

叶类蔬菜硝酸盐与矿质元素含量及其相关性研究*

李宝珍 王正银 李会合 张浩

(西南农业大学资源与环境学院 重庆 400716)

摘要 对重庆市23种叶类蔬菜 NO_3^- 和部分矿质元素含量及其相关性研究结果表明,不同蔬菜、同一蔬菜不同品种 NO_3^- 和矿质元素含量差异很大,除莴笋、西生菜和瓢儿白(卷心)鲜菜食用安全外,其他均有不同程度污染,且以芹菜食用安全性最差。不同叶类菜矿质元素间多数相关性很好,尤以N、P、K(除个别元素外)与其他矿质元素呈显著或极显著正相关;叶类菜鲜样中 NO_3^- 含量与K、Na、Ca和Fe呈显著或极显著正相关,叶类菜干样中 NO_3^- 与P、S、Mn、Zn、B和Mo呈负相关,且与B、P达显著负相关。

关键词 叶类蔬菜 NO_3^- 矿质元素 相关性 食用安全性

Contents of nitrate and mineral elements and their relationships in leafy-vegetables. LI Bao-Zhen, WANG Zheng-Yin, LI Hui-He, ZHANG Hao(College of Resource and Environmental Sciences, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716), *CJEA*, 2004, 12(4):113~116

Abstract The contents of nitrate, mineral nutrient elements and their relationships are studied in twenty-three leafy-vegetables in Chongqing. The results show that the content variations of nitrate and mineral elements are very great in the different vegetables and the different varieties; other vegetables especially celery are polluted by nitrate except asparagus lettuce, west-romaine lettuce, pack-choi. The significant or very significant positive correlation in N, P and K and other mineral nutrient elements. In fresh leafy-vegetables, the correlation is significantly or very significantly positive in NO_3^- and K, Na, Ca and Fe, and is negative in NO_3^- and P, S, Mn, Zn, B and Mo in the dry vegetables, moreover there is a significantly negative relationship between NO_3^- and B and P.

Key words Leafy-vegetables, Nitrate, Mineral nutrient element, Relationship, Food safety

叶类蔬菜通常 NO_3^- 含量很高,对人体健康构成潜在威胁。研究表明蔬菜 NO_3^- 的积累和还原与部分矿质元素(N、K、P等)关系密切。本试验研究了叶类蔬菜矿质元素和 NO_3^- 含量及其相关性,为合理施肥、减少蔬菜 NO_3^- 积累和评价该类蔬菜的营养价值提供理论依据。

1 试验材料与方法

供试新鲜蔬菜为重庆市市场常见的23种叶类蔬菜。将新鲜蔬菜样品剔除不可食用部分后洗净,切成约2cm长碎片充分混匀,部分作鲜样,部分作干样于80℃杀酶15min、60℃烘干后磨细过0.5mm尼龙筛,进行化学分析。蔬菜经 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮后,以凯氏定N蒸馏法测定全N含量,用钒钼黄比色法测定全P含量,以火焰光度法测定K和Na含量,用原子吸收分光光度法测定Ca、Mg、Mn、Fe和Zn含量,以磷酸盐浸提-硫酸钡比浊法测定S含量,用干灰化后催化极谱法测定Mo含量,以姜黄素比色法测定B含量,用纯水提取酚二磺酸法测定 NO_3^- 含量^[1]。

2 结果与分析

2.1 叶类蔬菜 NO_3^- 含量比较

表1表明23种不同鲜叶菜 NO_3^- 含量最低为0.281g/kg,最高达3.246g/kg,平均值为1.267g/kg,变异系数为66.1%;同类叶菜不同品种 NO_3^- 含量差异很大,如青柄和白柄小白菜 NO_3^- 含量分别为2.139g/kg和0.617g/kg,相差1.522g/kg。供试蔬菜中以浅色、圆叶叶菜 NO_3^- 含量相对较低。据Djurovka M.等^[5]研究表明圆叶品种由于硝酸还原酶活性比皱叶品种高2~3倍,因而其体内 NO_3^- 含量较低。不同叶菜品种 NO_3^- 含量的差异主要与植株生物量及生长速率各异以及不同土壤肥力、施肥种类和数量、采收期等有关^[2]。

