

硒硫配施对大蒜的营养效应研究

王昌全¹, 李 冰¹, 周 瑾¹, 张锡洲¹, 冯长春²

(1 四川农业大学资源环境学院, 四川雅安 625014; 2 四川省攀枝花烟草公司, 四川攀枝花 617026)

摘要: 通过不同的施硫水平和硒硫配施的盆栽试验, 研究了大蒜的硫(S)营养效应及硒硫(Se-S)交互作用。大蒜收获后, 分析测定了蒜头的 10 种必需营养元素和 Se 的不同组分以及新鲜蒜头品质(大蒜素、维生素 C)。借助 SPSS 10.0 统计软件对大蒜矿质营养进行主成份提取(PCA)和因子分析(FA), 通过对蒜头营养品质(大蒜素、硒组分和维生素 C)与矿质主因子间的线性模型模拟, 从大蒜营养的角度对各矿质主因子进行命名。以矿质营养因子得分为二次变量进行方差分析和不同处理间营养品质的多重比较结果表明, 硒硫配施通过对大蒜矿质营养的促进作用而改善了大蒜的营养品质, 但对大蒜的风味品质(大蒜素)的影响则表现为随着硫水平的提高而下降。同时还发现, 在土壤有效 Se、S 供应比较充足的条件下, Se、S 交互作用在一定的比例范围内(1:4~8)才表现为正效应。

关键词: 大蒜; 硒硫配施; 因子分析; 营养效应

中图分类号: S633.406 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X(2004)02-0206-06

Study of selenium-sulphur combined application on nutrition function of garlic

WANG Chang-quan¹, LI Bing¹, ZHOU Jin¹, ZHANG Xi-zhou¹, FENG Chang-chun²

(1 College of Resou. and Envir. Sci., Sichuan Agri. Univ., Yaan 625014, China;

2 Panzhuhua Tobacco Corporation, Panzhuhua, Sichuan 617026, China)

Abstract: The nutritional function of different sulphur levels and the selenium-sulphur interaction were examined on the garlic (*Allium Sativum* L.) by the pot experiment. After the garlic bulbs were harvested, 10 essential mineral elements, different Se components and the fresh quality(Allicin, Vitamin C) of garlic were determined. 10 essential mineral elements and the Se components were analyzed by the Principal Component Analysis (PCA) and the Factor Analysis (FA) on the SPSS 10.0 for Windows. The linearity molders between the garlic nutrition quality (Allicin, components of Se, Vc) and the main mineral factors, and the main mineral factors were named as the garlic nutrition quality to be examined. The analysis of variance by the main factor scores saved as the second variables and the multiple comparisons of the nutrition qualities between the different treatments were done. The results showed, Se and S combined application enhanced the garlic nutrition quality through the increasing of mineral nutrition, but there was a passive effect on the flavor quality (Allicin) of the garlic along with the rising of S levels. And if the available Se and S were sufficient in the soil, the positive effects of Se and S were only found in the ratio of 1:4—8.

Key words: garlic (*Allium Sativum* L.); selenium—sulphur combined; factor analysis; nutritional function

大蒜(*Allium sativum* L.)为喜硫作物, 硫与大蒜的风味品质—大蒜素含量关系密切^[1]。生物源有机硒具有吸收利用率高、生理药理功能优越, 且安全

无毒无副作用等特点, 优于化学有机、无机硒源, 是最重要的补硒途径^[2-4]。大蒜对硒具有较强的富集作用, 其含量是其他蔬菜的 20~30 倍, 是重要的补

收稿日期: 2003-03-21

修改稿收到日期: 2003-06-11

基金项目: 四川省科技厅“十五”攻关项目(02NG004-004); 四川省人事厅学术技术带头人培育基金资助。

作者简介: 王昌全(1962—), 男, 四川新都人, 教授, 博士研究生, 主要从事土壤肥力与施肥研究。

硒食品,其有机硒含量常作为其品质的主要评价指标^[5]。同时,大蒜体内含硒生物大分子中,含硒蛋白含量最高,占有机硒的 18.20%,这是由于大蒜蛋白中含硫氨基酸较多的原因^[5]。说明提高大蒜的硫营养水平,不但促进大蒜对硫的吸收和利用,提高大蒜中含硫氨基酸的含量,还能间接地促进大蒜的硒营养状况,提高大蒜对硒的有机化利用。所以,在大蒜中硒硫交互作用可能更多地体现为相互促进。

