

张国芹,李 静,牟建梅,等. 秋季不结球白菜硝酸盐积累的基因型差异[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):228-230.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.065

# 秋季不结球白菜硝酸盐积累的基因型差异

张国芹<sup>1</sup>, 李 静<sup>2</sup>, 牟建梅<sup>1</sup>, 徐 君<sup>1</sup>, 徐 瑶<sup>1</sup>

(1. 江苏太湖地区农业科学研究所,江苏苏州 215155; 2. 莱芜职业技术学院,山东莱芜 271100)

**摘要:**研究 40 个不同基因型不结球白菜品种叶片、叶柄内硝酸盐含量,发现不同基因型不结球白菜之间和同一基因型不结球白菜的不同部位之间的硝酸盐含量均有明显差异。31、40 号品种为低硝酸盐含量基因型不结球白菜,而 12、19 号品种为高硝酸盐含量基因型不结球白菜。同一基因型品种一般叶柄中硝酸盐含量显著高于叶片中硝酸盐含量,同时叶色较淡的品种硝酸盐含量相对较低,研究结果可作为低硝酸盐品种选育的表现指标。

**关键词:**不结球白菜;硝酸盐;基因型;筛选

**中图分类号:**S634.303      **文献标志码:**A      **文章编号:**1002-1302(2016)05-0228-03

摄入硝酸盐含量较高的蔬菜会增加人体患肠胃癌、高铁血红蛋白症等疾病的概率,因此,蔬菜中硝酸盐含量一直是人们十分关注的问题,也被看成是衡量叶菜类蔬菜品质的一个重要指标。20 世纪 60 年代以来,世界各国都致力于蔬菜中硝酸盐污染及其控制途径的研究,我国这方面的研究工作始于 20 世纪 80 年代,关于降低硝酸盐含量的措施,提出经济合理施用氮肥、选择适宜采收期、严格控制土壤水分、使用微量元素、采取适宜的贮藏加工及食前处理等措施<sup>[1-3]</sup>,但这些方法的应用效果受到许多内外界因素的影响与限制,生产上很难取得满意结果。近年来人们把希望寄予筛选和选育低硝酸盐含量的品种。不同种类蔬菜硝酸盐含量的差异已经得到广泛的证实,另外对蔬菜硝酸盐的基因型差异开展了一些研究,如大白菜、萝卜、菠菜等<sup>[4-6]</sup>,但不结球白菜品种间差异的研究则较少。不结球白菜是硝酸盐含量较高的蔬菜种类之一,又是目前南方地区最大众化的蔬菜,因此降低不结球白菜中硝酸盐的过度累积有着重要的意义。对目前生产的主要不结球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材料基础和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于江苏太湖地区农业科学研究所蔬菜基地实施。2013 年 9 月播种,10 月取样测定植株叶片、叶柄硝酸盐含量。植株硝酸盐含量采用农业行标法进行测定。试验材料为收集到的地方主栽及自己选育的品种共 40 份,每个品种条播 10 行,行距 10 cm,出苗后按株距 3 cm 间苗,各品种随机排列,播种前施尿素 100 kg/hm<sup>2</sup>,播种后 25 d 植株 4 叶 1 心时取样测定(表 1)。

收稿日期:2015-03-20

基金项目:江苏省苏州市应用基础研究计划(编号:SYN201326)。

作者简介:张国芹(1981—),女,山东临沂人,硕士,助理研究员,主要从事蔬菜育种及安全高效生产技术研究。Tel:(0512)65386213;  
E-mail:guoqin1981@163.com。

