号 Xinluzao No. 57	2013	新疆农业科学院经济作物研究所 Institute of Economic Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
22	TM-1 (遗传标准系 Genetic standard system)		美国 USA

## 1.2 试验地概况

试验于2016年在新疆玛纳斯县包家店镇新疆农业科学院棉花良种繁育基地(44°17.57'N, 86°22.6'E)进行,年平均气温7.2℃,全年无霜期165~172 d,年平均降水量173.3 mm,年均降雪量74.4 mm,年均蒸发量1 500~2 100 mm。具有降水少、蒸发大、温差大,冬季寒冷,夏季炎热,日照充足的特点。试验地0~20 cm土壤耕作层有机质10.0 g·kg<sup>-1</sup>、碱解氮10.3 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷21.9 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾389.0 mg·kg<sup>-1</sup>、pH 8.22、电导率1.55 mS·cm<sup>-1</sup>。

## 1.3 试验方法

田间试验采用单因素随机区组设计,每个供试品种为一个处理,每个处理重复3次,小区面积23.5 m<sup>2</sup>,种植密度为191 500 株·hm<sup>-2</sup>,采用60 cm+15 cm的宽窄行播种方式,株距10 cm。2016年4月26日播种。氮肥用含氮量46%的尿素,用量按纯氮207 kg·hm<sup>-2</sup>滴灌施入,整个生育期总滴灌水量为3 000 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,

尿素在苗期、蕾期、花铃期随水滴施45 kg·hm<sup>-2</sup>、180 kg·hm<sup>-2</sup>、225 kg·hm<sup>-2</sup>。考虑到土壤速效磷较高,整个试验期间未施磷肥。试验田其他管理措施与当地一致。

## 1.4 测定方法

### 1.4.1 生物量测定

每个小区在棉花苗期(6月13日)、蕾期(7月14日)、花铃期(8月12日)、吐絮期(10月10日),以地面为准剪取地上部分,4个生育期每个小区分别取8株、4株、4株、3株,并按器官(叶、茎、根、蕾、花铃、纤维、种子)分样后,在105℃下杀青30 min,再在70℃下烘干、称取干重,样品用来分析计算生物量累积量、氮素累积量。

### 1.4.2 全氮测定

植株氮含量用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮,半微量凯氏定氮法,采用FOSS KJELTEC 8100全自动定氮仪测定。

### 1.4.3 产量测定

棉花吐絮后对每小区进行测产。每小区随机选3个点, 每个点面积2.35 m<sup>2</sup>, 数出2.35 m<sup>2</sup>里的株数、铃数, 换算成单株铃数; 取50朵棉花, 换算成单铃重; 对50朵棉花进行轧花, 得出衣分, 并计算产量。

### 1.5 计算公式

$$\text{衣分}(\%) = \frac{\text{50朵棉花的皮棉重}}{\text{50朵棉花的籽棉重}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{皮棉产量}(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{密度}(\text{株} \cdot \text{hm}^{-2}) \times \text{单株铃数}(\text{个}) \times \text{单铃重}(\text{g}) \times \text{衣分}(\%) / 1000 \quad (2)$$

$$\text{经济系数}(\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \frac{\text{籽棉产量}(\text{g} \cdot \text{株}^{-1})}{\text{生物学产量}(\text{g} \cdot \text{株}^{-1})} \quad (3)$$

$$\text{氮素偏生产力}(\text{partial factor productivity of nitrogen, PFPN, kg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \frac{\text{施肥后所获得的产量}(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})}{\text{化肥纯养分的投入量}(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})} \quad (4)$$

$$\text{氮利用效率}(\text{nitrogen utilization efficiency, NUE, kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \frac{\text{单位面积生产的皮棉}(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})}{\text{单位面积棉株吸收的氮量}(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})} \quad (5)$$

### 1.6 数据的统计分析

所获数据用 Microsoft Excel 2007 进行分析和表

格制作, 试验数据采用测定的平均值, 用 DPS 7.05 进行方差分析、显著性检验和聚类分析。

### 1.7 综合评价<sup>[23]</sup>

计算每一棉花品种各综合指标的隶属函数值, 采用标准差系数法计算标准差系数, 归一化后得到各指标的权重系数, 再计算各品种综合评价(D)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生育期棉花品种生物量的差异

由图1可以看出, 同一生育期不同品种间生物量差异比较明显。苗期生物量为1.22~2.84 g·株<sup>-1</sup>, 最大值是最小值的2.3倍; 蕾期为20.80~38.64 g·株<sup>-1</sup>, 最大值是最小值的1.9倍; 花铃期为42.32~88.34 g·株<sup>-1</sup>, 最大值是最小值的2.1倍; 吐絮期为58.24~120.36 g·株<sup>-1</sup>, 最大值是最小值的2.1倍。从同一品种不同生育期来看, 生物量累积差异明显。随着棉花的生育进程, 其植株生物量在不断积累, 至收获时达最高值。从4个生育期来看, 苗期变异系数为30.2%, 蕾期为8.2%, 花铃期为5.6%, 吐絮期为5.6%。结果表明, 苗期棉花品种间生物量的差异较大, 变异系数随着生育进程的延长呈降低趋势。

