

383—388

5706(6)

第16卷第4期

生态学报

Vol. 16, No. 4

1996年8月

ACTA ECOLOGICA SINICA

Aug., 1996

重庆市蔬菜硝酸盐、亚硝酸盐 含量及其与环境的关系

黄建国 袁玲

(西南农业大学资源与环境学院, 重庆, 630716)

S630.1

A **摘要** 在重庆市的主要蔬菜中, 硝酸盐含量依次为根菜类>叶菜类>葱蒜类>瓜类>豆类>茄果类, 前3类的硝酸盐含量超标, 但各种蔬菜的亚硝酸盐含量一般较低, 未超过卫生标准。就同一种蔬菜的不同样品而言, 硝酸盐和亚硝酸盐含量的差异很大, 说明品种或环境条件可显著影响其含量。重庆市多雾少光, 冬春低温, 土壤含氮量和钠离子含量较高, 有效钾含量较低可能是导致蔬菜大量积累硝酸盐的环境因素, 蔬菜不同器官硝酸盐和亚硝酸盐含量各异, 根>茎>叶柄>叶片。

关键词: 蔬菜, 硝酸盐, 亚硝酸盐, 环境

CONTENTS OF NITRATE AND NITRITE IN VEGETABLES AND THEIR RELATIONS TO THE ENVIRONMENTAL FACTORS IN CHONGQING AREA

Huang Jian'guo Yuan Ling

(Resource and Environment College, Southwest Agricultural University, Chongqing, China, 630716)

Abstract The contents of nitrate in the vegetables growing in Chongqing area varied significantly with different categories of crop species, i. e., root vegetables>leaf vegetables>scallions>gourds>legumes>egg plants. And they were higher than the hygienical criterion stipulated by FAO in the first three categories of vegetables. The lower concentrations of nitrite in the vegetables, on the contrary, were observed than the hygienical criterion. The samples of an identical vegetable cultivar also varied greatly in nitrate and nitrite contents. It suggested that their contents were affected by both the cultivars and environments. There existed some environmental factors affecting nitrate accumulation in the vegetables in Chongqing area such as cloud caused by dense fog, low temperature in spring and winter, low available potassium and high nitrogen and sodium in the soils. Moreover, the concentrations of nitrate and nitrite in various vegetable tissues were found different, i. e. roots>stems>petioles>leaves.

• 本文是重庆市科委博士基金资助项目。

收稿日期: 1994 12 11, 修改稿收到日期: 1995 05 13。

Key words: vegetable, nitrate, nitrite.

硝酸盐和亚硝酸盐广泛存在于人类环境中,是自然界最普遍的含氮化合物。现代医学证明,在人畜体内,硝酸盐可被细菌还原成亚硝酸盐。如果亚硝酸盐在人畜体内积累过多,一方面能直接使人畜缺氧中毒,产生高铁血红蛋白症;另一方面,在酸性条件下,亚硝酸盐可与次级胺结合形成亚硝胺^[1]。在已发现的120多种亚硝胺化合物中,75%左右的亚硝胺能诱导消化系统发生癌变。

蔬菜是一种易于积累硝酸盐的植物性食物,人体摄入硝酸盐的70%~80%来自于蔬菜^[2,3]。为了改进蔬菜的卫生质量、保护人类健康,国外学者自60年代以来,比较系统地研究了蔬菜硝酸盐的积累分布规律。我国这方面的研究工作始于80年代。目前,已基本弄清了硝酸盐积累与蔬菜种类、品种、部位和年龄的关系^[4,5]。此外,人们还发现环境条件不同,蔬菜硝酸盐含量的差异很大^[6~9]。

重庆是西南的第一工业城市,也是消化系统癌症的多发区。但是,关于蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐的状况及其与环境的关系尚无资料。本文以重庆市的主要蔬菜为试验材料,比较系统地进行了有关研究。

1 材料及方法

1.1 供试材料 试验于1991~1993年在重庆市郊区,根据污染程度、肥料用量和土壤类型选点,在蔬菜成熟期田间采集样品。其中,根菜类2种,叶菜类7种,葱蒜类3种,茄果类3种,瓜果类3种,豆类2种,共计20种蔬菜。每种蔬菜采集15~20个样品,每一样品由15~20株混合组成。在采集蔬菜样品时,同步采集耕作层(0~30 cm)的土壤样品。