大蒜的矿质营养是一个复杂的多因素、多变量问题。主成份分析和因子分析是一种较为理想的数据约化技术^[6]。本试验通过盆栽试验研究在不同硫水平下配施一定量的硒,通过主成分提取大蒜的矿质营养因子,在探讨大蒜品质与矿质营养因子的相互关系上,对约化了的因子进行命名,分析因子得分以了解硒、硫配施对矿质因子的营养效应,以此了解硒硫配施对大蒜品质的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在四川农业大学江农场内进行。供试土壤采自贡江农场的紫色土,其有机质含量为 23.6g/kg,全氮、全磷、全钾含量分别为 1.16、0.195、13.8 g/kg;交换性钙和交换性镁为 2.19、0.06 g/kg;碱解氮、速效磷、速效钾为 93、18、94 mg/kg;有效硫、硒、铁、锰、锌、铜含量分别为 17、0.04、29、24、5、6mg/kg,pH 6.57。供试大蒜品种为川西软叶子。

试验设 5 个硫水平(硫磺,mg/kg):对照(0, S_0),低硫(20, S_1),中硫(40, S_2),高硫(80, S_3),超高硫(160, S_4);在不同硫水平的基础上配施 2 个 Se 水平(Na_2SeO_3 , mg/kg):不施硒(0, Se_0),施硒(20, Se_1),共 10 处理,即: $S_0 + \text{Se}_0$, $S_1 + \text{Se}_0$, $S_2 + \text{Se}_0$, $S_3 + \text{Se}_0$, $S_4 + \text{Se}_0$, $S_0 + \text{Se}_1$, $S_1 + \text{Se}_1$, $S_2 + \text{Se}_1$, $S_3 + \text{Se}_1$, $S_4 + \text{Se}_1$ 。随机区组排列,重复 4 次。试验用塑料盆直径 25cm,高 30cm,每盆装土 10kg,每盆定植 5 株。

各处理 N、 P_2O_5 、 K_2O 用量一致,分别为 133.33、66.67、133.33 mg/kg, $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 1.0:0.5:1.0$,氮肥用尿素,磷肥用过磷酸钙,钾肥用氯化钾。其中氮肥 60% 用作基肥,40% 用作追肥(苗中期和鳞茎分化前期兑以清水施入);磷、钾、硒、硫肥全部底施。2001 年 11 月 4 日播种,2002 年 5 月 27 日采收大蒜蒜头。样品采收后,及时对新鲜样品进行处理和品质检测,杀青、烘干后进行矿质养分分

析。

1.2 分析测试方法

样品采收后,分别对蒜头(鲜样)的 Vc 含量和大蒜素含量和烘干样品的 N、P、K、Ca、Mg、S、Se、Fe、Mn、Cu、Zn 以及无机硒、有机硒含量等进行测定。

大蒜 N、P、K 含量采用 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消化联合测定;Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 采用 $\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ 消化—原子吸收分光光度法,植株硫含量采用 $\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ 消化—硫酸钡比浊法^[7];Se 含量采用 $\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ 消化—HCl 还原—氢化物发生原子吸收分光光度法^[8-10],Se 的组分(无机硒和有机硒)分析参照文献[9]中的方法进行。大蒜维生素 C 用 2,6-靛滴定法^[11];大蒜素含量采用定硫法^[12]。

1.3 数据约化和分析

1.3.1 因子分析(FA) 考虑到各变量单位与数量级可能对确定因子载荷有影响,分析时采用相关矩阵而不用方差—协方差矩阵。以主成分提取法(PCA)提取因子,对因子载荷矩阵实施平均正交旋转以扩大矩阵元素差异,有助于对公因子进行解释。

