

# 白菜不同基因型硝酸盐含量差异的研究

汪李平<sup>1</sup> 向长萍<sup>1</sup> 王运华<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; <sup>2</sup> 华中农业大学资源环境与农业化学学院, 武汉 430070)

**摘要:** 春夏秋冬不同季节的 46 个白菜基因型的硝酸盐含量存在显著差异; 经聚类分析将其划分为高硝酸盐含量和低硝酸盐含量的品种群; 同一品种在不同季节栽培, 硝酸盐含量有一定变化, 一般秋冬季低于春夏季。

**关键词:** 白菜; 硝酸盐含量; 基因型差异; 季节

**中图分类号:** S 634 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2004) 01-0043-04

## Studies on the Nitrate Content of Different Pak-choi Genotypes

Wang Liping<sup>1</sup>, Xiang Changping<sup>1</sup>, and Wang Yunhua<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> College of Horticulture and Forestry Sciences; <sup>2</sup> College of Resources, Environment and Agrochemistry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The genotypic differences of nitrate content in 46 pak-choi cultivars were studied during winter of 1998 and spring, summer, autumn of 1999. The results showed that there were significant differences of nitrate content among different cultivars of pak-choi. The cultivars of high and low nitrate content have been grouped by cluster analysis based on the experiment of four seasons. The result also showed that the nitrate content of the same cultivar in different seasons was different. The nitrate content in spring and summer was higher than that in autumn and winter.

**Key words:** Pak-choi; Nitrate content; Genotypic difference; Season

自 20 世纪 60 年代以来, 世界各国都在致力于蔬菜中硝酸盐污染及其控制途径的研究, 日本和苏联重点改善栽培管理措施, 法国等一些国家则倡导生态农业, 供应不施化肥农药的蔬菜, 美国首先注意了低硝酸盐蔬菜品种的选育。我国这方面的研究工作始于 20 世纪 80 年代, 目前已基本弄清硝酸盐含量与蔬菜种类、品种、部位、生育期及环境条件的关系, 关于降低硝酸盐含量的措施方面, 提出了经济合理施用氮肥、改善蔬菜生态条件, 选择适宜采收期, 采取适宜的贮藏加工及食前处理等<sup>[1~3]</sup>措施, 但这些方法的应用效果受到许多内外因素的限制, 在生产上很难取得满意结果。因此近年人们把希望寄予筛选和选育低硝酸盐含量的品种上。

不同种类蔬菜间硝酸盐含量的差异已经得到广泛的证实<sup>[4~7]</sup>, 但对同一种蔬菜不同品种间差异的研究在国内则较少。白菜 [*Brassica campestris* ssp. *chinensis* (L.) Makino] 是硝酸盐含量较高的蔬菜种类之一, 而且又是目前南方地区最大众化的蔬菜, 因此降低白菜中硝酸盐的过度累积有着重要的意义。对目前生产中的白菜品种进行硝酸盐含量的测定与筛选, 可为低含量硝酸盐品种的选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

收集了全国各地的 46 份白菜品种, 在华中农业大学蔬菜试验站分别于 1998 年 11 月 8 日、1999 年 3 月 5 日、1999 年 7 月 9 日和 1999 年 9 月 15 日 4 个不同季节进行田间品种筛选试验。小区面积 0.4 m<sup>2</sup>, 每品种一小区, 条播 2 行, 行距 10 cm, 出苗后按株距 3 cm 间苗, 每小区留苗 200 株, 各品种随

收稿日期: 2003 - 01 - 06; 修回日期: 2003 - 03 - 10

机排列, 3 次重复。每个季节开始试验时都取土样分析, 土壤农化性状基本稳定。试验土壤的主要农化性状为: pH 6.5, 有机质 4.4%, 全氮 0.25%, 碱解氮 152.60 mg/kg, 速效磷 ( $P_2O_5$ ) 42.37 mg/kg, 速效钾 ( $K_2O$ ) 164.80 mg/kg。播种前施尿素 375 kg/hm<sup>2</sup>, 田间各项栽培管理与生产实际相同。