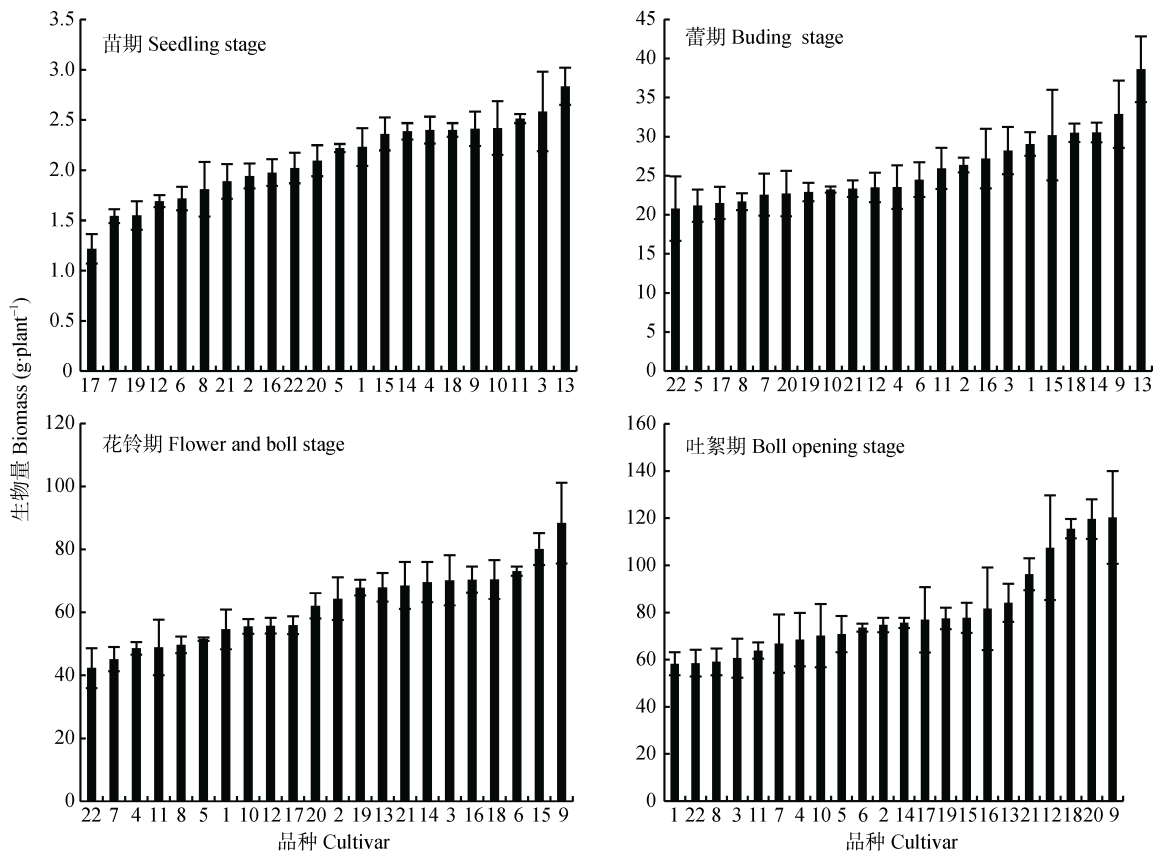


图 1 不同棉花品种不同生育期生物量比较

Fig. 1 Comparison of biomasses at different growth stages of different cotton cultivars  
各品种序号及具体介绍见表 1。Detail information of cultivars is shown in the table 1.

## 2.2 不同棉花品种产量及其构成因素比较

从不同棉花品种产量构成因素来看(表 2), 不同品种的单株铃数、单铃重差异较大。22 个棉花品种的单株铃数平均为 4.0 个, 品种间极差为 4.7 个, 其变异系数最大, 为 28.96%; 单铃重平均为 4.38 g, 极差为 0.98 g, 变异系数次于单株铃数, 为 12.69%; 衣分平均为 34.9%, 极差为 13.3%, 其变异系数最小, 为 5.66%。由于单株铃数、单铃重、衣分等产量构成因素品种间差异明显, 因而不同品种的籽棉产量和皮棉产量也有明显的差异。籽棉产量和皮棉产量最高的品种

是 21 号, 最低的是 11 号, 籽棉产量、皮棉产量每公顷品种间的极差分别为 3 990.6 kg 和 1 815.5 kg。表明单株铃数和单铃重对新疆棉花产量提高的贡献较大。

经济系数指单位生物量所生产的籽棉产量, 可表征作物的转运能力。从表 2 可以看出, 不同棉花品种经济系数差异明显。22 个棉花品种的经济系数平均为 0.22  $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 变异系数为 111.75%。品种 8 号的经济系数显著高于其他品种; 品种 13 号经济系数最低。说明不同棉花品种营养器官向生殖器官库分配的生物量不同。

