



青海高原富硒区土壤硒含量对蔬菜营养品质的影响

张 煜

(西宁市种子站,青海 西宁 810016)

摘要:为综合利用富硒资源,提高青海省主要蔬菜产品附加值,通过分析青海富硒区土壤硒含量与5种主要蔬菜的总硒、部分矿质元素及可溶性糖和VC含量,研究土壤不同硒水平对蔬菜硒吸收及营养品质的影响。结果表明:青海富硒区土壤硒含量为 $100.00\sim 563.00\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中达到足硒及富硒水平土样分别为76.53%和18.88%;大蒜采样区土壤硒含量相对较高,甜菜采样区土壤硒含量相对较低。蔬菜硒含量范围为 $11.00\sim 340.94\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;大蒜中总硒含量最高,平均含量高达 $170.40\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,萝卜总硒平均含量最低为 $73.00\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。该区域蔬菜90.63%达到足硒水平,70.31%达到富硒水平。测试样品蔬菜的Ca、Mg平均含量均高于全国平均水平。土壤及蔬菜硒含量与营养品质间未呈明显的相关性。

关键词:青海富硒区;蔬菜;硒;营养品质

硒(Se)属元素周期表第六主族非金属元素,是人和动物必须的微量元素,具有多种生物学功能^[1]。1817年瑞典化学家Jakob Berzelius首次报道了发现自然形态的硒^[2]。1973年Rotruck又证实硒是生物体谷胱甘肽过氧化酶的组成成分^[3-5]。此外,硒还具有防癌、抗肿瘤、抗艾滋病和抗衰老等多种保健功能^[6]。硒元素在环境空间分布上具有十分显著的不均匀性,其丰缺水平与地理位置、海拔高度、成土母质等因素有关^[7]。目前在食物链结构中硒营养普遍不足^[8],据调查中国有72%的县(市)不同程度缺硒,其中1/3为严重缺硒区,全世界2/3的地区缺硒^[9-11]。人体缺硒可引起某些重要器官的功能失调,导致许多严重疾病的发生^[12]。由于人体内无法合成硒,人体所需硒必须通过饮食摄取。20世纪50年代前,人们研究的是硒的毒性,70年代后开始研究硒的营养作用,90年代以后研究硒与生命科学的关系。在基础研究不断取得成果的基础上,国内外相继进行了富硒农产品的开发,包括从添加无机硒到提取天然有机硒;硒的自然转化到人工转化以及人工合成有机硒产品等;国内研究也主要集中在不同蔬菜中硒累积量及硒生物富集能力、富硒蔬菜等方面^[13],但是关于土壤硒含量与蔬菜营养品质间关系的研究较少。

近年来,青海省国土资源厅在平安-乐都发现

840 km²富硒土壤资源^[14]。该地区土壤硒含量为 $0.23\sim 1.50\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均 $0.44\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,与国内其它富硒地区对比,属于足硒或中等富硒水平^[15]。目前,针对该区域开展的有关土壤硒含量与蔬菜营养品质间的研究尚属空白。因此,通过对青海富硒土壤资源区主要蔬菜及耕层土壤的采样分析,研究土壤不同硒水平对蔬菜硒吸收及营养品质的影响,为综合利用富硒资源,提升青海主要蔬菜产品附加值提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样种类及区域

以2010年青海省国土资源厅发布的青海东部地区多目标区域地球化学调查成果为依据,在青海富硒区(平安-乐都)不同硒含量区域内针对主要蔬菜种类进行随机采样;蔬菜种类及采样点见表1。

1.2 方法

1.2.1 采样方法 以富硒区的平安、乐都县为区域,以该区域内主要种植的蔬菜种类为对象,在每个种植区每个地块土壤按十字交叉法采集土壤,植物样在蔬菜成熟期采用随机采样法取蔬菜样15~30个;每份植物样按小、中、大采样,每份样重量在500~600 g;采样后装入样品袋中并按序号标记,黑暗冰凉储藏备用。

1.2.2 样品预处理 将采集的块根茎类蔬菜植物样全株去除须根及黄叶、叶菜剥除外表老黄叶,用流动水清洗干净再以蒸馏水冲洗,最后用超纯水冲洗干净,滤纸吸干表面水分。在洁净的硬质塑料砧板上用不锈钢刀具分别切碎肉质根或叶

收稿日期:2017-11-19

作者简介:张煜(1967-),男,山西省芮城县人,学士,高级农艺师,从事蔬菜育种和栽培研究。E-mail: 544560913@qq.com。

片,用四分法各取 1/4 样装入洁净的磨口瓶和托盘中,标记样品号。前者置 1~4 ℃ 冰箱冷藏,以备分析鲜样中可溶性总糖、VC 含量;后者置烘箱中先在 105 ℃ 杀青 1 h,然后在 65~70 ℃ 下烘干并以不锈钢磨粉碎并收集于洁净的磨口瓶,待分析植物硒、可溶性糖、VC 及部分营养元素含量。