1.2 测定项目与方法

蔬菜样品选0.15%洗洁剂洗涤尘物,再用无离子水洗净。然后擦干、剪碎、匀浆、浸提(80~85℃,1 h,样品:无离子水=1:5)、过滤。滤液中的硝酸盐和亚硝酸盐分别用酚二磺酸比色法和 α -萘胺比色法测定^[10]。

土壤样品经风干后,拣去杂物及细根、研磨过筛、用常规方法测定土壤速效氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$ + $\text{NO}_3^+\text{-N}$)、有效磷、有效钾、有机质、交换性钠和土壤pH。

2 结果与讨论

2.1 不同蔬菜可食部位的硝酸盐和亚硝酸盐含量

2.1.1 硝酸盐 重庆市不同蔬菜可食部位的硝酸盐含量($\text{mg}\cdot\text{NO}_3^+/\text{kg}\cdot\text{鲜重}$,下同)差异很大(表1)。其中,根菜类($\bar{X}=2497.5$)>叶菜类($\bar{X}=1532.9$)>葱蒜类($\bar{X}=1230.3$)>瓜类($\bar{X}=296.0$) $\geq$ 豆类($\bar{X}=279.0$)>茄果类($\bar{X}=137.0$)。说明根菜类和叶菜类属于硝酸盐富集型蔬菜,而瓜果类、豆类和茄果类等则属于硝酸盐含量较低的蔬菜。

不同蔬菜可食部位硝酸盐含量的变异系数差异显著,并有硝酸盐的含量愈高,变异系数愈大的趋势。其中,叶菜类($C.V.=75.21\%$) $\geq$ 根菜类($C.V.=71.24\%$)>葱蒜类($C.V.=55.67\%$)>瓜类($C.V.=15.90\%$)>茄果类($C.V.=8.41\%$) $\geq$ 豆类($C.V.=6.43\%$)。看来瓜果类、茄果类和豆类的硝酸盐含量比较稳定,不易受到品种和环境条件的影响;相反,叶菜类、根菜类和葱蒜类的硝酸盐含量变化很大,除了品种的差异之外,环境条件可能影响它们的硝酸盐含量。

2.1.2 亚硝酸盐 在所有的供试蔬菜样品中,亚硝酸盐的含量较低,仅有2例(莴笋和菲

菜)大于 $1 \text{ mg} \cdot \text{NO}_3^-/\text{kg} \cdot \text{鲜重}$ 。就平均值而言, 莴笋最高, 番茄最低(见表 1)。

表 1 重庆市主要蔬菜的硝酸盐($\text{mg} \cdot \text{NO}_3^-/\text{kg} \cdot \text{鲜重}$)和亚硝酸盐($\text{mg} \cdot \text{NO}_2^-/\text{kg} \cdot \text{鲜重}$)含量

Table 1 NO_3^- and NO_2^- contents in vegetables grown in Chongqing area

类别 Species	名称 Names	样品数 No. of Samples	均值 $\bar{X}$ Mean		范围 Ranges		变异系数(C.V.)	
			NO_3^-	NO_2^-	NO_3^-	NO_2^-	NO_3^-	NO_2^-
根菜类 vegetables	白萝卜 Radish	15	2674	0.24	1021~4231	0.02~0.51	75.32	86.55
	红萝卜 Cassot	15	2321	0.12	967~3200	0.04~0.26	67.15	52.32
叶菜类 Leaf vegetables	大白菜 Peking cabbage	17	1308	0.02	823~3780	0~0.8	86.41	74.68
	小白菜 Chinese cabbage	17	1824	0.07	1100~2647	0.01~0.11	79.62	80.12
	甘蓝 Cabbage	15	1621	0.45	623~2147	0.23~0.89	51.34	35.62
	花椰菜 Cauliflower	15	1524	0.26	980~3246	0.17~0.72	90.15	25.55
	莴笋 Asparagus lettuce	20	1586	0.73	801~3864	0.2~1.10	63.72	48.39
	菠菜 Spinach	20	1846	0.09	1604~4600	0.02~0.23	94.95	57.63
	芹菜 Celery	15	1021	0.36	501~2953	0.16~0.74	60.26	32.14
葱蒜类 Bulb crops	青蒜 Garlic	15	1564	0.17	527~3841	0.10~0.45	66.26	26.52
	韭 菜 Chinese leek	18	1231	0.62	302~2674	0.42~1.14	43.19	27.88
	大葱 Stone leek	15	896	0.52	201~1607	0.23~0.86	57.55	29.41
茄果类 Solanagecus	番 茄 Tomato	17	87	0.01	45~164	0~0.09	10.21	9.67
fruits	茄子 Eggplant	17	146	0.08	82~213	0~0.22	6.37	8.36
	青椒 Pepper	17	178	0.02	88~246	0~0.10	8.64	11.24
瓜 类 Cucurbits crops	黄瓜 Cucumber	17	63	0.15	21~104	0.02~0.33	10.14	14.18
	冬瓜 Waxgourd	16	182	0.10	50~760	0.01~0.24	15.73	14.33
	丝瓜 Towel gourd	16	643	0.04	364~1341	0.01~0.07	21.64	10.67
豆类 Beans and peas	豇豆 Cowpea	15	216	0.06	102~674	0~0.12	5.46	12.34
	四季豆 Bean	15	342	0.03	86~562	0~0.06	7.39	7.39