表 1 不同基因型不结球白菜硝酸盐含量

品种 编号	硝酸盐含量(mg/kg)		
	叶片	叶柄	地上可食部分
1	1 453.2	2 885.4	1 934.0
2	1 620.2	2 960.6	2 229.0
3	2 969.0	3 862.6	3 413.8
4	2 021.1	3 023.2	2 460.0
5	1 294.5	2 321.7	1 784.1
6	2 117.1	3 290.5	2 649.0
7	2 004.4	3 307.2	2 680.9
8	2 125.5	2 689.2	2 428.6
9	2 350.9	3 549.4	3 040.6
10	2 092.1	3 148.5	2 527.2
11	2 705.9	3 236.2	2 942.0
12	3 252.9	3 854.2	3 570.8
13	2 726.8	3 896.0	3 251.6
14	2 409.4	3 516.0	2 905.4
15	2 538.9	3 607.8	3 012.8
16	3 119.3	3 758.2	3 415.1
17	2 167.2	2 739.3	2 427.5
18	3 027.4	3 361.5	3 191.2
19	3 219.5	4 063.0	3 678.9
20	2 760.2	3 228.1	3 019.1
21	2 814.5	3 378.2	3 083.1
22	2 300.8	3 148.5	2 737.3
23	3 112.2	3 223.9	3 180.1
24	3 065.0	3 335.5	3 206.0
25	2 824.6	3 485.7	3 212.0
26	2 112.0	2 683.0	2 477.0
27	2 571.4	2 562.8	2 565.8
28	2 524.1	2 446.9	2 476.7
29	2 635.7	3 030.7	2 866.0
30	1 648.4	2 695.8	2 289.0
31	1 717.1	1 661.3	1 687.6
32	1 395.1	2 567.1	2 153.4
33	2 854.7	2 683.0	2 745.0
34	3 588.7	3 322.6	3 450.6
35	3 150.9	2 519.8	2 918.0
36	2 592.8	3 732.3	3 047.4
38	2 687.3	2 824.6	2 753.5
39	2 534.7	3 335.7	2 711.2
40	1 287.8	1 983.3	1 652.4

## 1.2 数据分析

采用 DPS 7.0 软件对不结球白菜各基因型间的硝酸盐含量正态分布情况进一步分析、作图。根据不结球白菜叶片和叶柄硝酸盐含量,筛选出各指标均位于正态分布图前后 10% 之内的基因型,分别定义为硝酸盐低积累和高积累基因型,并对硝酸盐含量与植株形态指标、植株氮含量之间进行相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同基因型不结球白菜硝酸盐含量的差异

不同基因型不结球白菜叶片、叶柄及可食部分硝酸盐含量的次数分布见图 1。不同基因型不结球白菜硝酸盐含量差

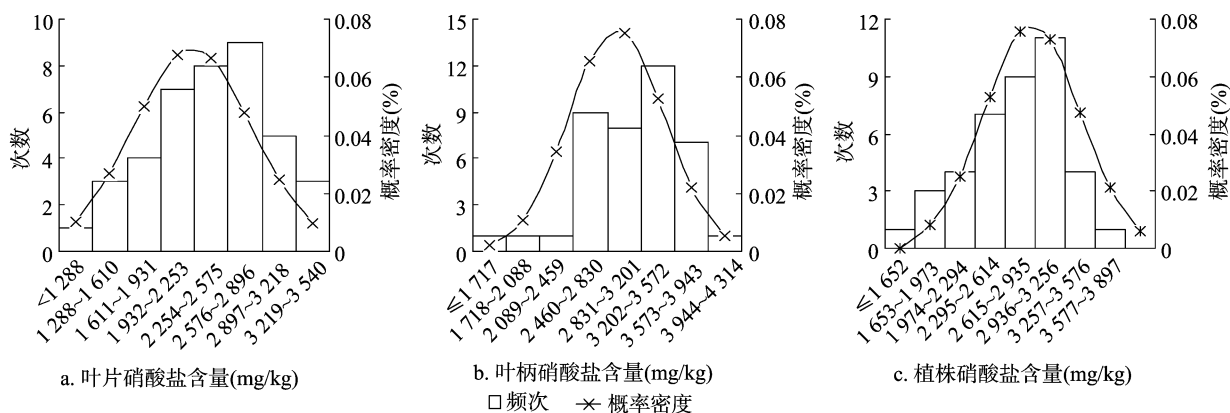


图1 不结球白菜不同部位硝酸盐含量分布频次

### 2.2 不同基因型不结球白菜硝酸盐含量与生长指标的相关性

通过硝酸盐与各个生长指标的相关性分析,发现植株氮含量与硝酸盐含量呈较高的正相关,叶柄质量和硝酸盐含量也呈较高的相关,同时与植株叶片叶绿素含量呈较高的负相关,由此可见叶柄厚重、单株较轻,同时叶色较淡的品种硝酸盐含量较低,可作为低硝酸盐品种选育的表观指标(表 2、表 3)。