表 1 蔬菜种类及采样区域

Table 1 Vegetable varieties and sampling sites					
采样地 Sampling site	胡萝卜 Carrot	马铃薯 Potato	萝卜 Radish	甜菜 Beet	大蒜 Garlic
平安 Ping'an	处处沟村	百草湾村	下红庄村	黎明村	百草湾村
	宜马村	韭菜沟村	处处沟村	处处沟村	宜马村
	洪水泉村	黎明村	宜马村	宜马村	上甸村
	红土庄村	上甸村	西上庄村	上甸村	处处沟村
	上甸村	处处沟村	洪水泉村	西上庄村	洪水泉村
	西上庄村	洪水泉村	红土庄村	洪水泉村	下红庄村
	下红庄村	宜马村	上甸村	下红庄村	西上庄台
	韭菜沟村	红土庄村			红土庄村
	黎明村				
乐都 Ledu	中心村	盛家村	徐家台村	晁家村	中心村
	杨家村	红庄村	魏家村	口子村	晁家村
	盛家村	中心村	盛家村	段家村	杨家村
	晁家村	徐家台村	杨家村	红庄村	红庄村
	红庄村	魏家村	中心村	河西村	口子村
	口子村	口子村	红庄村	魏家村	段家村
	周家村	段家村	晁家村	盛家村	徐家台
	徐家台村	杨家村	口子村	徐家台村	河西村
	河西村	河西村	周家村	窑庄村	
	窑庄村	窑庄村	段家村	周家村	
	魏家村		河西村		

1.2.3 样品消解 采用湿法消解。即称样 0.500 0 g,置入 300 mL 消解管中,同时做空白,加入混合酸(HNO₃:HClO₄=4:1)20 mL,摇匀后放置过夜,在 DK-20Velp 自动消解炉上消解,加热过程中及时补加混合酸,以免蒸干发生爆炸,至溶液呈清亮无色时消化完全,继续加热至剩余体积 2~3 mL,加入 6 mol·L⁻¹ 的 HCl 10 mL;再加热至溶液变为清亮并伴有白烟出现,取下冷却,转移至 25 mL 容量瓶中,用超纯水定容至刻度,混匀待测。

1.2.4 测定项目及方法 硒含量采用氢化物原子荧光光谱法测定^[16];矿质元素(P、K、Ca、Mg)

采用电感耦合等离子体质谱法测定。可溶性糖采用蒽酮比色法测定;VC 用 2,6-二氯酚靛酚法测定。

1.2.5 数据分析 采用 Excel 2003 进行数据处理和绘图。富硒样品评价以表 2 进行评价,样品富硒评价采用划分生态景观硒的界限值^[17];蔬菜营养品质决定于所含营养成分。根据文献^[18]所列部分蔬菜营养成分含量,衡量本项目涉及蔬菜的部分营养品质,见表 3。硒吸收率(%)=蔬菜中总硒/土壤总硒×100。

表 2 生态景观硒的界限值

Table 2 The boundary value of ecological landscape selenium				
	表土总硒含量/ (mg·kg ⁻¹)	粮食硒含量/ (μg·kg ⁻¹)		
含量分级 Content classification	Total selenium content of topsoil	Selenium content of grain	硒效应 Effects of selenium	
缺乏 Lack	≤0.125	≤25.00	硒不足	
边缘 Boundary	0.125~0.175	25.00~40.00	潜在硒不足	
中等 Medium	0.175~0.400	40.00~70.00	足硒	
高 High	0.400~3.000	70.00~100.00	富硒	
过剩 Excess	≥3.000	≥100.00	硒中毒	

表 3 食用蔬菜营养成分含量

Table 3 Nutrient content of edible vegetables							
种类 Kind	可溶性糖/% Soluble sugar	营养成分含量/(mg·100 g ⁻¹) Nutritive component content					
		VC	P	K	Ca	Mg	
大蒜 Garlic	27.6	7	117	302	39	21	
胡萝卜 Carrot	8.8	13	27	190	32	16	
萝卜 Radish	5.0	21	26	173	36	14	
马铃薯 Potato	17.2	27	40	342	8	23	
甜菜根 Beet root	23.3	8	18	254	56	38	
甜菜叶 Beet leaves	4.0	30	40	547	117	72	