*重庆市科委项目(2000-6028)部分研究内容

收稿日期:2003-06-13 改回日期:2003-07-24

表 1 叶类蔬菜 NO₃⁻ 含量比较

Tab. 1 Content of nitrate in some leafy-vegetables

叶菜样品 Samples	NO ₃ ⁻ /g·kg ⁻¹ Nitrate		叶菜样品 Samples	NO ₃ ⁻ /g·kg ⁻¹ Nitrate	
	鲜物质质量 Fresh mass	干物质质量 Dry mass		鲜物质质量 Fresh mass	干物质质量 Dry mass
莴笋(圆 叶)	0.281	4.283	瓢 儿 白	0.544	8.633
莴笋(尖 叶)	0.375	9.225	瓢 儿 白(卷心)	0.405	7.033
生菜(小 叶)	1.032	13.420	甘 蓝	1.004	15.112
生菜(大 叶)	1.088	19.587	甘 蓝(青 叶)	0.617	10.562
西生菜(圆 叶)	0.433	10.932	香 菜(浅色,大)	0.839	10.085
菠菜(圆叶,浅色)	0.977	18.621	香 菜(深色,小)	2.443	24.574
菠菜(尖叶,深色)	1.586	19.219	牛 皮 菜	2.471	26.520
芹 菜	3.246	35.252	冬 寒 菜	1.161	8.170
芹 菜(茎小,叶多)	2.139	13.442	韭 菜	0.590	8.716
西 芹 (大)	2.222	26.769	芫 荽	2.000	15.939
大 白 菜	0.922	15.944	\bar{x}	1.267	15.898
小白菜(青 柄)	2.139	29.571	标 准 差	0.837	8.049
小白菜(白 柄)	0.617	14.037	变 异 系 数 / %	66.1	50.6

本研究按照沈明珠等^[3]提出的蔬菜 NO₃⁻ 污染分级标准评价,除供试莴笋、西生菜和瓢儿白(卷心)鲜菜食用安全外,其他大部分叶菜均有不同程度污染,其中芹菜、西芹、小白菜(青柄)、香菜(深色、小)和牛皮菜、芫荽 NO₃⁻ 含量均≥2.000g/kg,特别是芹菜 NO₃⁻ 含量达 3.246g/kg,食用极不安全。叶菜干样 NO₃⁻ 含量大大高于鲜样,但其变化趋势与鲜样类似(见表 1),23 种叶菜干样 NO₃⁻ 含量为 4.283~35.252g/kg,平均值为 15.898g/kg,变异系数小于鲜样。

2.2 叶类蔬菜矿质元素含量比较

叶类蔬菜中含有人体必需的多种矿质元素。由表 2 可知不同叶类鲜菜矿质元素含量存在明显差异且变幅很大,变异系数最小为 B(36.15%),最大为 Mg(173.68%),多数为 40%~65%间。23 种叶菜中菠菜(尖叶,深色)、香菜(深色,小)、冬寒菜、西芹(大)和芫荽等矿质元素含量较丰富,尤以菠菜、香菜、冬寒菜和芫荽中