播种后 25 d 植株四叶一心时 (为保证各季节取样的植株大小基本一致, 夏季调整为 20 d, 冬季 40 d) 开始取样分析测定, 取样时间均为上午 8 00~8 30。每一小区每次重复测定 3 次, 每测定取样 10 株, 以后每隔 5 d (植株五叶一心、六叶一心时) 取样测定一次, 每个季节的试验均取样测定 3 次, 各得到 9 个测定数据。分析所用数据均为测定平均值。

用磺基水杨酸比色法测定硝酸盐含量。产量为最后一次取样测定硝酸盐含量时在田间每小区随机取样 10 株的平均值。数据分析均采用 SAS 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 冬季不同品种硝酸盐含量的差异

冬季试验所测得的结果 (表 1) 表明, 白菜各品种间硝酸盐含量存在着显著性的差异。江苏矮脚黄、虹桥矮青菜、黑油白菜、湘潭矮脚白、黄心乌等的硝酸盐含量水平较高, 均达到 3.50 g/kg 以上, 而上海青、热优二号、矮脚奶白菜、虹明青、勺白菜等则硝酸盐含量较低, 均在 1.00 g/kg 以下, 充分显示在白菜的不同品种中硝酸盐含量存在着可供选择的差异较大。

### 2.2 春季不同品种硝酸盐含量的差异

春季试验的结果进一步证实白菜品种间硝酸盐含量存在显著差异 (表 1), 最高与最低值差异高达 4.00 g/kg 以上。但各品种硝酸盐含量高低的排列顺序与 1998 年冬季试验相似, 仍以江苏矮脚黄、湘潭矮脚白、虹桥矮青菜、黑油白菜的硝酸盐含量较高, 一般都在 6.00 g/kg 以上。上海青、矮脚奶白菜、热优二号、矮抗青、虹明青等的硝酸盐含量较低, 一般在 2.00 g/kg 左右。

这两次试验中品种间硝酸盐含量的差异顺序没有发生大的变化, 但 1999 年春季试验中白菜的硝酸盐含量均普遍高于 1998 年冬季, 差异在 1.20~2.50 g/kg 之间。两次试验所用的地块、肥料、品种及日常管理基本上是一致的, 差别只是季节不同。季节不同所以影响白菜的硝酸盐含量, 可能与气温、土温的升高有关; 它一方面有利于白菜的生长, 从播种到测产其历时 35 d, 比冬季从播种到测产历时 50 d 的产量高出一倍多; 另一方面温度的提高促进了土壤中硝化微生物的活动 (硝化微生物的适宜温度为 28~35℃), 从而将土壤中的  $NH_4^+-N$  较多的转化为  $NO_3^--N$ , 给白菜提供了较多的  $NO_3^--N$  源, 供白菜吸收。

### 2.3 夏季不同品种硝酸盐含量的差异

夏季试验结果表明 (表 1) 白菜不同品种间硝酸盐含量也存在显著差异, 以江苏矮脚黄、湘潭矮脚白、矮脚黑叶、黑油白菜、日本青梗白菜、虹桥矮青菜等含量较高, 一般在 5.0 g/kg 以上, 其中以江苏矮脚黄最高, 除与湘潭矮脚白差异不显著外, 显著高于其它所有品种; 上海青、矮脚奶白菜、矮抗青、热优二号、上海夏冬青等含量较低, 一般在 1.50 g/kg 左右, 其中以上海青最低。最高与最低相差 3.50~4.50 g/kg。其它品种硝酸盐含量居于两极类群之间。

### 2.4 秋季不同品种硝酸盐含量的差异

秋季的试验结果 (表 1) 同样表明白菜不同品种间硝酸盐含量差异显著, 以湘潭矮脚白、江苏矮脚黄、塌菜 (小八叶)、白沙 1 号白菜、虹桥矮青菜等含量较高, 一般在 4.00 g/kg 以上; 上海青、矮脚奶白菜、虹明青、热优二号等较低, 一般在 0.5 g/kg 左右。最高与最低差值在 3.5 g/kg。其它品种居于两极类群之间。