同一蔬菜不同样品的亚硝酸盐含量差异显著, 相差一般在几倍以上。根菜类、叶菜类和葱蒜类的亚硝酸盐含量变异较大, 样品间的变异系数最低为 25.55%(花椰菜), 最高达到 86.55%(白萝卜); 而茄果类、瓜果类和豆类的硝酸盐含量则比较稳定, 样品之间的变异系数小于 15%。说明前 3 种蔬菜亚硝酸盐含量容易受到品种或环境条件的影响; 而后 3 种则否。有人认为, 新鲜蔬菜亚硝酸盐含量不高的原因是在植物组织中, 亚硝酸还原酶的活力或含量高于硝酸还原酶的缘故^[2]。

2.2 硝酸盐和亚硝酸盐在蔬菜体内的分布

为了研究硝酸盐和亚硝酸盐在蔬菜体内的分布状况, 试验测定了白菜、莴笋、甘蓝和菠菜不同组织的硝酸盐和亚硝酸盐含量。结果表明, 硝酸盐和亚硝酸盐的含量: 根系>茎>叶柄>叶片(表 2)。据报道, 叶片是硝酸盐和亚硝酸盐还原的主要场所, 在光合作用过程中, 形成 FADH 和 NADPH, 它们是硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的电子传递体, 能促进硝酸盐和亚硝酸盐还原。在非绿色和光合作用较弱的组织中, 如根、茎、叶柄, 主要依靠呼吸

作用产生的还原力进行硝酸盐和亚硝酸盐还原^[1]。此外,不同组织硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的活力不同。Olday 报道,在菠菜叶片中,上述两种酶的活力高于叶柄。所以,硝酸盐和亚硝酸盐的含量非绿色组织高于绿色组织^[4]。

表 2 硝酸盐和亚硝酸盐在蔬菜不同部位的含量($\text{mg} \cdot \text{NO}_3^-$ 或 $\text{NO}_2^-/\text{kg} \cdot \text{鲜重}$)^{*}

Table 2 NO_3^- and NO_2^- contents in vegetables tissues of vegetables

名 称 Names	样品数 No. of samples	部 位 Tissues	NO_3^-		NO_2^-	
			均值 $\bar{x}$	范围 Ranges	均值 $\bar{x}$	范围 Ranges
白萝卜 Peking cabbage	5	茎 Stems	3462	1530~5724	0.24	0.16~0.35
		外叶 Exterior leaf	2170	1623~3560	0.11	0.08~0.29
		内叶 Interior leaf	1784	980~3461	0.08	0.01~0.2
甘蓝 Cabbage	5	茎 Stems	4126	1120~6542	0.18	0.10~0.32
		外叶 Exterior leaf	2400	650~3820	0.10	0.40~0.29
		内叶 Interior leaf	2965	830~2900	0.16	0.08~0.41
莴 笋 Asparagns lettuce	5	茎 Stems	3648	1150~5763	0.37	0.26~0.57
		叶 Leaf	2037	950~4120	0.26	0.19~0.38
菠 菜 Spinach	5	叶柄 Leafstalks	3250	2400~6400	0.18	0.08~0.29
		叶片 Leaf	1763	1020~3465	0.12	0.07~0.20
		根 Roots	4860	675~8900	0.36	0.15~0.45

* 每一样品的不同部位取自同一植株, The different tissues of each sample is from the same plant.