表 2 不同棉花品种产量及其构成因素  
Table 2 Yield components of different cotton cultivars

品种编号 No. of cultivar	单株铃数 Boll numbers per plant	单铃重 Boll weight (g)	籽棉产量 Seed cotton yield ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	衣分 Lint percent (%)	皮棉产量 Lint cotton yield ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	经济系数 Economic coefficient ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
1	2.6±0.32klm	4.29±0.25bcdef	2 146.7±321.6hij	29.1±0.65k	625.5±80.4jk	0.192±0.05gh
2	4.1±0.03efg	4.50±0.03abcde	3 506.5±14.6 de	31.2±1.75ijk	1 095.8±64.8efg	0.250±0.07cde
3	2.1±0.10m	4.72±0.06ab	1 929.6±72.2ij	32.2±0.35hij	620.5±16.6jk	0.166±0.02jkl
4	3.0±0.47jkl	4.71±0.27ab	2 665.9±545.2fgh	31.6±0.60ijk	841.3±159.7ghij	0.203±0.04gh
5	3.6±0.17hij	4.06±0.05ef	2 826.8±127.7fg	31.5±2.46ijk	889.4±55.6fghi	0.208±0.01hj
6	3.7±0.32ghi	4.91±0.11a	3 505.9±216.9de	29.9±0.64jk	1 048.2±79.2efgh	0.249±0.06efg
7	2.7±0.23klm	4.08±0.01ef	2 125.9±166.8hij	31.8±0.80hijk	675.5±69.3ijk	0.166±0.04ijkl
8	4.3±0.42defg	4.51±0.31abcde	3 721.7±123.2cde	37.5±0.61cde	1 394.2±66.6cd	0.329±0.01hijk
9	5.6±0.15b	4.56±0.22abcd	4 883.0±140.7b	37.0±0.36de	1 807.8±34.5b	0.212±0.03bcde
10	5.3±0.29bc	4.12±0.18def	4 147.9±346.6c	37.0±0.65de	1 533.0±118.9c	0.309±0.01hij
11	2.0±0.14m	4.65±0.11abc	1 808.8±114.0j	32.8±0.53ghi	593.4±46.4k	0.148±0.01kl
12	3.1±0.03ijkl	4.17±0.03def	2 455.4±54.3ghi	31.5±0.63ijk	772.9±14.5ijk	0.119±0.02gh
13	2.4±0.28lm	4.01±0.31f	1 864.2±328.1ij	32.4±1.00hij	604.7±95.6jk	0.116±0.03l
14	3.2±0.17hijk	3.94±0.09f	2 436.0±179.9ghij	34.3±0.47fgh	835.0±68.6hijk	0.168±0.01hi
15	3.9±0.19fgh	4.15±0.08def	3 058.2±98.2efg	39.2±0.76bcd	1 198.5±16.5de	0.205±0.04efg
16	4.1±0.09defg	4.93±0.09a	3 917.1±64.1cd	35.3±0.33efg	1 384.3±34.9cd	0.251±0.05bc
17	4.9±0.21bcd	4.26±0.13cdef	3 968.9±75.2cd	40.0±1.39abc	1 587.5±85.7bc	0.269±0.04hij
18	4.5±0.06def	4.79±0.18a	4 117.9±170.3cd	33.8±0.31fghi	1 390.8±66.2cd	0.249±0.02bcd
19	4.8±0.23cde	4.04±0.07f	3 686.7±139.8cde	39.6±0.87bcd	1 458.7±36.8c	0.249±0.04def
20	6.6±0.44a	4.25±0.10cdef	5 407.7±232.6ab	42.4±0.95a	2 294.8±150.1a	0.236±0.02b
21	6.7±0.41a	4.49±0.03abcde	5 799.4±393.9a	41.6±0.75ab	2 408.9±206.2a	0.314±0.04a
22	3.9±0.14fg	4.21±0.12cdef	3 162.8±40.1ef	35.6±0.30ef	1 124.8±12.7ef	0.282±0.00fgh
平均 Mean	4.0±1.32	4.38±0.31	3 324.4±1 130.1	34.9±3.90	1 190.3±521.29	0.220±0.06
变异系数 Coefficient of variation (%)	28.96	12.69	1.01	5.66	1.92	111.75

各品种具体介绍见表 1。表中数据为平均值±标准误; 不同小写字母表示不同品种间差异达 5%显著水平。Detail information of cultivars is shown in the table 1. Data are means ± SE. Different lowercase letters mean significant differences at 5% level among different cultivars.

## 2.3 不同棉花品种氮利用效率和氮偏生产力比较

从图 2 可以看出, 不同棉花品种的氮利用效率(NUE)不同, 并存在显著的差异。吐絮期不同品种 NUE 变幅为 1.12~4.47  $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 平均为 2.72  $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 变异系数为 35.3%; NUE 最高的品种是 8 号, 最小的

是 13 号。从氮偏生产力来看(PFPN), 不同棉花品种之间也存在显著的差异。吐絮期不同品种 PFPN 变幅为 2.87~11.67  $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 平均为 5.75  $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 变异系数为 27.6%; PFPN 最高的品种是 21 号, 最小的是 11 号。结果表明无论采用 NUE 还是 PFPN 衡量棉

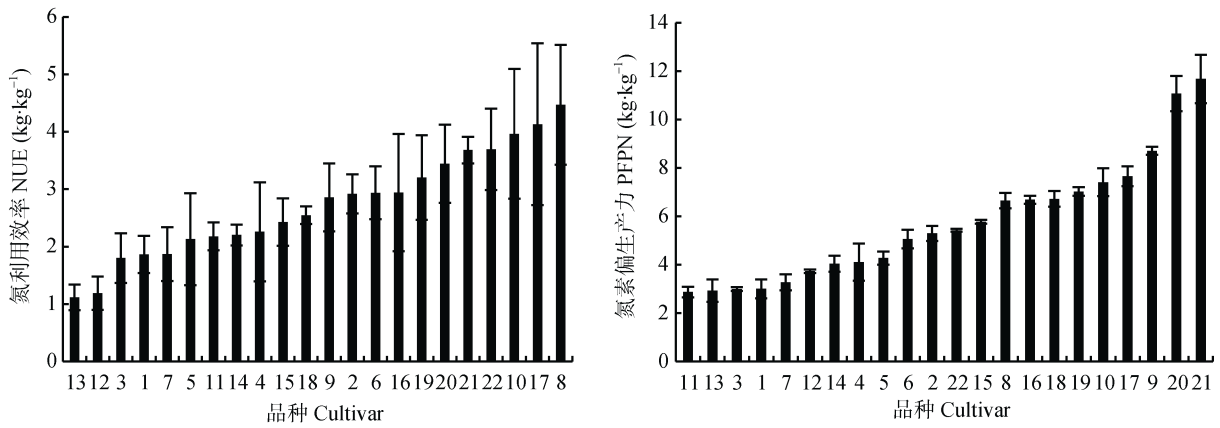


图 2 不同棉花品种氮利用效率(NUE)和氮素偏生产力(PFPN)比较

Fig. 2 Comparison of nitrogen use efficiency (NUE) and partial factor productivity of nitrogen (PFPN) of different cotton cultivars 各品种序号及具体介绍见表 1。Detail information of cultivars is shown in the table 1.