1.3.2 线性回归模型模拟 通过对大蒜营养品质与各矿质主因子得分的线性模型分析,建立相关的线性回归方程,以利于探讨大蒜品质与矿质主因子间的关系,并据此对矿质主因子依大蒜相关营养品质进行命名。

1.3.3 方差分析 以因子得分为二次变量,硒、硫配施组合为自变量,进行方差分析。方差分析为全固定模型,所包含的因素有硒硫各水平及其二元交互效应。

1.3.4 多重比较 以硒、硫及其配施组合为因素,各营养品质为变量进行多重比较,比较硒、硫及其配施对各营养品质的效应,再联系矿质营养与大蒜品质间的相互关系,进一步探讨硒硫配施对大蒜品质的影响。

所有数据的统计和分析均在 SPSS 10.0 for Window 上完成。

2 结果与分析

2.1 不同处理对大蒜矿质营养的影响

表 1 看出,在 11 种矿质营养元素中,硒、硫配施处理大蒜蒜头中 K、Ca、Zn、Se 的含量明显比单硫施用的含量高,其中以 Zn 增加 1.5~2.5 倍、Se 增加 4.8~6.4 倍左右最为明显,其余营养元素含量变化

规律不十分明显。矿质元素含量的差异表明,大蒜的矿质营养状况受硒硫配合施用的影响较大,硫肥配施一定量的硒肥对改善大蒜的矿质营养状况具有重要的意义。

表 1 不同硒硫处理大蒜蒜头的矿质营养状况

Table 1 The nutrition status of the garlic bulbs in the different selenium-sulphur interaction

处理	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Se
Treat.	(g/kg)						(μg/g)				
S ₀ + Se ₀	15.297	4.364	9.157	6.247	0.742	0.101	52.100	8.763	2.352	3.497	1.166
S ₁ + Se ₀	16.508	4.716	9.813	6.641	0.749	0.104	73.633	9.428	2.438	3.860	1.789
S ₂ + Se ₀	16.926	4.730	9.920	6.978	0.756	0.105	90.533	9.584	2.496	4.193	1.796
S ₃ + Se ₀	17.062	4.757	9.950	7.068	0.763	0.106	99.167	9.642	2.589	4.503	1.832
S ₄ + Se ₀	17.537	4.792	9.983	7.232	0.741	0.109	116.200	9.659	2.696	4.320	1.298
S ₀ + Se ₁	16.907	4.873	9.916	6.935	0.787	0.107	92.367	8.761	2.411	5.560	8.103
S ₁ + Se ₁	16.540	4.803	10.367	6.877	0.886	0.106	83.200	8.920	2.463	9.387	10.045
S ₂ + Se ₁	15.660	4.757	10.966	6.757	0.904	0.105	76.967	9.550	2.545	8.930	10.744
S ₃ + Se ₁	15.616	4.742	11.520	6.717	0.961	0.105	75.000	9.642	2.733	8.797	11.684
S ₄ + Se ₁	15.502	4.695	10.387	6.629	0.922	0.102	72.500	9.720	2.794	7.203	6.145

注：各处理数据为三次重复的平均值,下同。Note: The data was the average of the thrice-repeated test,same as follows.

2.2 不同处理对大蒜营养品质的影响

2.2.1 单施硫肥对大蒜营养品质的影响 增施硫肥后,大蒜素的含量随着施硫水平的上升而上升,达到极显著水平。维生素 C 含量除了超高量与高量硫处理相比无显著性差异外,其它处理与大蒜素含量的变化趋势相似。单硫处理不仅显著地增加了大蒜素和维生素 C 含量,而且对硒组分的影响也十分

明显。有机硒含量除超高硫处理(S₄ + Se₀)外,其余处理与对照(S₀ + Se₀)相比均有极显著的差异;硒有机化率与对照(S₀ + Se₀)相比上升了 3.5% ~ 10.2%,达极显著水平;无机硒含量则除了高硫处理(S₃ + Se₀)外,其余处理与对照(S₀ + Se₀)相比均无显著差异(表 2)。