表 2 叶类鲜蔬菜矿质元素含量比较

Tab. 2 The contents of mineral nutrient elements in fresh leafy-vegetables

叶菜样品 Samples	N/g·kg ⁻¹	P/g·kg ⁻¹	K/g·kg ⁻¹	Na/g·kg ⁻¹	Ca/g·kg ⁻¹	Mg/g·kg ⁻¹	S/g·kg ⁻¹	Mn/mg·kg ⁻¹	Fe/mg·kg ⁻¹	Zn/mg·kg ⁻¹	B/mg·kg ⁻¹	Mo/mg·kg ⁻¹
莴笋(圆 叶)	2.56	0.34	1.50	0.17	0.72	0.10	0.18	3.50	16.80	3.20	1.50	0.003
莴笋(尖 叶)	1.33	0.15	1.53	0.14	0.26	0.06	0.07	3.00	10.10	2.20	0.80	0.004
生菜(小 叶)	3.41	0.43	2.89	0.40	0.52	0.12	0.11	2.70	52.70	3.70	0.80	0.012
生菜(大 叶)	2.68	0.31	2.80	0.24	0.60	0.16	0.10	2.40	37.90	2.30	0.70	0.017
西生菜(圆 叶)	1.10	0.17	1.37	0.20	0.12	0.03	0.03	0.90	13.30	1.00	0.80	0.000
菠菜(圆叶,浅色)	3.09	0.36	2.22	0.59	0.45	0.03	0.19	3.00	48.20	3.20	0.90	0.006
菠菜(尖叶,深色)	5.00	0.44	3.41	0.44	1.28	0.48	0.33	3.20	68.20	3.50	1.30	0.015
芹 菜	3.90	0.29	4.40	1.66	1.23	0.10	0.18	2.90	60.30	2.90	1.30	0.001
芹 菜(茎小,叶多)	3.20	0.41	4.10	1.28	0.81	0.12	0.21	0.20	17.20	4.70	1.60	0.001
西 芹 (大)	4.92	0.51	6.68	1.98	1.26	0.17	0.15	3.60	33.10	3.00	1.90	0.027
大 白 菜	2.46	0.37	2.00	0.09	0.45	0.04	0.24	0.80	14.90	2.60	1.00	0.005
小白菜(青 柄)	4.80	0.29	2.90	0.76	1.36	0.14	0.31	2.50	44.20	2.30	1.10	0.012
小白菜(白 柄)	1.90	0.33	2.61	0.20	0.49	0.06	0.30	2.20	24.30	5.10	1.00	0.029
瓢 儿 白	2.44	0.38	2.30	0.38	0.40	0.06	0.30	3.00	25.10	3.00	1.20	0.013
瓢儿白(卷 心)	3.21	0.40	2.33	0.20	0.29	0.09	0.25	1.90	37.80	4.30	2.30	0.018
甘 蓝	2.47	0.20	1.67	0.26	0.35	0.05	0.28	1.50	22.40	2.00	1.10	0.020
甘 蓝(青 叶)	2.30	0.40	1.30	0.23	0.36	0.07	0.26	1.80	10.40	2.50	1.40	0.005
香 菜(浅色,大)	5.79	0.43	3.08	0.64	1.75	0.19	0.38	2.00	54.50	3.40	1.20	0.016
香 菜(深色,小)	4.00	0.34	2.72	0.41	0.75	0.10	0.31	1.50	49.00	3.80	1.20	0.000
牛 皮 菜	2.32	0.26	3.80	1.81	0.41	0.34	0.13	2.10	20.10	3.20	1.20	0.007
冬 寒 菜	9.26	1.02	6.81	0.40	1.28	0.23	0.40	8.10	52.10	9.30	2.50	0.061
韭 菜	3.50	0.40	3.09	0.11	0.50	0.07	0.22	6.20	24.30	3.70	1.10	0.003
芫 荽	7.09	0.44	5.09	0.48	1.62	1.62	0.36	4.60	72.50	3.70	2.00	0.031
\bar{x}	3.60	0.38	3.07	0.57	0.75	0.19	0.23	2.76	35.19	3.42	1.30	0.013
标 准 差	1.90	0.17	1.52	0.56	0.48	0.33	0.10	1.73	19.15	1.57	0.47	0.014
变 异 系 数 / %	52.78	44.74	49.51	98.25	64.00	173.68	43.48	62.68	54.42	45.91	36.15	107.69

Fe、Zn等微量元素含量最高。表3表明叶菜干样中矿质营养元素含量明显大于鲜样,其变异系数均小于鲜样(多数<50%),且以K素变异系数最小,为22.47%,以Mg变异系数最大,达121.86%。