花氮素营养效率, 都存在显著基因型差异。

### 2.4 不同品种皮棉产量、生物量、氮利用效率、氮偏生产力的相关性分析

从图 3 可以看出, 棉花氮素利用效率与生物量相关性不明显, 而与皮棉产量呈极显著的正相关。

说明棉花氮素利用效率的提高以高产为基础。

从图 4 可以看出, 氮素偏生产力与生物量、皮棉产量呈极显著的正相关。表明棉花物质生产与养分吸收在一定程度上是相辅相成的, 较高的物质生产积累量与较多的氮素吸收量是确保产量提高的前提。

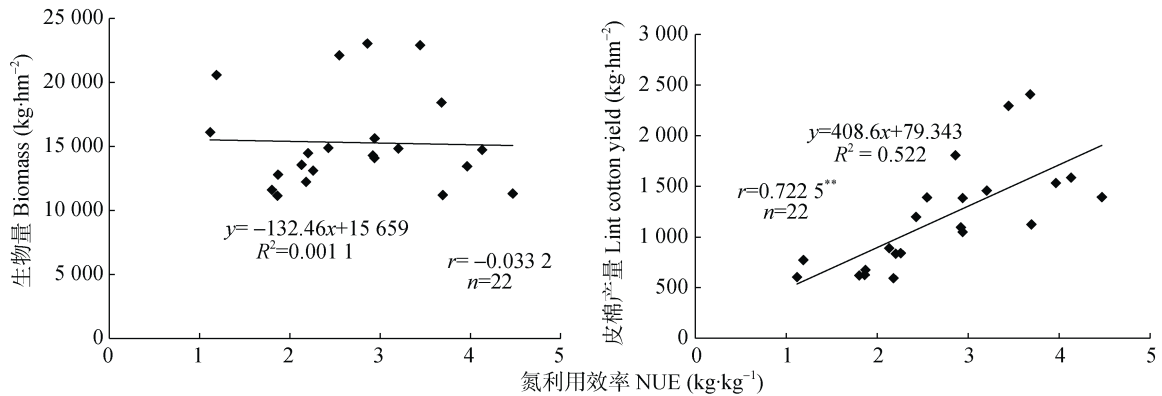


图 3 不同棉花品种生物量、皮棉产量、氮利用效率的相关性分析

Fig. 3 Correlation analysis of biomass, lint yield and nitrogen use efficiency (NUE) of different cotton cultivars

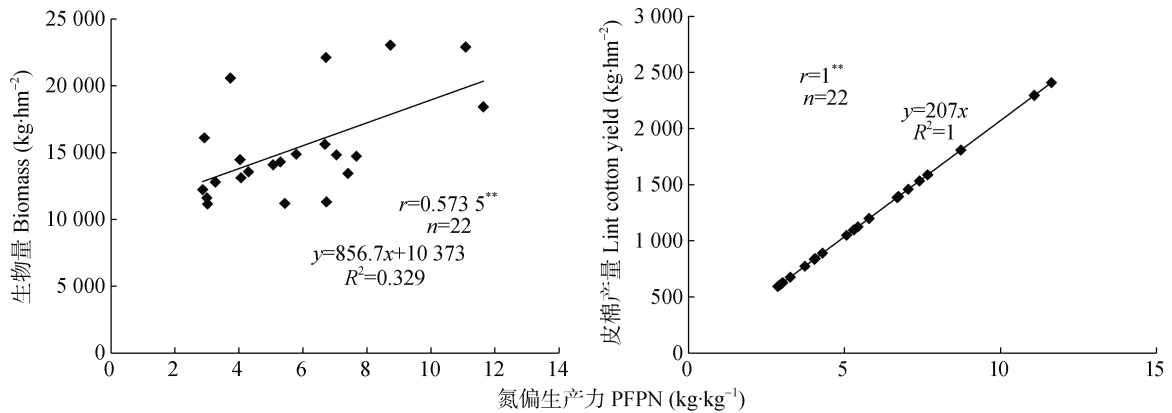


图 4 不同品种皮棉产量、生物量、氮偏生产力相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis of lint yield, biomass and nitrogen partial factor productivity (PFPN) of different cotton cultivars

## 2.5 不同年代棉花品种氮偏生产力和利用效率比较

将1954—2013年种植的21个棉花品种(不包括TM-1)每20年为一个时期,划分为3个时期,并对每个时期与产量有关的指标进行平均,结果如表3所示。从3个时期来看,棉花品种的经济系数变化不大;随着年代的递进,棉花品种的生物量、氮素累积量、氮素偏生产力和产量呈递增趋势,后期育成的品种高于前期和中期育成的品种,后期与前期差异明显,与中期差异不明显。生物量中期比前期增加20.6%、后期比前期增加33.0%、后期比中期增加10.3%;氮素累积量中期比前期增加22.8%、后期比前期增加37.9%、后期比中期增

加12.3%。皮棉产量中期比前期增加23.5%、后期比前期增加83.9%、后期比中期增加48.9%;氮素偏生产力和中期比前期增加23.5%、后期比前期增加84.0%、后期比中期增加48.9%;氮利用效率中期比前期增加8.72%、后期比前期增加32.3%、后期比中期增加21.8%。氮素利用效率3个时期之间差异不显著。无论是生物量、氮素累积量、皮棉产量还是氮素偏生产力和产量1994年后育成的棉花品种显著高于1974年以前育成的品种。结果表明,新疆不同年代棉花品种演替过程中,随着年代的递进,棉花品种生物量、氮素累积量、氮素偏生产力和产量呈增加趋势。