表 2 不同硒硫处理大蒜蒜头的营养品质状况及多重比较

Table 2 The nutritional quality status and multiple comparisons of the garlic bulbs in the different selenium-sulphur interaction

处 理	无机硒(mg/kg)		有机硒(mg/kg)		硒有机率(%)		大蒜素(g/kg,FW)		Vc (mg/kg,FW)	
Treat.	Mineral Se		Organic Se		Ratio of Org.Se		Allicin			
S ₀ + Se ₀	0.276	a AB	0.890	a A	76.29	a A	21.891	aA	76.452	a A
S ₁ + Se ₀	0.285	ab AB	1.504	b B	84.08	c C	23.354	bB	77.548	b B
S ₂ + Se ₀	0.289	ab AB	1.507	b B	83.89	c C	26.063	cC	78.181	c C
S ₃ + Se ₀	0.298	b B	1.535	b B	83.75	c C	27.063	dD	78.459	d CD
S ₄ + Se ₀	0.273	a A	1.025	a A	78.96	b B	28.167	eE	78.661	de D
S ₀ + Se ₁	0.296	b B	7.807	d D	96.34	de DE	27.773	eDE	77.456	b B
S ₁ + Se ₁	0.332	c C	9.713	e E	96.70	e E	27.005	dD	78.680	e DE
S ₂ + Se ₁	0.327	c C	10.416	f F	96.95	e E	26.782	cdCD	78.766	ef E
S ₃ + Se ₁	0.321	c C	11.362	g G	97.25	e E	26.702	cdCD	78.906	f E
S ₄ + Se ₁	0.279	a AB	5.866	c C	95.46	d D	26.518	cdCD	78.927	f E

注：大写字母表示极显著性差异(p=0.01),小写字母表示显著性差异(p=0.05), n=30
Note: Significant at the 0.01 and 0.05 probability levels respectively named by the capital and small letters, n=30

2.2.2 硒硫配施对大蒜营养品质的影响 表 2 的结果还看出,硒硫配合处理后,与同等供硫水平相比,低、中、高硫水平与硒配合处理促进了无机硒、有机硒含量的提高和硒有机化率的显著上升,无机硒

含量上升 7.7% ~ 16.5%,有机硒含量增加 5.5 ~ 6.4 倍,均达到了极显著水平;大蒜素含量以对照(单硒处理)最高,随着供硫水平的上升而呈下降趋势,与同等供硫水平相比,仅低硫配施硒肥与低硫处

理相比增加大蒜素含量 15.6%,达极显著水平外,其余处理间差异不明显;硒硫配施对大蒜的鲜食品质(维生素 C 含量)有一定的改善作用,与单硫处理相比均有极显著的上升。

硒硫配施处理中,低、中、高硫水平与硒配合处理的无机硒含量极显著高于单硒处理,不同供硫水平(即处理 $S_1 + Se_1$ 、 $S_2 + Se_1$ 、 $S_3 + Se_1$)间无显著性差异;硒硫配施后,其有机硒含量随着供硫水平的上升而上升,较单硒处理高 24.4%~45.5%,达到了极显著性水平;大蒜素含量显著地低于单硒处理,但不同硒硫配合处理间差异不显著;硒硫配合后维生素 C 含量随着供硫水平的上升而持续增加,与单硒处理比较均有极显著性的差异,而且高硫和超高硫与硒配合处理($S_3 + Se_1$ 、 $S_4 + Se_1$)显著高于低硫与硒配合处理($S_1 + Se_1$)。超高量硫的供应与硒配合处理后除了维生素含量较其他硒硫配合处理高以外,在硒硫配合处理中表现为明显的抑制效应,即抑制了无机硒、有机硒、硒有机化率和大蒜素含量的进一步上升,因此在所有硒硫配施处理中均最低。