2 结果与分析

2.1 青海富硒区土壤及大蒜硒含量与营养品质分析

由表 4 可知,采样区土壤硒为 180.00~570.00 μg·kg⁻¹;33.33%土样达到富硒水平。大蒜硒含量为 26.90~340.94 μg·kg⁻¹,平均吸收率为 52.23%,其中乐都县魏家村大蒜的吸收率最低为 14.94%,乐都县中心村大蒜的吸收率最高是 85.45%。

大蒜中硒含量除乐都县魏家村、平安县宜马村含量低于 $70\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以外,其余均在 $70\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,根据富硒评价标准,该采样区的大蒜 80.65%达到富硒水平。乐都县红庄村土壤及对应大蒜中总硒平均含量均达最高,分别为 570.00 和 $340.94\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其 K、P 含量也达最高,可溶性糖、VC 含量相对较低,其余营养成分含量均处于平均水平左右。乐都县魏家村土壤及大蒜中的

总硒含量最低,分别为 180.00 和 $26.90\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,大蒜中 Ca 含量与其它采样区相比也是最低,可溶性糖含量达到最高,其余营养成分含量均处于平均水平左右。通过相关分析可知,土壤总硒含量与大蒜硒含量间达极显著相关($R=0.785>R_{0.01,9}=0.735$);同时大蒜硒含量与其 P 水平也呈极显著相关($R=0.763>R_{0.01,9}=0.735$),但与其它品质间关系无规律。

表 4 青海富硒区土壤及大蒜硒含量与营养品质

Table 4 Selenium content and nutritional quality of soil and garlic in rich selenium area of Qinghai province

采样地 Sampling site	采样点 Sampling place	硒含量/($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Selenium content		可溶性 糖/% Soluble sugar	营养成分含量/($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) Nutritive component content				
		土壤 Soil	大蒜 Garlic		VC	K	Ca	Mg	P
平安 Ping'an	宜马村	210.00	66.44	17.47	17.13	77.55	42.88	60.30	33.56
	上甸村	500.00	167.19	25.73	9.01	111.00	60.75	81.41	40.85
	西上庄村	340.00	260.94	30.28	10.01	143.18	58.96	85.93	47.87
	下红庄村	407.50	205.69	20.93	11.03	117.64	59.86	76.13	44.28
	平均值	364.38± 122.04	175.06± 82.00	23.60± 5.59	11.80± 3.65	112.34± 27.03	55.61± 8.52	75.94± 11.17	41.64± 6.10
乐都 Ledu	中心村	226.67	193.68	20.05	22.73	125.62	58.37	69.35	42.74
	河西村	220.00	74.42	25.44	12.64	138.18	44.67	75.38	45.40
	魏家村	180.00	26.90	70.91	10.38	114.95	28.59	75.38	40.21
	红庄村	570.00	340.94	11.96	4.83	151.28	46.46	66.33	51.36
	晁家村	375.00	277.44	41.44	7.61	133.12	37.52	70.85	45.79
	段家村	207.50	90.31	37.75	18.36	121.38	58.07	70.10	41.84
	平均值	296.53± 150.46	167.28± 124.29	34.59± 20.90	12.76± 6.27	130.75± 13.01	45.61± 11.62	71.23± 3.56	44.56± 3.95
	总样本数	30	30	30	30	30	30	30	30

2.2 青海富硒区土壤及甜菜硒含量与营养品质分析

由表 5 可知,采样区土壤硒为 $185.00\sim 490.00\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;22.22%土样达到富硒水平。甜菜硒含量为 $49.89\sim 136.00\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均吸收率 27.28%,其中乐都县红庄村甜菜的吸收率最低,为 13.21%,乐都县魏家村甜菜的吸收率最高,为 56.18%。

甜菜中硒含量除平安县处处沟村、沟滩村、乐都县河西村、红庄村、晁家村、口子村含量低于 $70\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其余均在 $70\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,根据富硒评价标准,该区甜菜均达足硒水平,其中 77.78%达到富硒水平。平安县上甸村土壤硒含量最高,为 $490.00\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,乐都县魏家村土壤硒含量最

低,为 $185.00\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;乐都县中心村甜菜中总硒含量最高,为 $136.00\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,但其所对应可溶性糖含量最低,且 VC、K、Mg 含量亦较低,其余营养成分含量均处于平均水平左右。平安县沟滩村和处处沟村甜菜中的总硒含量最低,仅为 $49.89\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,沟滩村甜菜中对应的 P 含量最高,Mg 含量最低,其余营养品质含量均处于平均水平左右;处处沟村甜菜中 K 含量最低,VC、P、可溶性糖含量相对较低,其余营养品质含量均处于平均水平左右。