### 2.5 白菜品种硝酸盐含量的聚类分析

将表 1 各品种 4 个季节的硝酸盐含量的平均值用 SAS 软件进行聚类分析。由聚类图 (图 1) 可以看出, 最小距离为 0.13 时, 所有供试的 46 个白菜品种可分为 4 大类, 设为 A、B、C、D 类, 其中 A

类（图中编号 43~46）为最低硝酸盐含量的品种群，包括上海青、矮脚奶白菜、热优二号和虹明青 4 个品种；D 类（编号 1~5）为最高硝酸盐含量品种群，包括江苏矮脚黄、湘潭矮脚白、虹桥矮青菜、黑油白菜和矮脚黑叶等品种，B、C 两类为中等硝酸盐含量的品种群，除上述最高和最低两类群之外的其余大多数品种都在此两类中，其中 B 类（图中编号为 21~42）为硝酸盐含量较低类型，C 类（图中编号 6~20）为硝酸盐含量较高类型。

表 1 四个季节不同品种小白菜硝酸盐含量

Table 1 Nitrate content of pak-choi cultivars in four different season

(g/kg FM)

| 品种 Cultivars                | 春季 Spring            | 夏季 Summer           | 秋季 Autumn           | 冬季 Winter           |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 江苏矮脚黄 Jiangsu Aijiaohuang   | 6.61 $\pm$ 0.30 a    | 5.47 $\pm$ 0.28 a   | 4.13 $\pm$ 0.29 a   | 3.71 $\pm$ 0.25 a   |
| 湘潭矮脚白 Xiangtan Aijiaobai    | 6.38 $\pm$ 0.34 ab   | 5.33 $\pm$ 0.31 ab  | 4.21 $\pm$ 0.27 a   | 3.60 $\pm$ 0.22 a   |
| 虹桥矮青菜 Hongqiao Aiqingcai    | 6.22 $\pm$ 0.31 b    | 5.05 $\pm$ 0.32 cd  | 4.01 $\pm$ 0.30 ab  | 3.63 $\pm$ 0.21 a   |
| 黑油白菜 Heiyou Baicai          | 6.15 $\pm$ 0.38 b    | 5.20 $\pm$ 0.30 bc  | 3.43 $\pm$ 0.17 ef  | 3.62 $\pm$ 0.22 a   |
| 特选匙梗白 Chigeng Bai           | 5.87 $\pm$ 0.33 c    | 3.57 $\pm$ 0.28 lm  | 3.75 $\pm$ 0.18 cd  | 2.73 $\pm$ 0.21 e   |
| 矮脚黑叶 Aijiao Heiye           | 5.84 $\pm$ 0.41 cd   | 5.22 $\pm$ 0.27 bc  | 3.85 $\pm$ 0.29 bc  | 3.35 $\pm$ 0.29 b   |
| 日本青梗白菜 Japanese Qinggeng    | 5.75 $\pm$ 0.28 cde  | 5.07 $\pm$ 0.29 cd  | 3.65 $\pm$ 0.25 d   | 3.18 $\pm$ 0.25 bcd |
| 白沙 3 号 Baisha 3             | 5.63 $\pm$ 0.29 de   | 4.36 $\pm$ 0.33 gh  | 3.42 $\pm$ 0.22 ef  | 3.00 $\pm$ 0.22 d   |
| 塌菜(小八叶) Tacai               | 5.61 $\pm$ 0.27 ef   | 3.75 $\pm$ 0.24 kl  | 4.06 $\pm$ 0.27 a   | 3.32 $\pm$ 0.23 b   |
| 武汉矮脚黄 Wuhan Aijiaohuang     | 5.47 $\pm$ 0.28 fg   | 4.33 $\pm$ 0.23 ghi | 3.19 $\pm$ 0.18 gh  | 2.69 $\pm$ 0.27 ef  |
| 白沙 1 号 Baisha 1             | 5.33 $\pm$ 0.34 fg   | 4.68 $\pm$ 0.30 f   | 4.03 $\pm$ 0.27 ab  | 3.04 $\pm$ 0.23 cd  |
| 高梗白 Gaogeng Bai             | 5.28 $\pm$ 0.36 fg   | 4.29 $\pm$ 0.26 hi  | 3.08 $\pm$ 0.25 hi  | 2.51 $\pm$ 0.21 fgh |