表 3 不同年代棉花品种氮偏生产力和利用效率变化情况

Table 3 Changes in nitrogen partial factor productivity and nitrogen use efficiency of cotton cultivars released in different years

年份 Year	品种数 Cultivars number	阶段 Stage	生物量 Biomass (kg·hm <sup>-2</sup> )	氮素累积量 N accumulation (kg·hm <sup>-2</sup> )	经济系数 Economic coefficient (g·g <sup>-1</sup> )	皮棉产量 Lint production (kg·hm <sup>-2</sup> )	氮素偏生产力和 Partial factor productivity of N (kg·kg <sup>-1</sup> )	氮利用效率 N use efficiency (kg·kg <sup>-1</sup> )
1954—1973	6	前期 Early stage	12 973.6±533.9b	367.2±11.9b	0.21±0.01a	853.6±82.6b	4.12±0.40b	2.32±0.21a
1974—1993	7	中期 Medium stage	15 646.7±1 709.7ab	451.0±58.6ab	0.20±0.03a	1 054.5±192.1ab	5.09±0.92ab	2.52±0.50a
1994—2013	8	后期 Later stage	17 251.0±1 233.7a	506.4±38.8a	0.24±0.02a	1 569.8±188.3a	7.58±0.91a	3.07±0.24a

## 2.6 综合评价及聚类分析

作物的氮效率是一个受多种因素影响的复杂数量性状,利用模糊数学中隶属函数分析法,求出各品种的每一个综合指标值及相应的隶属函数值后,依据各综合指标的相对重要性(权重)进行加权,便可得到各品种的综合评价(D值)。把棉花品种的多个性状纳入同一个系统进行综合分析,可以克服依据某一性状评价的弊端。本研究对吐絮期生物量、单株铃数、单铃重、籽棉产量、衣分、皮棉产量、氮偏生产力和氮利用效率等8项指标进行综合评价。从综合评价D值来看(表4),22个棉花品种氮效率最高的品种是21号,最低的是13号。对22个棉花品种的综合评价D值,采用欧氏距离作为相似性尺度,进行聚类分析(图5)。由图5可以看出,22个棉花品种氮效率可以分为3类,第1类氮高效型品种有2个,为20号、21号,占总数的9.1%;氮低效型品种有9个,为5号、4号、12号、14号、7号、11号、3号、1号、13号,占总数的40.9%;其余11个品种为氮中效型,占总数的50.0%。说明在新疆棉花生产中氮高效基因型品种占的比例较低。

## 3 讨论与结论

明确作物氮素营养效率的基因型差异是改良作物氮素营养效率的遗传潜力及提高作物氮素吸收利用效率的基础<sup>[24]</sup>。通过培育和推广氮高效作物新品

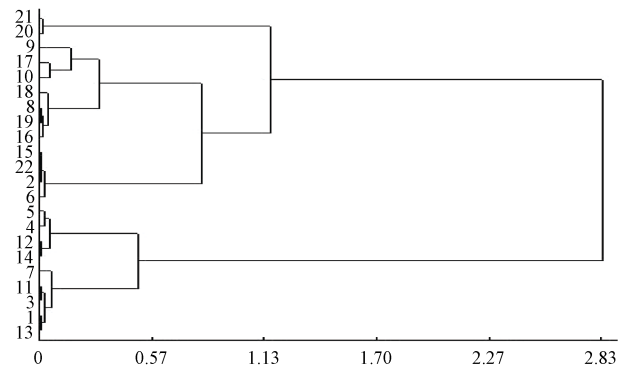


图 5 不同棉花品种氮效率聚类分析结果

Fig. 5 Cluster analysis of nitrogen efficiency of different cotton cultivars

各品种序号及具体介绍见表 1。Detail information of cultivars is shown in the table 1.

种来减少氮肥过量施用引起的生态环境的负面效应,是当前人们非常关注的课题。本试验针对新疆不同年代22个棉花品种的氮素营养效率和产量性状开展分析研究,发现不同年代棉花品种的生物量、产量、氮素营养效率性状指标均存在显著的差异。这与水稻(*Oryza sativa*)、小麦(*Triticum aestivum*)和玉米(*Zea mays*)等作物研究结果一致<sup>[8,25-26]</sup>,说明棉花在营养效率方面存在基因型差异的现象是普遍规律,通过育种可以培育氮高效的新品种。同时,试验也证明,最近10年间培育的棉花高产品种‘新陆早50号’和‘新陆早57号’属于氮高效的品种,说明高产性状的筛选与氮高效的性状的筛选可以同步获得。

表 4 不同棉花品种的氮效率综合评价  
Table 4 Comprehensive evaluation of nitrogen efficiency of different cotton cultivars