表3 叶类干蔬菜矿质元素含量比较

Tab.3 The contents of mineral nutrient elements in dry leafy-vegetables

叶菜样品 Samples	N/g·kg ⁻¹	P/g·kg ⁻¹	K/g·kg ⁻¹	Na/g·kg ⁻¹	Ca/g·kg ⁻¹	Mg/g·kg ⁻¹	S/g·kg ⁻¹	Mn/mg·kg ⁻¹	Fe/mg·kg ⁻¹	Zn/mg·kg ⁻¹	B/mg·kg ⁻¹	Mo/mg·kg ⁻¹
莴笋(圆叶)	39.23	5.10	22.95	2.55	10.97	1.51	0.276	53.50	255.60	49.10	23.00	0.048
莴笋(尖叶)	30.84	3.61	35.60	3.52	6.34	1.37	0.167	73.80	246.60	53.70	18.70	0.089
生菜(小叶)	46.22	5.88	39.51	5.49	7.19	1.69	0.156	37.10	722.40	50.50	10.70	0.160
生菜(大叶)	47.90	5.49	49.70	4.28	10.75	2.88	0.186	42.80	674.00	41.20	13.30	0.300
西生菜(圆叶)	26.90	4.32	36.12	4.95	2.95	0.86	0.069	23.60	322.80	26.10	19.30	0.012
菠菜(圆叶,浅色)	59.08	6.96	42.80	11.35	8.72	0.65	0.362	58.20	926.00	61.30	17.30	0.110
菠菜(尖叶,深色)	60.50	5.34	41.10	5.33	15.63	5.85	0.405	39.50	831.50	42.90	16.00	0.180
芹菜	42.39	3.11	48.02	18.05	13.44	1.10	0.197	31.90	657.50	31.30	14.70	0.013
芹菜(茎小,叶多)	38.80	4.86	48.83	15.40	9.73	1.42	0.252	2.20	206.80	56.90	19.30	0.012
西芹(大)	30.84	3.21	42.31	12.45	7.93	1.07	0.093	22.40	208.40	18.70	12.00	0.170
大白菜	43.80	6.36	34.08	1.61	7.72	0.77	0.415	14.00	255.70	44.70	16.70	0.081
小白菜(青柄)	66.27	4.07	41.00	10.60	18.97	1.89	0.430	34.60	614.30	32.00	15.40	0.160
小白菜(白柄)	44.01	7.57	59.40	4.63	11.10	1.28	0.688	49.90	552.60	115.50	22.70	0.650
瓢儿白	38.40	6.02	37.09	5.98	6.34	1.01	0.474	47.00	399.30	47.80	19.30	0.200
瓢儿白(卷心)	54.89	6.89	40.01	3.40	4.98	1.62	0.425	33.20	650.30	74.50	39.30	0.310
甘蓝	38.70	3.03	25.10	3.97	5.36	0.83	0.430	22.10	340.60	30.00	17.30	0.300
甘蓝(青叶)	39.56	6.86	22.62	4.00	6.16	1.17	0.443	31.20	178.50	42.40	23.30	0.093
香菜(浅色,大)	58.71	4.32	31.21	6.50	17.70	1.95	0.381	20.60	550.90	34.30	12.00	0.160
香菜(深色,小)	47.40	4.09	32.80	4.91	9.02	1.14	0.373	18.10	588.50	45.30	14.70	0.003
牛皮菜	24.49	2.77	41.27	19.50	4.39	3.72	0.139	22.80	217.40	34.90	12.70	0.079
冬寒菜	64.92	7.17	47.40	2.77	8.98	1.58	0.279	56.60	364.60	65.10	17.30	0.430
韭菜	51.20	5.83	44.88	1.67	7.29	1.02	0.329	90.50	357.10	54.60	16.70	0.043
茼蒿	56.80	3.53	40.90	3.85	12.96	12.96	0.288	36.90	579.80	29.30	16.00	0.250
\bar{x}	45.73	5.06	39.33	6.82	9.33	2.15	0.32	37.50	465.70	47.05	17.73	0.17
标准差	11.87	1.50	8.84	5.16	4.17	2.62	0.15	20.26	220.18	20.58	5.86	0.16
变异系数/%	25.96	29.64	22.47	75.66	44.69	121.86	46.88	54.03	47.28	43.74	33.05	94.12

2.3 叶类蔬菜矿质元素间相关系数

叶菜鲜样中N、P、K含量(除个别元素外)与其他矿质元素含量呈显著或极显著正相关(见表4),特别是N与所测叶菜必需营养元素均达显著相关,表明蔬菜作物中N、P、K对其他营养元素的吸收具有促进作用。Ca、S与微量元素Fe、B、Mo间以及Mg与Fe间均达显著或极显著水平。微量元素间除Fe外,Mn、Zn、B、Mo

表4 叶类蔬菜矿质元素间相关系数*

Tab.4 Correlation coefficients between mineral elements in leafy-vegetables

元素 Elements	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	B	Mo
N	1	0.3907	0.1986	-0.2579	0.6507***	0.2678	0.4279**	0.2160	0.6566***	0.2016	0.0375	0.3143
P	0.8106***	1	0.2100	-0.4672**	-0.1097	-0.2502	0.5293**	0.3293	0.2160	0.7320***	0.4679**	0.4314**
K	0.7775***	0.6924***	1	0.3197	0.1884	0.1005	0.0085	0.1795	0.3342	0.4635**	-0.0927	0.4381**
Na	0.1751	0.0373	0.6171***	1	0.1238	-0.0492	-0.3418	-0.3834	0.0119	-0.2609	-0.3140	-0.3074
Ca	0.8273***	0.4572**	0.6689***	0.3743	1	0.3225	0.2620	0.0422	0.4597**	-0.0792	-0.3038	0.1023
Mg	0.5191**	0.1784	0.4180**	0.0831	0.5256***	1	-0.0633	-0.0253	0.2304	-0.2141	-0.1339	0.1395
S	0.6681***	0.5335***	0.2815	-0.1610	0.5694***	0.3368	1	0.0773	0.2163	0.5762***	0.3958	0.5088**
Mn	0.6521***	0.6810***	0.5509***	-0.0671	0.3562	0.2912	0.3014	1	0.1410	0.3712	0.1034	0.1817
Fe	0.7259***	0.3895	0.5056**	0.1604	0.7296***	0.5439***	0.4723**	0.3663	1	0.1754	-0.0573	0.2171
Zn	0.6605***	0.8662***	0.5930***	0.0051	0.3047	0.1133	0.5230**	0.6010***	0.3038	1	0.5110**	0.5972***
B	0.6736***	0.6972***	0.6431***	0.2188	0.4297**	0.3760	0.4885**	0.4547**	0.2910	0.6473***	1	0.2393
Mo	0.7158***	0.7646***	0.6382***	-0.0246	0.4147**	0.3508	0.5159**	0.6171***	0.3732	0.7100***	0.6098***	1