| 黄心乌 Huangxinwu              | 5.23 $\pm$ 0.25 fg   | 3.98 $\pm$ 0.23 jk  | 3.76 $\pm$ 0.28 cd  | 3.57 $\pm$ 0.27 a   |
| 大头小叶青 Datou Xiaoyeqing      | 5.19 $\pm$ 0.29 g    | 3.58 $\pm$ 0.32 lm  | 2.84 $\pm$ 0.21 jk  | 2.50 $\pm$ 0.20 fgh |
| 矮脚葵扇黑叶 Aijiao Kuishan Heiye | 4.89 $\pm$ 0.34 h    | 4.67 $\pm$ 0.26 f   | 3.21 $\pm$ 0.23 gh  | 3.07 $\pm$ 0.26 cd  |
| 矮脚黄 2 号 Aijiaohuang 2       | 4.71 $\pm$ 0.26 hi   | 4.11 $\pm$ 0.26 ij  | 3.28 $\pm$ 0.28 fgh | 2.52 $\pm$ 0.24 fgh |
| 苏州青 Suzhou Qing             | 4.69 $\pm$ 0.31 hi   | 2.66 $\pm$ 0.22 rst | 2.56 $\pm$ 0.24 lm  | 2.17 $\pm$ 0.22 jk  |
| 中萁白 Zhongqibai              | 4.58 $\pm$ 0.19 ij   | 4.19 $\pm$ 0.31 hij | 2.96 $\pm$ 0.21 ij  | 2.50 $\pm$ 0.18 fgh |
| 日本矮三抗 Japanese Aisankang    | 4.57 $\pm$ 0.24 ijk  | 4.54 $\pm$ 0.24 fg  | 3.57 $\pm$ 0.23 de  | 2.57 $\pm$ 0.22 efg |
| 矮脚黄 4 号 Aijiaohuang 4       | 4.34 $\pm$ 0.28 jkl  | 4.95 $\pm$ 0.28 de  | 2.79 $\pm$ 0.23 jk  | 2.45 $\pm$ 0.21 ghi |
| 清江白菜 Qingjiang Pak-choi     | 4.32 $\pm$ 0.25 klm  | 3.49 $\pm$ 0.30 mn  | 2.37 $\pm$ 0.27 mn  | 2.43 $\pm$ 0.22 ghi |
| 矮脚黄 1 号 Aijiaohuang 1       | 4.28 $\pm$ 0.26 lm   | 3.17 $\pm$ 0.17 op  | 3.37 $\pm$ 0.23 fg  | 2.29 $\pm$ 0.20 ij  |
| 上海矮青菜 Shanghai Aiqingcai    | 4.21 $\pm$ 0.32 lmn  | 3.97 $\pm$ 0.24 jk  | 1.15 $\pm$ 0.19 v   | 2.38 $\pm$ 0.20 ghi |
| 抗热 605 青菜 Kangre 605        | 4.07 $\pm$ 0.25 mno  | 3.02 $\pm$ 0.28 pq  | 2.15 $\pm$ 0.22 op  | 2.34 $\pm$ 0.25 hij |
| 矮抗 6 号 Aikang 6             | 3.98 $\pm$ 0.20 nop  | 2.87 $\pm$ 0.28 qr  | 2.65 $\pm$ 0.27 kl  | 2.18 $\pm$ 0.21 jk  |
| 白沙 2 号 Baisha 2             | 3.96 $\pm$ 0.33 opq  | 4.73 $\pm$ 0.25 ef  | 2.39 $\pm$ 0.27 mn  | 3.22 $\pm$ 0.20 bc  |
| 潮汕甜白菜 Chaoshantian Pak-choi | 3.93 $\pm$ 0.23 opq  | 3.46 $\pm$ 0.24 mn  | 1.67 $\pm$ 0.17 rs  | 2.00 $\pm$ 0.21 klm |
| 绿优 1 号 L you 1              | 3.87 $\pm$ 0.20 opqr | 3.10 $\pm$ 0.25 opq | 1.82 $\pm$ 0.21 qr  | 2.08 $\pm$ 0.19 kl  |
| 矮抗 2 号 Aikang 2             | 3.86 $\pm$ 0.17 opqr | 2.87 $\pm$ 0.26 qr  | 1.75 $\pm$ 0.24 rs  | 1.87 $\pm$ 0.11 mn  |