品种 编号 No. of cultivar	评价指标 Evaluation index									隶属函数值 Subordinate function value								位次 D Or- der
	生物量 Biomass (kg·hm <sup>-2</sup> )	单株 铃数 Boll numbers per plant	单 铃重 Boll weight (g)	籽棉 产量 Seed cotton yield (kg·hm <sup>-2</sup> )	衣分 Ginning outtum (%)	皮棉 产量 Lint cotton yield (kg·hm <sup>-2</sup> )	氮素偏 生产力 PPFN (kg·kg <sup>-1</sup> )	利用 效率 NUE (kg·kg <sup>-1</sup> )	u(1)	u(2)	u(3)	u(4)	u(5)	u(6)	u(7)	u(8)		
1	11 153.5	2.6	4.29	2 146.7	29.1	625.5	3.0	1.9	0	0.124	0.347	0.085	0	0.018	0.017	0.196	0.077	21
2	14 303.3	4.1	4.50	3 506.5	31.2	1 095.8	5.3	3.0	0.265	0.433	0.563	0.426	0.159	0.277	0.276	0.486	0.354	12
3	11 612.9	2.1	4.72	1 929.6	32.2	620.5	3.0	1.9	0.039	0.022	0.783	0.030	0.227	0.015	0.015	0.206	0.083	20
4	13 116.0	3.0	4.71	2 665.9	31.6	841.3	4.1	2.7	0.165	0.197	0.770	0.215	0.182	0.137	0.136	0.393	0.219	15
5	13 564.3	3.6	4.06	2 826.8	31.5	889.4	4.3	2.5	0.203	0.342	0.119	0.255	0.175	0.163	0.163	0.350	0.234	14
6	14 091.6	3.7	4.91	3 505.9	29.9	1 049.2	5.1	3.0	0.247	0.361	0.974	0.426	0.059	0.251	0.251	0.489	0.34	13
7	12 797.4	2.7	4.08	2 125.9	31.8	675.5	3.3	2.2	0.138	0.146	0.144	0.080	0.198	0.045	0.045	0.265	0.118	18
8	11 313.3	4.3	4.51	3 721.7	37.5	1 394.2	6.7	4.8	0.013	0.485	0.568	0.480	0.626	0.441	0.441	0.939	0.496	7
9	23 048.2	5.6	4.56	4 883.0	37.0	1 807.8	8.7	3.1	1.000	0.759	0.615	0.771	0.593	0.669	0.669	0.516	0.703	3
10	13 444.9	5.3	4.12	4 147.8	37.0	1 533.0	7.4	4.4	0.193	0.686	0.184	0.587	0.588	0.518	0.517	0.850	0.561	5
11	12 230.4	2.0	4.65	1 808.8	32.8	593.4	2.9	2.2	0.091	0	0.714	0	0.276	0	0	0.271	0.085	19
12	20 581.9	3.1	4.17	2 455.4	31.5	772.9	3.7	1.4	0.793	0.222	0.234	0.162	0.176	0.099	0.098	0.052	0.200	16
13	16 110.6	2.4	4.01	1 864.2	32.4	604.7	2.9	1.1	0.417	0.085	0.067	0.014	0.248	0.006	0.006	0	0.075	22
14	14 475.4	3.2	3.94	2 435.9	34.3	835.0	4.0	2.2	0.279	0.255	0	0.157	0.386	0.133	0.133	0.274	0.199	17
15	14 883.7	3.9	4.15	3 058.2	39.2	1 198.5	5.8	2.5	0.314	0.388	0.206	0.313	0.756	0.333	0.333	0.358	0.356	10
16	15 626.3	4.1	4.93	3 917.1	35.3	1 384.3	6.7	3.5	0.376	0.450	0.994	0.529	0.466	0.436	0.435	0.615	0.490	9
17	14 732.4	4.9	4.26	3 968.8	40.0	1 587.4	7.7	5.0	0.301	0.604	0.319	0.542	0.816	0.548	0.547	0.999	0.603	4
18	22 124.3	4.5	4.79	4 117.9	33.8	1 390.8	6.7	2.6	0.922	0.524	0.845	0.579	0.348	0.439	0.439	0.365	0.520	6
19	14 833.7	4.8	4.04	3 686.7	39.6	1 458.7	7.0	3.4	0.309	0.581	0.102	0.471	0.784	0.477	0.476	0.589	0.494	8
20	22 905.2	6.6	4.25	5 407.7	42.4	2 294.8	11.1	3.6	0.988	0.982	0.310	0.903	1.000	0.937	0.937	0.631	0.882	2
21	18 426.7	6.7	4.49	5 794.4	41.6	2 408.9	11.6	3.7	0.611	1.001	0.554	1.000	0.935	1.000	1.000	0.660	0.891	1
22	11 203.8	3.9	4.21	3 162.7	35.6	1 124.8	5.4	3.9	0.004	0.403	0.269	0.340	0.483	0.293	0.292	0.709	0.356	13

各品种序号及具体介绍见表 1。PPFN: partial factor productivity of nitrogen. NUE: nitrogen use efficiency. Detail information of cultivars is shown in the table 1.

作物氮素的高效吸收利用是实现产量高效的重要途径, 氮素吸收利用的基因型差异是选育氮高效型品种的基础<sup>[27]</sup>。本试验表明, 棉花产量及氮素利用效率、偏生产力存在显著的基因型差异, 并且不同棉花品种氮素利用效率和氮素偏生产力也表现出明显的差异, 氮素利用效率、偏生产力与皮棉产量呈显著正相关。表明氮素偏生产力是影响棉花品种间氮效率差异的最根本的因子, 而生物量的积累也为氮素偏生产力的提高提供了物质基础。

学者们<sup>[28]</sup>对不同年代育成的棉花品种进行了产量及主要农艺性状演变方面的研究, 发现新品种的育成与推广对产量的贡献较大, 我们的试验结果也证实了这点。随着品种的更替单株铃数、衣分呈逐渐增加趋势, 单铃重变化不大, 目前育成的品种的衣分都在40%以上。说明新育品种的结铃性强, 增产潜力增大, 产量的提高主要依赖于单株结铃数的