## 3 结论与讨论

蔬菜对硝酸盐的累积既受遗传因素的制约,也受环境条件和栽培技术等因素的影响,其中遗传因素方面蔬菜硝酸盐积累的影响大多数是多基因控制的和累积性的,受到环境条件的影响大,这是人们通过改善生态因子或改进栽培技术提高品质的理论基础<sup>[7-9]</sup>。所以在进行基因型差异筛选研究时,要尽量保持外部环境条件的一致性,所得的数据才具可比性。该研究考虑到这些因素,保证试验结果的可比性、可靠性。本试验通过对 40 个不结球白菜品种田间筛选发现,不同品种和部位间硝酸盐含量存在显著差异,叶柄硝酸盐含量是叶片硝酸盐含量的 1~2 倍。同时通过正态分布分析筛选得到高硝酸盐含量和低硝酸盐含量的不结球白菜品种,其中 31、40 号品种为低硝酸盐含量基因型不结球白菜,12、19 号品种为高硝酸盐含量基因型不结球白菜,为进一步深入开展硝酸盐遗传规律的研究、硝酸盐积累的机制及造成其硝酸盐含量基因型差异的根本原因提供了材料基础。研究发现不结球

异较为显著。硝酸盐含量在各区间范围内基因型个数叶柄中显著高于叶片中硝酸盐含量。由此可见,叶柄应该是不结球白菜硝酸盐的主要积累部位。在筛选硝酸盐高低积累基因型时,叶片应该是较为敏感的取样部位。不结球白菜各基因型间的硝酸盐含量存在显著差异,而且 40 个不同基因型的硝酸盐含量均呈现正态分布,即大部分基因型的硝酸盐含量处于中等水平,集中分布在 2 600~3 200 mg/kg 之间。只有少数基因型分布在正态曲线的两极。以硝酸盐含量为指标,统计分析不同基因型不结球白菜硝酸盐含量,筛选出两级的基因型各 2 个,分别定义为低积累基因型和高积累基因型。低积累基因型为 31、40 号,高积累基因型为 12、19 号。

白菜硝酸盐含量与植株氮含量呈较高的正相关,同时叶柄质量和硝酸盐含量也呈现较高的正相关,而与植株叶片叶绿素含量呈较高的负相关。由此可见,选育叶柄薄、单株较轻,同时叶色较淡的品种硝酸盐含量相对较低,可作为低硝酸盐品种选育的表观指标。

### 参考文献:

- [1] 陶正平,尹凯丹. 环境因子对大白菜硝酸盐含量的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(8):245-248.
- [2] 都韶婷,章永松. 增施 CO<sub>2</sub> 降低小白菜硝酸盐积累的机理研究[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(6):1509-1514.
- [3] 牟建梅,储海苹,刘凤军,等. 肥料对夏白菜硝酸盐含量的影响[J]. 江苏农业科学,2009(6):399-400.
- [4] 陶正平. 大白菜不同品种对硝酸盐积累差异的研究[J]. 园艺学报,2005,32(4):698-700.
- [5] 刘社平,任喜波,戴希尧,等. 不同基因型萝卜品系硝酸盐含量的差异比较和聚类分析[J]. 北方园艺,2010(24):146-148.
- [6] 林碧莹,高山. 不同基因型菠菜硝酸盐含量遗传差异的初步研究[J]. 农业网络信息,2005(9):269-273.
- [7] 顾俊荣,杨代凤,董明辉,等. 秸秆生物反应堆技术对设施茄果类蔬菜生长及棚内环境园子的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):224-226.
- [8] 黄 莺. 基于 Android 系统的蔬菜大棚环境参数监控系统[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):423-425.
- [9] 管安琴,卢显宇,陈 罡,等. 棚室蔬菜栽培中的光、温、土壤环境调控技术综述[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):191-194.