| 矮其青菜 Aiqi Qingcai           | 3.80 $\pm$ 0.25 pqr  | 3.63 $\pm$ 0.24 lm  | 2.00 $\pm$ 0.17 pq  | 2.17 $\pm$ 0.22 jk  |
| 绿星青菜 L xing Qingcai         | 3.72 $\pm$ 0.20 qrs  | 3.27 $\pm$ 0.26 no  | 0.86 $\pm$ 0.13 w   | 1.66 $\pm$ 0.20 op  |
| 热杂一号 Reza 1                 | 3.67 $\pm$ 0.29 rs   | 3.48 $\pm$ 0.32 mn  | 2.27 $\pm$ 0.24 no  | 1.92 $\pm$ 0.16 lm  |
| 上海夏冬青 Shanghai Xiadongqing  | 3.67 $\pm$ 0.27 rs   | 1.79 $\pm$ 0.25 v   | 0.69 $\pm$ 0.13 wx  | 1.16 $\pm$ 0.16 rs  |
| 勺白菜 Shao Baicai             | 3.51 $\pm$ 0.26 s    | 2.69 $\pm$ 0.24 rst | 1.44 $\pm$ 0.17 tu  | 0.97 $\pm$ 0.10 st  |
| 三月慢 Sanyueman               | 3.49 $\pm$ 0.24 st   | 2.66 $\pm$ 0.23 rst | 2.43 $\pm$ 0.20 mn  | 2.06 $\pm$ 0.26 klm |
| 四倍体白菜 Sibeiti Pak-choi      | 3.26 $\pm$ 0.21 tu   | 2.57 $\pm$ 0.22 st  | 2.33 $\pm$ 0.16 no  | 1.69 $\pm$ 0.16 no  |
| 四月慢 Siyueman                | 3.26 $\pm$ 0.27 tu   | 4.11 $\pm$ 0.27 ij  | 1.28 $\pm$ 0.17 uv  | 1.59 $\pm$ 0.19 op  |
| 七宝青菜 Qibao Qingcai          | 3.07 $\pm$ 0.22 uv   | 3.16 $\pm$ 0.23 op  | 1.34 $\pm$ 0.17 uv  | 1.57 $\pm$ 0.22 op  |
| 矮抗 1 号 Aikang 1             | 2.99 $\pm$ 0.30 vw   | 2.48 $\pm$ 0.26 stu | 1.56 $\pm$ 0.20 st  | 1.47 $\pm$ 0.17 pq  |
| 五月慢 Wuyueman                | 2.74 $\pm$ 0.24 wx   | 2.46 $\pm$ 0.25 tu  | 1.61 $\pm$ 0.21 st  | 1.35 $\pm$ 0.13 qr  |
| 虹桥青 Hongqiaoqing            | 2.66 $\pm$ 0.25 x    | 2.71 $\pm$ 0.20 rs  | 2.06 $\pm$ 0.22 p   | 1.87 $\pm$ 0.23 mn  |
| 虹明青 Hongmingqing            | 2.29 $\pm$ 0.25 y    | 2.26 $\pm$ 0.25 u   | 0.47 $\pm$ 0.06 y   | 0.96 $\pm$ 0.10 t   |
| 矮抗青 Aikang Qing             | 2.11 $\pm$ 0.23 yz   | 1.77 $\pm$ 0.23 v   | 1.61 $\pm$ 0.15 st  | 1.71 $\pm$ 0.21 no  |
| 热优二号 Reyou 2                | 2.07 $\pm$ 0.18 z    | 1.79 $\pm$ 0.19 v   | 0.55 $\pm$ 0.08 xy  | 0.84 $\pm$ 0.10 t   |
| 矮脚奶白菜 Aijiao Naibaicai      | 1.95 $\pm$ 0.14 z    | 1.43 $\pm$ 0.20 w   | 0.44 $\pm$ 0.10 y   | 0.94 $\pm$ 0.09 t   |
| 上海青 Shanghai Qing           | 1.83 $\pm$ 0.20 z    | 1.03 $\pm$ 0.19 x   | 0.42 $\pm$ 0.09 y   | 0.81 $\pm$ 0.10 t   |