在所有处理中,超高量单硫处理($S_4 + Se_0$)的大蒜素含量最高,其次是单硒处理($S_0 + Se_1$),对照($S_0 + Se_0$)最低。所以大蒜素含量的提高主要是受硫素供应的限制,硒硫配合具有明显的抑制效应。单施硒肥对大蒜的营养品质也有比较明显的影响,与对照($S_0 + Se_0$)相比较,其无机硒含量增加 7.2%,有机硒含量增加约 7.8 倍,硒有机化率上升 20%左右,均达到了显著或极显著水平。同时大蒜素含量较对

照($S_0 + Se_0$)增加 26.9%,达极显著水平,维生素 C 含量增加达显著水平。

2.3 大蒜营养状况的因子分析

在成熟期的大蒜头中,元素间的相关性主要存在于 N、P、K、S、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn、Se 等有关影响大蒜品质的元素之间。在大蒜的矿质营养分析过程中,营养元素间大量相关性的存在为统计学上潜因子模型约化变量数目提供了依据,说明可以采用因子约化技术对大蒜矿质营养元素进行因子约化,形成互不相关的因子,达到减少变量个数的目的,为因子分析作准备。

采用主成分提取法(PCA)提取大蒜矿质营养因子,以特征值大于 1.0 为因子提取的依据,提取出三个矿质营养因子(X_1 、 X_2 、 X_3),采用平均正交旋转方法旋转因子载荷,使其公因子更有利于被解释,保存因子得分,使其公因子成为新的变量(二次变量),备作进一步的分析。

表 3 看出,这三个因子包含了大蒜 11 种矿质营养元素变量总方差的 93.614%,他们对 11 种矿质营养元素的方差贡献率分别是 38.902%,35.374%,19.338%,公因子方差给出该模型对各个变量所能解释的方差比例均大于 85%,说明该模型在阐明以因子形式表现的变量间的关联时,可信度很高。

因子载荷表明了原先的矿质营养变量与因子间的关联度,若以因子载荷大于 0.500 为划分依据的话,第一个因子(X_1)占有总方差的 38.902%,对 Mg、S、Fe、N、P 有高的正载荷;第二个因子(X_2)对

表 3 大蒜必需矿质营养因子的提取和分析

Table 3 The essential mineral elements factors of the garlic were distilled and analyzed

矿质元素 Mineral element	因子载荷 Factor loading			公因子方差 Communalities
	X_1	X_2	X_3	
Mg	0.962	0.062	-0.041	0.931
S	0.947	-0.043	0.240	0.956
Fe	0.935	-0.167	0.251	0.966
N	0.893	-0.395	-0.039	0.955
P	0.837	0.415	0.120	0.888
Se	0.009	0.989	-0.084	0.986
Zn	-0.012	0.969	0.080	0.946
Ca	-0.230	0.912	0.301	0.975
K	0.075	0.837	0.442	0.901
Mn	0.131	-0.068	0.947	0.913
Cu	0.090	0.280	0.891	0.880
特征值 Eigenvalues	4.464	4.263	1.570	
方差 Variance(%)	38.902	35.374	19.338	

Se、Zn、Ca、K 有高的正载荷,占有总方差的 35.374%;第三个因子(X_3)占有总方差的 19.338%,对 Mn、Cu 有高的正载荷。

大蒜品质(大蒜素、维生素 C、硒的组分)与大蒜矿质营养因子(X_1 、 X_2 、 X_3)间存在明显的线性相关。通过对它们之间相互关系的模拟估计发现:(1)无机硒与矿质营养因子间($Y=0.298+0.0178X_2$, $R^2=0.648$, $F=51.641^{**}$);(2)有机硒与矿质营养因子间($Y=5.162+4.144X_2-0.349X_3$, $R^2=0.986$, $F=931.438^{**}$);(3)硒有机率与矿质营养因子间($Y=88.966+7.497X_2$, $R^2=0.866$, $F=180.391^{**}$);(4)大蒜素与矿质营养因子间($Y=26.132+1.479X_1+0.813X_2+0.563X_3$, $R^2=0.847$, $F=48.049^{**}$);(5)维生素 C 与矿质营养因子间($Y=78.204+0.526X_3+0.436X_2+0.298X_1$, $R^2=0.897$, $F=75.696^{**}$)均存在直线模型关系。据此,我们可以对矿质营养因子按大蒜营养品质(食用、保健、风味)的思路来命名,即 X_1 —风味因子(Mg、S、Fe、N、P), X_2 —保健因子(Se、Zn、Ca、K), X_3 —食品因子(Mn、Cu)。