增加。

新疆棉花品种经历了5~6次的更替<sup>[29]</sup>, 历次品种更替都是为了更加适应当时棉花生产形势的迫切需求, 解决限制棉花生产发展的关键性制约因素。不同的研究者<sup>[30-31]</sup>由于试验目的不同, 对各阶段棉花品种的划分是不一致的, 本试验以20年为1个阶段, 把22个品种划分成了3个阶段, 没有按品种演替的时间段来划分, 但也足以说明随着品种的更换棉花品种各性状发生了相应的变化, 产量在不断提高。本试验结果表明, 如果把过去60年培育棉花品种的历程划分成3个阶段, 在同一个阶段所培育的品种在经济系数这个性状上, 存在着比较大的差别。从整个60年一个完整的育种过程来看, 3个阶段上, 培育的品种经济系数平均值是没有差别的, 而生物量、氮素累积量、产量和氮偏生产力存在明显的差异。



不同阶段培育的棉花品种由于生物量、植株体内氮浓度不同,导致氮效率差异明显。由于不同的阶段育种目的不同、采用的栽培措施不同,棉花品种的耐密性差异比较大,而本试验采用了对不同阶段品种等密度种植,这也可能限制了一部分老品种的潜力,而有利于新品种潜力的发挥。新疆棉花“矮、密、早、膜、滴灌”栽培模式也是逐步发展的,尤其是栽培密度对总生物量的贡献最大,因此也导致了耐密品种对氮素需求量的增加,导致氮素利用效率表现为新品种高于老品种。通过我们的试验还发现,新疆棉花生产中氮高效品种所占的比例较少,这与韩璐等<sup>[20]</sup>、李雪妮等<sup>[21]</sup>的研究结果相一致。综上所述,从现有的棉花品种中选择或培育高效氮素营养的基因型来提高棉花自身氮素营养效率、减少氮肥施用是完全可行的;棉花高产育种过程提高了氮素利用效率和氮素偏生产力。

## 参考文献 References

- [1] 刘晏良. 棉花发展战略研究[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006  
LIU Y L. Cotton Development Strategy Research[M]. Beijing: China Statistics Press, 2006
- [2] 艾先涛, 李雪源, 王俊峰, 等. 新疆棉花植棉比较效益分析[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(12): 2183-2190  
AI X T, LI X Y, WANG J D, et al. Innovation of science & technology and ascensino of planting cotton comparative benefit in Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Science, 2011, 48(12): 2183-2190
- [3] 李少昆. 关于光合速率与作物产量关系的讨论(综述)[J]. 石河子大学学报, 1999, 17(增刊): 117-126  
LI S K. A discussion on the relationship between leaf photosynthetic rate and crop yield[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 1999, 17(Suppl.): 117-126
- [4] HIREL B, LE G J, NEY B, et al. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: Towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches[J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58(9): 2369-2387
- [5] INTHAPANYA P, SIPASEUTH S P, SITHATHEP V, et al. Genotype differences in nutrient uptake and utilization for grain yield production of rained lowland rice under fertilized and non-fertilized conditions[J]. Field Crops Research, 2000, 65: 57-68
- [6] 米国华, 刘建安, 张福锁. 玉米杂交种的氮农学效率及其构成因素剖析[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(增刊): 97-104  
MI G H, LIU J A, ZHANG F S. Analysis on nitrogen agronomic efficiency and its components of maize hybrids[J]. Journal of China Agricultural University, 1998, 3(suppl.): 97-104
- [7] 朱新开, 郭文善, 朱冬梅, 等. 不同基因型小麦氮素吸收积累差异研究[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2005, 26(3): 52-57  
ZHU X K, GUO W S, ZHU D M, et al. Studies on differences of accumulated N amount in different genotypes of winter wheat[J]. Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition, 2005, 26(3): 52-57
- [8] 孙传范, 戴廷波, 荆奇, 等. 小麦品种氮利用效率的评价指标及其氮营养特性研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 983-987  
SUN C F, DAI T B, JING Q, et al. Nitrogen use efficiency and its relationship with nitrogen nutrition characteristics of wheat varieties[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(6): 983-987
- [9] 张锡洲, 阳显斌, 李廷轩, 等. 小麦氮素利用效率的基因型差异[J]. 应用生态学报, 2011, 22(2): 369-375  
ZHANG X Z, YANG X B, LI T X, et al. Genotype difference in nitrogen utilization efficiency of wheat[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(2): 369-375
- [10] 周顺利, 张福锁, 王兴仁, 等. 高产条件下不同品种冬小麦氮素吸收与利用特性的比较研究[J]. 土壤肥料, 2000, 37(6): 20-23  
ZHOU S L, ZHANG F S, WANG X R, et al. A comparative study on nitrogen uptake and utilization of winter wheat varieties under high-yield condition[J]. Soil and Fertilizer, 2000, 37(6): 20-23
- [11] 张福锁, 崔振玲, 王激清, 等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J]. 植物学通报, 2007, 24(6): 687-694  
ZHANG F S, CUI Z L, WANG J Q, et al. Current status of soil and plant nutrient management in China and improvement strategies[J]. Chinese Bulletin of Botany, 2007, 24(6): 687-694
- [12] DONG H Z, KONG X Q, LI W J, et al. Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two field with varying fertility[J]. Field Crops Research, 2010, 119(1): 106-113
- [13] VENUGOPALAN M V, HEBBAR K B, TIWARY P, et al. Productivity and nitrogen efficiency parameters in cotton cultivars with varying N levels and soil types under rainfed conditions[J]. Acta Agronomica Hungarica, 2007, 55(3): 383-391
- [14] 罗新宇, 陈冰, 张巨松, 等. 氮肥对不同质地土壤棉花生物量与氮素积累的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(4): 160-166  
LUO X N, CHEN B, ZHANG J S, et al. Effects of nitrogen applied levels on the dynamics of biomass, nitrogen accumulation of cotton plant on different soil textures[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2009, 18(4): 160-166
- [15] 薛晓萍, 王建国, 郭文琦, 等. 氮素水平对初花后棉株生物量、氮素累积特征及氮素利用率动态变化的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3631-3640  
XUE X P, WANG J G, GUO W Q, et al. Effect of nitrogen applied levels on the dynamics of biomass, nitrogen accumulation and nitrogen fertilization recovery rate of cotton after initial flowering[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3631-3640
- [16] 董合忠, 李维江, 辛承松, 等. 不同类型抗虫棉品种的产量表现和氮素营养效率研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010,