注：采用最小显著差异法进行方差分析，用 SAS 软件完成，5%水平的  $LSD = 0.22$ 。

Note: Means with the same letter are not significantly different at 5 % level ( $LSD = 0.22$ ).

### 3 讨论

业已查明, 黄瓜、番茄、菠菜、茼蒿、茼蒿、芹菜、菜豆、胡萝卜、食用甜菜、甘蓝、茄子、马铃薯、甜瓜等存在硝酸盐含量的品种特异性。刘高琼等<sup>[8]</sup>进行过酰胺态氮对水培白菜产量和硝酸盐含量影响的季节性差异研究, 朱为民等<sup>[9]</sup>采用不同栽培方式(田间试验、无土栽培、设施栽培)对 28 份白菜品种材料进行过硝酸盐含量差异的品比研究, 确证了在白菜不同基因型间硝酸盐含量存在显著的差异。本试验选用来自各地的白菜品种材料 46 份, 在一年四季各个季节环境条件下对品种间硝酸盐含量的差异进行研究, 再次证实了在白菜不同品种间硝酸盐含量差异显著。白菜品种比较试验中, 证明硝酸盐含量较高和较低两极类群的品种的表现相对稳定, 如江苏矮脚黄、湘潭矮脚白、虹桥矮青菜、黑油白菜等的硝酸盐含量较高, 上海青、矮脚奶白菜、热优二号、虹明青等的硝酸盐含量较低, 以上结果在四季试验中表现基本一致。这说明白菜硝酸盐含量的基因型差异是可以稳定遗传的。

在试验中还看到, 不同栽培季节白菜硝酸盐含量品种间的排序虽然变化不大, 但绝对含量的变化很大, 一般春夏季要比秋冬季白菜的硝酸盐含量高 0.50~2.00 g/kg。这可能与不同季节的温度、光照、水分等气候因素有关。

#### 参考文献:

- 汪李平, 向长萍, 王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展. 长江蔬菜, 2000, (4): 1~4, (5): 1~4
- 李海云, 邢禹贤, 王秀峰. 蔬菜硝酸盐积累的控制措施. 长江蔬菜, 2001, (4): 8~9, 34
- 杜红斌, 王秀峰, 崔秀敏. 植物 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 积累的生理机制研究. 中国蔬菜, 2001, (2): 49~51
- Reinink K, Nes M V, Groenwold R, et al. Genetic variation for nitrate content between cultivars of endive (*Cichorium endivia* L.). Euphytica. 1994, 75: 41~48
- Reinink K, Eenink A H. Genotypical differences in nitrate accumulation in shoots and roots of lettuce. Scientia Horticulturae, 1988, (37): 13~24
- 卢善玲, 周根娣. 上海地区蔬菜硝酸盐含量状况及食用卫生评价. 上海农业科技, 1989, (4): 15~16
- 沈明珠, 李俊国, 东惠茹, 等. 中国菠菜硝酸盐积累和含量水平的研究. 园艺学报, 1986, 13 (4): 258~262
- 刘高琼, 李式军. 酰胺态氮对水培白菜产量和硝酸盐积累影响的季节性差异. 南京农业大学学报, 1993, 16 (2): 111~113
- 朱为民, 李式军. 白菜不同基因型间硝酸盐含量的差异. 见: 曾广文, 喻景权主编. 现代蔬菜科学论文集. 上海: 上海科学技术出版社, 1998. 143~149



图 1 46 个白菜品种的硝酸盐含量聚类分析图  
聚类分析用最小距离法, 用 SAS 软件完成, 图中数据为最小距离

Fig. 1 Dendrogram by cluster analysis of 46 pak-choi cultivars based on nitrate content

Single Linkage Cluster Analysis by SAS. The data means normalized minimum distance