经分析土壤总硒含量与甜菜硒含量之间关系没有明显的规律;同时甜菜硒含量与其它品质间关系也没有明显的规律。

表 5 青海富硒区土壤及甜菜硒含量与营养品质

Table 5 Selenium content and nutritional quality of soil and beet in rich selenium area of Qinghai province

采样地 Sampling site	采样点 Sampling place	硒含量/($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Selenium content		可溶性糖/% Soluble sugar	营养成分含量/($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) Nutritive component content				
		土壤 Soil	甜菜 Beet		VC	K	Ca	Mg	P
平安 Ping'an	处处沟村	230.00	49.89	20.03	1.78	104.95	107.21	159.80	13.61
	宜马村	216.70	70.77	27.79	1.74	146.50	98.87	165.83	13.46
	沟滩村	200.00	49.89	21.32	4.45	120.35	153.66	120.60	31.46
	红土庄村	376.00	78.10	24.79	4.00	121.05	131.03	193.97	15.09
	上甸村	490.00	85.44	22.56	5.43	130.10	139.37	183.92	15.14
	西上庄村	346.60	103.94	22.22	9.34	257.35	203.69	316.58	20.60
	下红庄村	380.00	96.18	20.95	5.70	292.43	166.17	189.95	20.17
	平均值	319.90± 107.64	76.31± 21.10	22.81± 2.66	4.63± 2.61	167.54± 75.07	142.85± 35.87	190.09± 61.08	18.50± 6.42
乐都 Ledu	许家台村	230.00	77.94	24.59	2.39	134.90	85.76	241.20	12.13
	中心村	250.00	136.00	6.30	7.29	113.70	146.51	186.93	19.33
	河西村	220.00	53.87	24.26	29.67	118.70	121.50	195.98	19.29
	魏家村	185.00	103.94	26.58	13.57	206.14	496.72	239.19	21.62
	红庄村	415.00	54.83	20.43	13.23	143.36	212.62	215.82	18.09
	晁家村	387.50	68.77	23.51	13.40	174.75	354.67	227.51	19.86
	口子村	230.00	68.94	23.70	17.47	160.74	296.38	219.62	19.72
	段家村	205.00	87.19	24.00	17.63	159.18	94.70	233.66	20.55
	平均值	265.31± 86.36	81.44± 27.55	21.67± 6.44	14.33± 8.02	151.43± 30.51	226.11± 145.96	219.99± 19.82	18.82± 2.89
总样本数		35	36	36	36	36	36	36	36

2.3 青海富硒区土壤及马铃薯硒含量与营养品质分析

由表 6 可知,该区域内土壤硒的变化范围为 100.00~500.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;其中 13.04%的土样达到富硒水平。马铃薯硒含量在 50.00 ~ 150.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均吸收率为 32.44%,其中乐都县河西村马铃薯的吸收率最低,为 23.71%,平安县洪水泉村马铃薯的吸收率最高,为 64.00%。

马铃薯中硒含量除乐都县魏家村、乐都县许家台村、平安县洪水泉村含量低于 70 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其余均在 70 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,有 68.63%的马铃薯达到富硒水平。平安县洪水泉村土壤硒含量最低,为 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其对应的马铃薯中 Ca 含量也最低,VC 含量则最高,P 含量相对较低,其余营养品质含量均处于平均水平左右。平安县处处沟村土壤硒平均含量达最高,为 150 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其 Mg、P 含量最低,其余营养品质含量均处于平均水平左右;平安县上甸村土壤及对应马铃薯中总硒平均含量均达最高,分别为 500.00 和 150.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其可溶性糖、K 含量最低,P 含量相对较高,其余营

养品质含量均处于平均水平左右。乐都县魏家村马铃薯中总硒平均含量最低,为 50.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其 VC 含量最低,P 含量相对较低,其余营养品质含量均处于平均水平左右。

土壤总硒含量与马铃薯硒含量间达极显著相关($R=0.836>R_{0.01,11}=0.684$);同时马铃薯硒含量与其 P 水平呈显著相关($R=0.587>R_{0.05,11}=0.553$),但与其它品质间未呈规律关系。

2.4 青海富硒区土壤硒含量与胡萝卜营养品质分析

由表 7 可知,该区土壤硒的变化范围为 100.00~563.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;其中 23.53%的土样达到富硒水平。胡萝卜硒含量为 9.35 ~ 170.44 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均吸收率为 33.50%,其中乐都县许家台村胡萝卜的吸收率最低,为 4.68%,平安县洪水泉村胡萝卜的吸收率最高,为 63.94%。

胡萝卜中硒含量除乐都县许家台村、乐都县中心村含量低于 70 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其余均在 70 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,该区 89.80%的胡萝卜达到富硒水平。平安