- 16(4): 947-952  
DONG H Z, LI W J, XIN C S, et al. Genotypic variations of yields and nitrogen nutrition efficiencies in Bt transgenic cotton[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2016, 16(4): 947-952
- [17] 徐惠纯, 呼孟银, 李文炳. 棉花不同品种氮素营养效率的比较[J]. *植物营养与肥料学报*, 1996, 2(4): 370-373  
XU H C, HU M Y, LI W B. A comparative study on nitrogen nutrient efficiency of different cotton varieties[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1996, 2(4): 370-373
- [18] 赵一超. 不同基因型棉花品种氮效率研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013  
ZAO Y C. Study on nitrogen efficiency of different cotton genotypes[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2013
- [19] 张祥, 刘晓飞, 王桂霞, 等. 长江流域棉花主推品种氮素吸收与利用效率比较与分类[J]. *棉花学报*, 2012, 24(3): 253-258  
ZHANG X, LIU X F, WANG G X, et al. Study on nitrogen uptake and use efficiency in different cotton cultivars in the Yangtze River Region[J]. *Cotton Science*, 2012, 24(3): 253-258
- [20] 韩璐, 张薇. 棉花苗期氮营养高效品种筛选[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(1): 84-88  
HAN L, ZHANG W. Screening of cotton varieties with high nitrogen efficiency at seedling stage[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(1): 84-88
- [21] 李雪妮, 盛建东, 侯静, 等. 不同棉花品种苗期氮效率筛选的初步研究[J]. *新疆农业大学学报*, 2007, 30(3): 44-48  
LI X N, SHENG J D, HOU J, et al. Screening for nitrogen efficiency in different cotton varieties at seedling stage[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2007, 30(3): 44-48
- [22] 叶全宝, 张洪程, 魏海燕, 等. 不同土壤及氮肥条件下水稻氮利用效率和增产效应研究[J]. *作物学报*, 2005, 31(11): 1422-1428  
YE Q B, ZHANG H C, WEI H Y, et al. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency and yield of rice under different soil conditions[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(11): 1422-1428
- [23] 周广生, 梅方竹, 周竹青, 等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. *中国农业科学*, 2003, 36(11): 1378-1382  
ZHOU G S, MEI F Z, ZHOU Z Q, et al. Comprehensive evaluation and forecast on physiological indices of waterlogging resistance of different wheat varieties[J]. *Scientia Agriculture Sinica*, 2003, 36(11): 1378-1382
- [24] 江立庚, 戴廷波, 韦善清, 等. 南方水稻氮素吸收与利用效率的基因型差异及评价[J]. *植物生态学报*, 2003, 27(4): 466-471  
JIANG L G, DAI T B, WEI S Q, et al. Genotypic differences and variation in nitrogen uptake and utilization efficiency in rice[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2003, 27(4): 466-471
- [25] 徐祥玉, 张敏敏, 翟丙年, 等. 夏玉米氮效率基因型差异研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 14(2): 258-263  
XU X Y, ZHANG M M, ZHAI B N, et al. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in summer maize[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2006, 14(2): 258-263
- [26] 何文寿, 陈素生, 康建宏. 宁夏春小麦氮素利用效率的基因型差异研究[J]. *土壤*, 2003, 35(6): 500-505  
HE W S, CHEN S S, KANG J H. Genotypic differences in nitrogen recovery rate in Ningxia[J]. *Soils*, 2003, 35(6): 500-505
- [27] 李艳, 董中东, 郝西, 等. 小麦不同品种的氮素利用效率差异研究[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(3): 472  
LI Y, DONG Z D, HAO X, et al. The studies on genotypic difference of nitrogen utilization efficiency in winter wheat[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(3): 472
- [28] 孙杰, 褚贵新, 张文辉, 等. 北疆棉区棉花品种演替与主要性状演变趋势研究[J]. *新疆农业科学*, 1999, 36(2): 51-54  
SUN J, CHU G X, ZHANG W H, et al. Succession trend of cotton cultivars and main characters in cotton region of northern Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 1999, 36(2): 51-54
- [29] 艾先涛, 李雪源, 秦文斌, 等. 新疆陆地棉育种遗传组分拓展研究[J]. *分子植物育种*, 2005, 3(4): 575-578  
AI X T, LI X Y, QIN W B, et al. The extend study on genetic composition of upland cotton breeding in Xinjiang[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2005, 3(4): 575-578
- [30] 田海燕, 薛飞, 李艳军, 等. 北疆棉花品种主要经济性状演替规律研究[J]. *西北农业学报*, 2007, 16(5): 96-99  
TIAN H Y, XUE F, LI Y J, et al. Research on main economical characteristics succession of cotton variety in northern of Xinjiang[J]. *Northwest Agricultural Sciences*, 2007, 16(5): 96-99
- [31] 刁明, 褚贵新. 北疆50年来棉花主栽品种库特性演替规律的研究[J]. *石河子大学学报: 自然科学版*, 2001, 5(3): 182-185  
DIAO M, CHU G X. Studies on the evolutionary changes in characters of sink of upland cotton varieties in the course of replacement of varieties in north Xinjiang over the past fifty years[J]. *Journal of Shihezi University: Natural Science*, 2001, 5(3): 182-185