表 2 不结球白菜植株硝酸盐含量与生长指标

品种 编号	叶片长 (cm)	叶柄长 (cm)	叶片质量 (g)	叶柄质量 (g)	叶绿素含量 (mg/g)	植株氮含量 (g/kg)	地上单株质量 (g)	植株硝酸盐含量 (mg/g)
1	12.620	6.300	2.960	0.700	0.947	52.34	8.52	1 934.0
2	12.720	7.460	3.360	1.340	1.440	52.19	10.40	2 229.0
3	9.660	6.220	2.700	1.240	1.599	58.56	8.06	3 413.8
4	10.080	5.460	2.540	0.940	1.506	52.37	8.66	2 460.0
5	9.280	5.920	2.320	1.000	1.220	49.22	6.76	1 784.1
6	9.500	6.960	2.660	1.120	1.554	51.40	8.50	2 649.0
7	11.640	7.300	3.180	1.480	1.274	53.26	11.72	2 680.9
8	9.280	6.260	2.600	1.260	1.456	24.84	7.70	2 428.6
9	10.260	6.680	3.420	1.800	1.318	54.50	12.40	3 040.6
10	8.520	5.100	2.880	1.020	1.087	57.98	9.36	2 527.2
11	12.280	5.620	4.680	1.900	1.171	53.26	11.08	2 942.0
12	10.740	5.900	3.440	1.620	1.126	48.43	12.00	3 570.8
13	9.075	4.875	3.025	1.375	1.455	52.37	10.20	3 251.6
14	8.320	5.300	1.520	0.640	2.007	53.76	4.58	2 905.4
15	10.500	8.520	3.360	1.480	1.540	54.83	9.78	3 012.8
16	9.740	7.900	2.380	0.980	1.774	59.50	6.04	3 415.1
17	12.100	7.520	5.060	2.160	1.186	42.44	16.32	2 427.5
18	9.160	6.160	2.200	0.860	1.200	46.55	6.64	3 191.2
19	10.900	7.220	3.140	1.500	1.556	48.73	10.18	3 678.9
20	10.460	4.240	3.340	1.620	1.226	58.00	11.98	3 019.1
21	12.940	6.940	4.380	2.340	1.181	46.55	16.70	3 083.1
22	10.280	7.180	3.540	1.440	1.802	51.93	10.74	2 737.3
23	10.420	5.460	2.860	1.500	1.106	51.07	9.52	3 180.1
24	5.580	7.760	2.780	1.200	1.405	52.72	8.70	3 206.0
25	9.080	6.060	3.000	1.340	1.906	55.49	8.90	3 212.0
26	11.320	6.260	3.640	2.020	1.239	43.53	12.18	2 477.0
27	10.180	4.500	2.640	1.440	1.278	49.55	8.64	2 565.8
28	10.240	5.420	3.020	1.560	1.150	47.06	11.14	2 476.7
29	10.420	5.840	2.540	1.100	1.256	51.10	8.30	2 866.0
30	9.020	12.280	2.540	1.420	1.934	39.59	7.32	2 289.0
31	8.470	6.120	2.900	1.350	2.057	44.60	9.85	1 687.6
32	9.020	6.700	2.560	1.440	1.693	45.86	8.90	2 153.4
33	10.080	5.140	3.640	2.000	1.294	51.63	13.18	2 745.0
34	9.340	4.500	2.320	1.020	1.262	57.06	7.44	3 450.6
35	15.740	3.600	6.000	2.140	1.036	49.95	20.24	2 918.0
36	6.820	4.800	0.880	0.300	1.484	51.99	2.32	3 047.4
38	9.200	5.460	1.820	0.740	1.314	54.98	5.02	2 753.5
39	10.660	2.600	2.760	0.840	0.975	52.72	8.56	2 711.2
40	8.740	5.240	2.080	0.920	1.893	41.24	7.96	1 652.4

表 3 不结球白菜植株硝酸盐与各个生长指标的相关性

指标	相关系数							
	叶片长	叶柄长	叶片质量	叶柄质量	叶绿素含量	植株氮含量	地上单株质量	植株硝酸盐含量
叶片长	1.00							
叶柄长	-0.03	1.00						
叶片质量	0.79 **	0.06	1.00					
叶柄质量	0.62 **	0.20	0.87 **	1.00				
叶绿素含量	-0.50 **	0.36 *	-0.41 **	-0.27	1.00			
植株氮含量	-0.03	-0.24	-0.07	-0.20	-0.10	1.00		
地上单株质量	0.75 **	0.00	0.95 **	0.90 **	-0.42 **	-0.11	1.00	
硝酸盐含量	0.03	-0.03	0.11	0.15	-0.17	0.43 **	0.09	1.00

注：“\*” “\*\*” 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。