2.3 重庆市蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐的卫生评价

为了消除蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐对人体产生的危害作用,国内外许多学者提倡尽量减少亚硝酸胺的前体物——硝酸盐和亚硝酸盐的摄入量。

目前,我国尚无蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量的卫生标准,故本文用国际标准进行衡量。世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)于1973年规定,人体摄入硝酸盐的日允许值(ADI)为 $3.60 \text{ mg} \cdot \text{NO}_3^-/\text{kg}$ 体重。据此可以计算出我国人均摄入硝酸盐日允许量为 $3.60 \text{ mg} \cdot \text{NO}_3^-/\text{kg} \times 60 \text{ kg}/\text{人} = 216 \text{ mg} \cdot \text{NO}_3^-/\text{人}$ 。假设人均蔬菜的食入量为 $0.5 \text{ kg}/\text{人} \cdot \text{d}$,根据本项研究,重庆市的豆类、瓜类和茄果类食用安全;根菜类、叶菜类、葱蒜类的硝酸盐含量则超过了此标准。不过,国内外食用蔬菜的方式差异很大。国外喜生食,国内一般熟食。有人认为,蔬菜煮熟之后硝酸盐含量在一定程度上有所降低,故我国应该把蔬菜硝酸盐含量的卫生标准适当放宽^[5]。但无论如何由于硝酸盐在胃肠内能转化成亚硝酸盐,进而有助于亚硝酸胺的形成,因此重庆市蔬菜硝酸盐含量较多的问题必须加予重视。

关于蔬菜亚硝酸盐的含量,WHO和FAO规定,人体摄入亚硝酸盐的ADI为 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{NO}_2^-/\text{kg}$ 体重。故我国人均摄入亚硝酸盐的ADI应为 $7.8 \text{ mg} \cdot \text{NO}_2^-/\text{人} \cdot \text{d}$ 。所以,就亚硝酸盐的含量而言,重庆市的蔬菜是很安全的。

2.4 环境对蔬菜硝酸盐含量的影响

重庆市蔬菜硝酸盐含量较高,样品之间的变异系数很大,其中既有品种的原因,也与环境条件密切相关。研究蔬菜硝酸盐含量与环境的关系,可为控制硝酸盐的积累提供许多有益的信息。

2.4.1 气候与蔬菜硝酸盐含量的关系

为了研究重庆市气候条件对蔬菜硝酸盐含量的影响,试验选用莴笋、小白菜和甘蓝为

材料,分期种植在同一块地,使成熟期分别在冬、春两季(莴笋)和春、夏、秋、冬四季(小白菜和甘蓝)。在栽培过程中,施肥量一致,管理同当地大田生产,收获时测定叶片的硝酸盐含量。结果表明,蔬菜的硝酸盐含量冬季>春季>秋季>夏季,高低之间可相差5倍左右(见图1)。

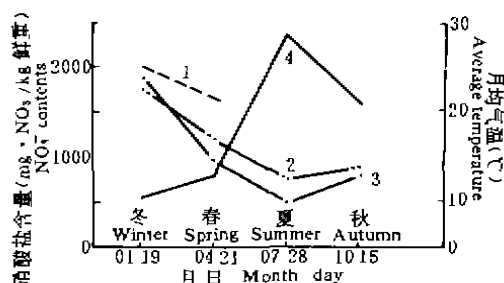


图1 不同季节蔬菜的硝酸盐含量

(1 莴笋; 2 小白菜; 3 甘蓝; 4 月平均气温)

Fig. 1 NO₃⁻ contents of vegetables in various seasons (1 Asparagus lettuce, 2 Chinese cabbage, 3 cabbage, 4 average temperature in a month)

析表明,6种土壤因子与蔬菜硝酸盐含量的相关系数依次为:速效氮(0.912^{**})>有效钾(-0.864^{**})>交换性钠(-0.783^{*})>有效磷(-0.426)>pH(-0.410)>有机质(0.387);直接通径系数依次为:速效氮(0.862)>交换性钠(0.743)>有效钾(-0.712)>有机质(0.426)>有效磷(-0.384)>pH(-0.362)。相关系数反应了上述土壤因子与蔬菜硝酸盐含量的相关程度,直接通径系数则反应了它们影响硝酸盐含量的相对重要性。看来重庆地区土壤速效氮、交换性钠和有效钾是影响蔬菜硝酸盐含量的主要因子。

供试土壤的速效氮、交换性钠和有效钾见表3。土壤速效氮与蔬菜硝酸盐含量呈极显著正相关,24个土样的速效氮为20.1~46.3 μg/g,平均35.7 μg/g,属于含量很高的土壤。在重庆市郊区,施用化学氮肥是蔬菜高产的重要手段之一,由于长期过量施用,一方面导致化肥浪费,造成环境污染;另一方面使蔬菜硝酸盐含量大幅度提高。为了保证蔬菜的卫生质量,适当控制菜地的氮肥施用量是必要的。