县上甸村土壤硒平均含量最高,达 563.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,胡萝卜中可溶性糖含量相对较低,其余营养品质含量均处于平均水平左右。平安县洪水泉村土壤硒平均含量最低,仅为100.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,对应胡萝卜中 VC 含量最低,其余营养品质含量均低于平均水平。平安县西上庄村胡萝卜中总硒平均含量

最高,达 170.44 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其 Mg 含量也达最高,VC、Ca、P 含量相对较高,其余营养品质含量均处于平均水平左右。乐都县许家台村胡萝卜中总硒平均含量最低,仅为9.35 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,胡萝卜中可溶性糖、Ca、Mg 含量也是最低,其余营养品质含量均处于平均水平左右。

表 6 青海富硒区土壤及马铃薯硒含量与营养品质

Table 6 Selenium content and nutritional quality of soil and potato in rich selenium area of Qinghai province

采样地 Sampling site	采样点 Sampling place	硒含量/($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Selenium content		可溶性糖/% Soluble sugar	营养成分含量/($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) Nutritive component content				
		土壤 Soil	马铃薯 Potato		VC	K	Ca	Mg	P
平安 Ping'an	处处沟村	360.00	150.00	7.08	16.59	126.35	32.16	84.42	12.56
	宜马村	225.00	78.00	10.58	13.01	205.19	34.54	121.61	17.66
	洪水泉村	100.00	64.00	7.58	54.46	190.10	16.68	107.54	13.22
	上甸村	500.00	150.00	5.35	9.78	106.65	57.18	126.63	28.46
	西上庄村	325.00	130.00	7.35	20.83	145.12	35.74	120.60	25.32
	下红庄村	415.00	130.00	16.89	11.61	194.24	182.25	121.10	32.91
	平均值	320.83± 141.75	120.00± 37.00	9.14± 4.16	21.05± 16.83	161.28± 40.77	59.76± 61.39	113.65± 15.67	21.69± 8.44
乐都 Ledu	许家台村	215.00	67.35	12.84	22.89	208.15	48.24	123.62	19.28
	中心村	300.00	87.00	12.05	6.49	228.70	50.03	141.71	26.25
	河西村	350.00	83.00	10.36	10.52	214.15	28.59	105.53	18.98
	魏家村	180.00	50.00	16.54	3.20	206.70	42.88	105.53	16.81
	红庄村	410.00	110.00	17.04	23.17	201.70	42.88	102.51	18.64
	晁家村	260.00	74.00	16.02	4.75	286.00	64.32	111.56	22.29
	平均值	285.83± 85.58	78.56± 20.21	14.14± 2.76	11.84± 9.01	224.24± 31.66	46.16± 11.66	115.07± 15.06	20.38± 3.38
总样本数		46	51	51	51	51	51	51	51

土壤总硒含量与胡萝卜硒含量间达显著相关($R=0.585>R_{0.05,13}=0.514$),与胡萝卜 P 含量间达显著相关($R=0.537>R_{0.05,13}=0.514$);同时胡萝卜硒含量与其 Ca 含量呈显著相关($R=0.632>R_{0.05,13}=0.514$),与 Mg 含量呈极显著相关($R=0.734>R_{0.01,13}=0.641$),与 P 含量呈极显著相关($R=0.846>R_{0.01,13}=0.641$),但与其它品质间关系不规律。

2.5 青海富硒区土壤硒含量与萝卜营养品质分析

由表 8 可知,采样区域内土壤硒的变化范围为 190.00 ~ 505.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;其中 16% 的土样达到富硒水平。萝卜硒含量为 11.00 ~ 149.44 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均吸收率为 26.65%,其中乐都县红庄村萝卜的吸收率最低,为 2.77%,平安县黎明村萝卜的吸收率最高,为 48.21%。

萝卜中硒含量除魏家村、河西村、晁家村、红

庄村、许家台村含量低于 70 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其余均在 70 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,表明该区 88.89% 的萝卜达到富硒水平。乐都县红庄村土壤硒平均含量最高,为 505.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,对应萝卜中的 K 含量也相对较高,其余营养品质含量均处于平均水平左右;乐都县魏家村土壤硒平均含量最低,为 190.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,采样地萝卜中 K、Ca、Mg、P 含量与其它地区相比均较高,其它营养成分含量均处于平均水平左右;平安县黎明村萝卜中的总硒含量最高,为 149.44 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,而可溶性糖、P 含量低于其它采样区,其余营养品质含量则接近于平均水平;乐都县河西村萝卜中的总硒含量最低,仅为 11.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,该区域萝卜中营养品质含量均处于平均水平左右。