* $n=23$,上三角为干样相关系数,下三角为鲜样相关系数;**与***分别表示达 $r_{0.05}$ 和 $r_{0.01}$ 显著性水平,下同。

间均呈显著或极显著正相关,说明蔬菜对微量元素吸收有相互促进作用。故叶菜营养元素调控管理过程中如何保持适宜 N、P、K 量比以及与其他矿质营养元素平衡,对蔬菜高产优质生产非常重要。叶菜干样各矿质元素间相关性小于鲜样,这可能是因各种叶菜水分含量不同所致,表 4 表明叶菜干样中 N 与 Ca、S、Fe 间, P 与 S、Zn、B、Mo 间, K 与 Zn、Mo 间均呈极显著或显著正相关, Ca 与 Fe 间以及 S 与 Zn、Mo 间则达显著或极显著相关,微量元素 Zn 与 B、Mo 间呈极显著相关。

2.4 叶类蔬菜 NO₃⁻ 与矿质元素含量相关系数

叶菜鲜样中 NO₃⁻ 与矿质元素含量相关性分析结果(见表 5)表明,叶菜鲜样中 NO₃⁻ 含量与 K、Na、Ca 和 Fe 均呈显著或极显著正相关。蔬菜中 NO₃⁻ 与 K 的关系较复杂,何天秀等^[4]研究表明蔬菜中 K 与 NO₃⁻ 含量呈极显著负相关($r = -0.9455^{**}$);此外增施 K 肥既促进蔬菜对 NO₃⁻ 的吸收,又能还原 NO₃⁻ 进而合成氨基酸和蛋白质。本试验研究结果表明叶类蔬菜鲜样中 NO₃⁻ 与 K 含量呈极显著正相关,这与他人研究结果不一致,说明它们之间关系的复杂性。叶菜干样中 NO₃⁻ 与 Na 呈显著正相关,而与 P、S、Mn、Zn、B 和 Mo 均呈负相关,且仅与 B、P 达显著负相关,表明蔬菜吸收充足 P 可抑制 NO₃⁻ 的积累,这可能是 P 促进糖类转化和呼吸作用,同时 P 是 NO₃⁻ 还原过程中辅酶 II (NADPH) 的组分,有利于降低植物体内 NO₃⁻ 含量;而微量元素 B、Zn 对 NO₃⁻ 的降低作用与它们在蔬菜体内促进 N 代谢有关。

表 5 叶类蔬菜中 NO₃⁻ 与矿质元素含量相关系数

Tab. 5 Coefficient of correlation between nitrate and mineral elements in leafy-vegetables

项 目 Items	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	B	Mo
叶菜鲜物质量 NO ₃ ⁻	0.3591	0.0462	0.5903***	0.7872***	0.5193***	0.3023	0.0939	-0.0490	0.4600**	0.0535	0.1690	0.0323
叶菜干物质量 NO ₃ ⁻	0.0130	-0.5232**	0.2975	0.6971***	0.3362	0.0864	-0.1974	-0.3554	0.2709	-0.3973	-0.4983**	-0.1891

3 小 结

重庆市 23 种常见叶类蔬菜中除莴笋、西生菜和瓢儿白(卷心)食用安全外,其他蔬菜均有不同程度污染,且尤以芹菜食用极不安全。故叶菜栽培技术中应注意筛选低 NO₃⁻ 蔬菜品种,大力推广平衡施肥技术和增施 NO₃⁻ 调控剂等措施。有关降低叶菜 NO₃⁻ 含量综合技术的研究尚待进一步深入探讨。

参 考 文 献

- 1 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版). 北京:中国农业出版社,1999. 61~68, 257~282
- 2 李会合,王正银. 施肥对叶类蔬菜硝酸盐含量的影响. 磷肥与复肥,2001,16(3):65~67
- 3 沈明珠,翟宝杰,东惠如等. 蔬菜硝酸盐累积的研究. 园艺学报,1982,9(4):41~44
- 4 何天秀,何成辉,吴德意. 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
- 5 Djurovka M., Lazic B., Markovic V. General characters of spinach varieties suitable for industrial processing. Acta Horticulturae, 1988, 220: 159~164