土壤中的交换性钠与蔬菜硝酸盐含量呈显著正相关,且直接通径系数居6种土壤因子的第2位。紫色土的交换性钠一般为20 μg/g左右,重庆市菜地土壤(紫色土)高出一般紫色土1倍多。在重庆市郊区人粪尿多就近施用,日积月累,积微成显,故市郊区菜地土壤中的钠可能主要来自于人粪尿。因此,减少施用人粪尿对于降低蔬菜硝酸盐含量很有必要。

重庆市四季温差很大,夏季炎热高温、冬春季节气温很低,春、夏、秋、冬四季的月均温度为12.7℃、28.5℃、21.2℃、10.6℃。气温与蔬菜硝酸盐含量之间呈相反关系,即气温高,硝酸盐含量低;气温低,硝酸盐含量高。此外,重庆市多雾少光,光照强度极差。据报道,光能调节硝酸还原酶的活性。在强光条件下,硝酸还原酶的活性较高;相反,其活性较低。故在弱光条件下,硝酸盐含量比强光条件下高^[11]。因此,重庆市多雾少光、冬春低温可能引起蔬菜积累硝酸盐。

2.4.2 土壤因素对蔬菜硝酸盐含量的影响

土壤是作物生长的重要环境。土壤的理化性质可能影响蔬菜硝酸盐的含量。统计分

表3 供试菜地土壤的速效氮、交换性钠和有效钾含量(μg/g)

Table 3 Availablen, exchangeable Na and available k in experimental soils

项 目 Items	样品数 No. of samples	平均值 $\bar{x}$	范 围 Ranges
速效氮 Available N	24	35.7	20.1~46.3
交换性钠 Exchangeable Na	27	42.6	20.1~46.3
有效钾 Available K	29	67.3	25.5~112.4

土壤有效钾与蔬菜硝酸盐含量呈显著负相关。蔬菜缺钾促进硝酸盐积累,增加钾肥用量可降低叶片硝酸盐含量^[1,2]。测定表明,重庆市菜地土样的有效钾为 25.5~112.4 $\mu\text{g/g}$,平均仅 67.3 $\mu\text{g/g}$,属于供钾能力低的土壤。在重庆市郊区土壤连年种植蔬菜,土壤养分消耗很大,历来主要偏施氮肥,致使土壤中的钾素营养长期得不到补充。这可能造成菜地土壤含钾量降低,蔬菜硝酸盐含量提高。

总之,重庆市的蔬菜,尤其是根菜类和叶菜类的硝酸盐含量很高,气候和土壤条件是忽略的,降低蔬菜硝酸盐含量至关重要。本项研究表明,目前方便有效的措施是控制氮肥用量。减少施用人粪尿,提倡施用钾肥,增加收前光照等。

参 考 文 献

- 1 浙江农业大学主编. 植物营养与肥料. 北京: 农业出版社, 1991, 44, 66~67
- 2 陈振德. 不同收获期对蔬菜硝酸盐含量的影响. 中国蔬菜, 1989(2): 8~10
- 3 刘 德. 蔬菜施肥与硝酸盐的含量. 长江蔬菜, 1992(6): 45
- 4 沈明珠. 蔬菜中的硝酸盐. 农业环境科学, 1982(2): 23~27
- 5 沈明珠. 蔬菜中的硝酸盐积累的研究 1 不同蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量评价. 园艺学报, 1982, 9(2): 42~47
- 6 成应兰. $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 及温度对结球生菜硝酸盐含量的影响. 中国蔬菜, 1993(5): 6
- 7 王兴民. 科学施肥减轻氮素对蔬菜的污染. 蔬菜, 1993(3): 8
- 8 Olday F C. A Physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in two spinach cultivars. *J. of Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1976, 110(8): 217~219
- 9 Raboun C L. Regulation of light on nitrate reductase in plants. *J. of Plant Nutrition*, 1970, 11(4): 72~78
- 10 Cataldo A D. Rapid determination of NO_3^- and NO_2^- in plant tissues. *J. of Plant Nutrition*, 1976, 17(1): 51~56
- 11 何天秀等. 蔬菜中硝酸盐含量及其与钾含量的关系. 农业环境保护, 1992, 11(5): 209~211