土壤总硒含量与萝卜硒及其它营养品质含量间关系不规律;同时萝卜硒含量与其它品质间关系也不规律。

表 7 青海富硒区土壤及胡萝卜硒含量与营养品质

Table 7 Selenium content and nutritional quality of soil and carrot in rich selenium area of Qinghai province									
采样地 Sampling site	采样点 Sampling place	硒含量/($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Selenium content		可溶性糖/% Soluble sugar	营养成分含量/($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) Nutritive component content				
		土壤 Soil	胡萝卜 Carrot		VC	K	Ca	Mg	P
平安 Ping'an	处处沟村	360.00	98.44	11.96	2.94	212.50	203.69	60.30	20.19
	宜马村	210.00	116.44	9.00	4.79	201.70	260.87	99.50	27.61
	洪水泉村	100.00	63.94	28.42	0.89	141.50	221.56	84.42	16.11
	红土庄村	400.00	129.69	10.46	7.29	225.08	328.55	125.12	34.66
	上甸村	563.00	117.27	11.92	6.03	218.88	266.82	100.50	28.44
	西上庄村	330.00	170.44	16.29	8.54	222.68	312.68	131.15	36.18
	下红庄村	390.00	113.19	112.70	7.38	228.80	298.39	105.53	30.80
	平均值	336.14± 147.61	115.63± 32.09	28.68± 37.62	5.41± 2.72	207.31± 30.38	270.36± 46.35	100.93± 23.96	27.71± 7.32
乐都 Ledu	许家台村	200.00	9.35	5.60	17.49	326.98	131.14	27.16	13.13
	中心村	240.00	65.15	16.26	7.24	262.95	280.52	96.48	24.85
	河西村	220.00	113.10	8.86	19.80	220.80	351.99	131.15	29.98
	魏家村	200.00	80.83	19.02	5.21	200.05	364.50	120.60	28.07
	红庄村	458.00	159.44	12.10	9.83	292.63	389.51	111.56	37.82
	晁家村	313.33	100.60	13.67	13.04	337.20	384.75	103.52	35.65
	口子村	296.67	99.94	17.76	8.35	295.95	331.14	117.59	31.28
	平均值	275.43± 92.13	89.77± 46.14	13.32± 4.86	11.56± 6.17	276.65± 51.64	319.08± 90.71	101.15± 34.54	28.68± 8.14
总样本数		47	49	49	49	49	49	49	49

表 8 青海富硒区土壤及萝卜硒含量与营养品质

Table 8 Selenium content and nutritional quality of soil and radish in rich selenium area of Qinghai province									
采样地 Sampling site	采样点 Sampling place	硒含量/($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Selenium content		可溶性糖/% Soluble sugar	营养成分含量/($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) Nutritive component content				
		土壤 Soil	萝卜 Radish		VC	K	Ca	Mg	P
平安 Ping'an	处处沟村	230.00	97.94	8.74	26.45	275.60	886.23	208.04	32.11
	宜马村	220.00	90.77	5.70	25.30	173.75	567.00	28.76	28.76
	上甸村	500.00	105.44	11.41	18.36	226.52	486.00	177.89	39.16
	西上庄村	330.00	134.44	7.34	3.82	262.35	464.56	192.96	38.47
	黎明村	310.00	149.44	5.56	22.73	183.00	532.45	256.28	23.66
	平均值	318.00± 112.56	115.60± 25.16	7.75± 2.43	19.33± 9.21	224.25± 45.68	587.25± 171.83	172.78± 85.72	32.43± 6.56
乐都 Ledu	许家台村	193.33	45.00	13.54	19.30	218.17	540.79	224.12	39.29
	中心村	240.00	93.00	13.36	29.16	284.35	634.30	248.74	45.33
	河西村	250.00	11.00	12.50	25.16	251.74	628.04	261.55	39.75
	魏家村	190.00	12.00	9.02	10.38	317.82	683.12	372.86	51.43
	红庄村	505.00	14.00	7.49	10.65	311.94	719.17	231.40	50.67
	晁家村	360.00	14.00	7.49	10.65	311.94	719.17	231.40	50.67
	口子村	250.00	100.00	13.99	17.88	299.35	567.47	206.23	41.88
	段家村	203.33	82.00	15.43	10.02	259.44	551.51	189.95	32.45
	平均值	273.71± 107.98	46.38± 39.37	11.60± 3.13	16.65± 7.49	281.84± 35.62	630.45± 81.19	245.78± 56.02	43.93± 6.80
总样本数		40	45	45	45	45	45	45	45

3 讨论

硒元素在环境空间分布上具有十分显著的不均匀性,其丰缺水平与地理位置、海拔高度、成土母质等因素有关。蔬菜中营养元素含量由于地区和种类的不同而存在差异。对同种蔬菜来说,富硒区的蔬菜硒含量高于足硒区和普通区;在同一地区不同种类蔬菜硒含量也有差异。