2.4 硒硫配施对大蒜矿质营养和硒组分因子的影响

通过不同硒硫处理对大蒜矿质因子得分影响的方差分析表明(表 4),不同供硫水平对大蒜食品因子影响最大,其次是保健因子和风味因子,均达到极显著水平;加硒与不加硒相比较,影响最大的是保健因子,其次是食品因子和风味因子,其中对保健因子和食品因子影响达到了极显著水平;硒硫配施对大蒜风味因子的影响最大,其次是食品因子和保健因子,均达极显著水平。所以对大蒜三类营养品质因子(风味因子、保健因子和食品因子)影响最大是硒硫配施和单硫处理。

对表 5 中矿质营养因子得分的分析并结合表 2 中大蒜营养品质的多重比较后发现,加硒处理后风味因子得分除了低硫(硫磺 20mg/kg)配施硒肥后分值增加,其余硒硫配施处理因子分值为负;在高硫和超高硫水平下配施硒肥,对大蒜素含量有降低作用,说明大蒜的风味品质主要是受施用硫肥的影响,硒硫配合中以中低水平(20~40 mg/kg)的硫肥(硫磺)配施硒肥(Na_2SeO_3 20 mg/kg)的效果较好,对大蒜的风味品质因子有一定的改善作用。对于食品因子而言,硒硫配施对大蒜食品因子的影响最大,与风味因子正好相反,在高硫和超高硫水平下(硫磺 80~160mg/kg)配施硒肥(Na_2SeO_3 20 mg/kg)对食品

因子表现为正的效应,对维生素 C 含量有明显的提高效应。保健因子主要与有机硒及硒有机化率呈直线关系,其因子得分中相对较大的正分值主要存在于硒硫配施处理中,在一定范围内(硫磺 0~80mg/kg),随着硫的施用量增加,其分值也随之上升,超高量的硫营养(硫磺 160mg/kg)与硒(Na_2SeO_3 20mg/kg)的配合降低了分值,与大蒜有机硒含量和硒有机化率的变化一致。说明大蒜的保健营养主要受硒的使用和硒硫配合的影响,而且以硒硫交互作用最为明显,所以在研究优质大蒜的安全生产问题时,硒硫配施是关键。

表 4 硒硫配合对大蒜矿质营养因子得分影响的方差分析
Table 4 The analysis of variance and mean squares for the effect of the selenium-sulphur interaction on factor scores

方差来源 Source	自由度 df	平方和 Mean Square		
		风味因子 Flavor factor	保健因子 Health factor	食品因子 Food factor
S	4	0.474**	0.660**	6.580**
Se	1	0.036	25.092**	0.149**
S×Se	4	6.683**	0.279**	0.563**
误差 Error	20	0.017	0.008	0.014

** 显著性概率为 0.01, n = 30。 * * Significant at the 0.01 probability level respectively, n = 30.

表 5 硒硫处理对大蒜矿质营养因子得分的影响
Table 5 The effect of the selenium-sulphur interaction on the mineral factor scores

处理 Treat.	风味因子 Flavor factor	保健因子 Health factor	食品因子 Food factor
S_0+Se_0	-2.026	-1.142	-1.184
S_1+Se_0	-0.303	-0.822	-0.201
S_2+Se_0	0.386	-0.848	0.242
S_3+Se_0	0.673	-0.817	0.602
S_4+Se_0	1.442	-0.945	0.893
S_0+Se_1	1.032	0.326	-1.595
S_1+Se_1	0.513	1.202	-1.212
S_2+Se_1	-0.218	1.219	0.09806
S_3+Se_1	-0.449	1.484	0.936
S_4+Se_1	-1.050	0.341	1.420

注:各处理数据为 3 次重复的平均值。Note: The data were the average of thrice-repeated test.