青海富硒区大蒜、胡萝卜的硒含量相对较高。各蔬菜对硒的吸收因种类而异,如从土壤硒水平来看平安县上甸村、红土庄村、乐都县晁家村、河西村均属于富硒区,而源于该采样地的各蔬菜中的硒含量却不高,这除与吸收能力有关外还可能与当地土壤结构、土壤质地、土壤结理化性质相联系。

富硒区蔬菜中大蒜、萝卜、甜菜总硒平均含量位列前三,其数值分别为170.40、73.00和79.05 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,3类蔬菜中达富硒水平的样品分别占80.65%、88.89%和77.78%。硒在植物体内可作为养分而保持离子平衡,从而利于植物新陈代谢和生长发育^[19]。

营养品质中大蒜的可溶性糖含量达到30.20%,其余蔬菜的可溶性糖含量均在全国平均水平左右;大蒜的P、K含量均未达到全国平均水平,Mg含量达到全国平均水平的2~4倍;但各蔬菜的Ca、Mg平均含量均高于全国平均水平,造成该结果的原因可能是由于该富硒区土壤为碱性土壤。

董广辉等^[20]认为硒能促进植株对大量元素的吸收、提高作物营养品质;青海富硒区大蒜、马铃薯、胡萝卜中硒含量与采样区土壤硒水平呈极显著相关,且以上蔬菜中硒含量与部分矿质元素亦呈显著相关;这可能是因为硒促进了蔬菜对其它矿质离子的吸收,从而在蔬菜富硒的同时提高了相关营养成分的含量。

4 结论

青海富硒区土壤硒含量范围为100.00~563.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;该区域76.53%达到足硒水平,18.88%达到富硒水平;大蒜采样区土壤硒含量(323.67 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)相对较高,甜菜采样区土壤硒含量(290.79 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)相对较低。

蔬菜硒含量范围为11.00~340.94 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;大蒜中总硒含量最高,平均高达170.40 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,萝卜总硒平均含量最低,为73.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。该区域蔬菜90.63%达到足硒水平,70.31%达到富硒水平。蔬菜中的总硒平均含量依次为:大蒜、胡萝卜、马铃薯、甜菜、萝卜。

土壤总硒水平在一定程度上影响蔬菜对硒的吸收,其中大蒜、马铃薯和胡萝卜平均硒含量与对应土样总硒含量间达显著或极显著相关。

青海富硒区蔬菜主要营养品质中可溶性糖、VC、K、Ca、Mg、P平均含量范围分别为7.75%~34.59%、4.63~21.05 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 、112.34~281.84 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 、45.61~630.45 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 、71.23~245.78 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 、18.50~44.56 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$;以上营养成分最高含量分别对应的蔬菜种类依次为:大蒜、马铃薯、萝卜、萝卜、萝卜、大蒜。各蔬菜的Ca、Mg平均含量均高于全国平均水平。

综上,青海富硒区5种蔬菜在富硒的同时其主要营养成分大多高于全国平均水平。

参考文献:

- [1] 李应生,李亚男,陈大清. 硒的生物学功能及植物的富硒机理[J]. 湖北农学院学报,2003,12(1):476-475.
- [2] Kabata Pendias A J. Geochemistry of selenium[J]. Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology, 1998,17(3):173-177.
- [3] Rotruck J T, Pop A L, Ganther H E, et al. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase[J]. Science, 1973,179:588-590.
- [4] Florhe L, Gunzler W A, Shack H H. Glutathione peroxidase: a selenoenzyme[J]. FEBS Letter, 1973,32:132-134.
- [5] 魏倩萍. 微量元素硒的生理及超营养作用[J]. 现代医学卫生, 2004,12(2):417-422.
- [6] 王芳,林克惠. 植物硒素营养的研究进展[J]. 云南农业大学学报,2004,19(4):417-422.
- [7] 王伟,韩博,梁俊,等. 硒营养的研究状况,检测方法及应用前景[J]. 饲料博览,1998(5):8-9.
- [8] 井明艳,赵树盛,付亮剑. 硒的生化特性与谷胱甘肽系统[J]. 饲料工业,2006,27(4):8-11.
- [9] 吴永尧,彭振坤,罗泽民. Se的多种生物学功能与人和动物的健康[J]. 湖南农业大学学报,1997,23(3):294.
- [10] 谢世昌,段京考,孙兵须,等. 叶面喷布亚硒酸钠提高苹果含硒量试验[J]. 中国果树,1999(2):16-17.
- [11] 王雅芳,韩新盛,任冬梅. 富硒黑大麦的培育与应用[J]. 中国种业,2001(6):21.
- [12] 张俊杰. 硒的生理功能及富硒强化食品的研究进展[J]. 微量元素与健康研究,2006,23(3):58-60.
- [13] 汪智慧,龚加顺,郭向华. 茶树硒营养的研究进展[J]. 贵州农业科学,2000,28(1):8-50.
- [14] 张洋. 青海省不同马铃薯品种对硒的吸收特性研究[J]. 安徽农业科学,2012(3):31-33.
- [15] 刘超,王晋民,魏廷珍. 青海乐都富硒区6种主要蔬菜富硒能力研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014(5):67-70.
- [16] 段咏新,傅庭治,傅家瑞. 硒在大蒜体内的生物富集及其抗氧化作用[J]. 园艺学报,1997,24(4):34-347.
- [17] 谭建安. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京:科学出版社,1989.
- [18] 杨月欣. 中国食物成分表[M]. 北京:北京大学医学出版社,2002.
- [19] Li D C, Zhu Z J, Xu Z H, et al. Effect of selenium on the growth and nutrient absorption of pakchoi[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2003,9(3):353-358.
- [20] 董广辉,武志杰. 植物硒素营养及其机理研究进展[J]. 应用生态学报,2002,13(11):1487-1490.



复合益生菌肥对青椒生长的影响

张金秀^{1,2},汪传生^{1,2},李绍明^{1,2},綦平畅³

(1. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061; 2. 青岛科技大学 工程学部, 山东 青岛 266061; 3. 青岛好基态生物科技有限公司, 山东 青岛 266700)

摘要:为合理使用菌肥,促进青椒的安全生产,通过规范的田间试验,依据 NY884-2012 标准,以青椒奥菲特品种为试验材料,研究了复合益生菌肥对青椒生长、产量和品质的影响。结果表明:施用复合益生菌肥能明显促进青椒生长发育,降低病虫害,显著提高青椒产量,改善品质。复合益生菌作追肥分 4 次施入,比常规施肥增产 13.84%,投入产出比为 1:13.95。

关键词:复合益生菌肥;青椒;产量;品质

我国是农业大国,肥料的使用量逐年增加。由中国统计年鉴数据可知,2007 年我国的化肥施用量为 5 107.8 万 t,到 2014 年增加到 5 995.9 万 t,而氮肥施用量在 2007 年为 2 297.2 万 t,到 2014

年增长到了 2 392.9 万 t。在京津唐、长江三角洲及珠江三角洲等经济发达的地区,氮肥用量一般比其它地区的使用量多 2.3 倍,远大于作物对肥料的需求量。山东省内纯化肥年施用量约占全国的 8%,利用率却只有 30%左右,是发达国家利用水平的一半。形成了化肥用量高、土壤污染重、严重危害农业生产的现状^[1]。盲目施肥不但浪费肥料,还会使作物产量降低,引起农作物硝酸盐超标、氮损失及环境污染等问题,并导致土壤板结现象,严重破坏土壤结构^[2-3]。

收稿日期:2017-10-26

基金项目:中国博士后科学基金第 62 批面上资助项目(2017 M622154)。

第一作者简介:张金秀(1983-),女,山东省潍坊市人,博士,从事复合益生菌肥研究。E-mail: titan0210@163.com。

通讯作者:汪传生(1960-),男,安徽省潜山县人,博士,教授,从事化工及复合益生菌肥研究。E-mail: wangcs07@163.com。

Effect of Selenium Lontent on Vegetable Quality in Selenium-Rich Area of Qinghai

ZHANG Yu

(Xining Seeds Station, Xining 810016, China)

Abstract: In order to improve the added value of the main vegetable products in Qinghai province, we researched the effect of soil selenium content on vegetable quality in selenium-rich area of Qinghai. Through the analysis of Qinghai selenium-rich soil selenium content and 5 kinds of main vegetables corresponds to the total selenium, part of the mineral elements and soluble sugar and VC content, the effects of soil selenium levels on selenium absorption and nourishment quality of vegetables were researched. The results showed that the Qinghai selenium-rich soil selenium content in the range of 100.00-563.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, among them, the soil samples of sufficient selenium and rich selenium were 76.53% and 18.88% respectively. Soil selenium content of garlic sampling area was relatively high, beet sampling area was relatively low. Vegetables selenium content in the range 11.00-340.94 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, the average content of the total selenium content of radish was 73.00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 90.63% of the vegetables in the region reached the level of sufficient selenium, and 70.31% reached the level of selenium enrichment. The average content of Ca and Mg was higher than the national average. There was no significant correlation between selenium content of soil and vegetable and nutritional quality.

Keywords: selenium-rich area of Qinghai; vegetables; Se; nutritional quality