3 讨论

3.1 因子分析(FA)在植物营养分析上的应用

曹槐等^[6]报道,因子分析可以用于植物矿质营

养的归类和分析。大蒜的矿质营养成分,经过数据约化技术—主成份分析(PCA)和因子分析(FA)处理后,提取出三个主因子,通过大蒜营养品质(食用、药用、风味等)与矿质主因子间的线性关系的模拟,建立相应的数学关系,并从大蒜营养品质的角度分别命名矿质主因子为风味因子、保健因子、食品因子是可行的。影响大蒜风味品质的营养元素主要是Mg、S、Fe、N、P,药用保健品质营养元素除了硒外,必需矿质元素Zn、Ca、K也是关键;食用品质营养元素主要是Mn、Cu,均呈正效应。

以矿质因子得分为二次变量进行方差分析表明,Se、S及其配施对大蒜矿质营养中的保健因子、食品因子等的影响达到了极显著的水平,单施硫肥和硒硫配施对大蒜风味因子得分的影响也达到极显著水平。其影响顺序是:硒硫配施,单施硫肥>单施硒肥。

3.2 大蒜的硒硫营养效应

一般认为,硒硫的协同作用只发生在浓度很低的情况下,高浓度的硫对硒的吸收有抑制作用,还可能降低其它营养元素的吸收,但硒对硫的抑制效应不明显^[13]。马友华等^[14]的研究表明,硒硫交互作用对烟草生长和烟叶品质的影响还受土壤类型、生育时期和硒硫比的制约。我们通过不同处理对营养主因子得分的影响分析,结合硒硫单施和配施的营养效应,结果表明,硒硫配施在一定的比例(1:4~8)下对大蒜的矿质营养表现为促进作用,硒硫配合对大蒜的保健营养(有机硒部分)和食品品质(维生素C)均表现为明显的促进作用,而对风味品质(大蒜素)的影响效应正好相反,说明大蒜的硒硫营养是一个复杂的过程,具体的硒硫配比还有待于进一步的研究。值得注意的是超高量的硫与一定量的硒肥配合后大蒜无机硒含量在所有加硒处理中是最低的,而硒有机化率与单硒处理相比无显著性差异,说明就大蒜硒组分而言,在有机硒含量提高,硒有机化率上升,而有效地降低无机硒含量方面,超高量的硫(硫磺 160kg/hm²)配合一定量的硒肥(Na₂SeO₃ 20mg/kg)施用效果较好,其适宜的比例及具体的作用机理也是今后研究的重点。

经过不同处理间大蒜营养品质的多重比较发现,就风味因子而言,单硒和单硫对S、Mg、Fe、N、P有促进效应,提高了大蒜素的含量,而硒硫配施中除了低硫配施硒肥(S₁+Se₁)外,其余处理与单施硫肥相比均表现为负效应,与Mikkelsen and Wan^[15]在

大麦和水稻的液培试验中发现Se—S协同作用只发生在低浓度的SO₄²⁻的情况下,而高浓度的SO₄²⁻存在的情况下硒硫几乎无协同作用相似。对于保健因子,硒硫配施与单硫、单硒处理比较有极显著的正效应,说明硒硫交互作用是促进大蒜药用品质的的重要因素,同时加强锌、钙、钾的营养也十分重要。对于食品营养因子,单硒(S₀+Se₁)和低硫(S₁+Se₀)及其与硒肥配合(S₁+Se₁)处理分值为负,说明与食品营养品质有关的维生素C含量主要受硫的影响,同时应当注意Mn、Cu等直接与Vc形成有关的微量元素的供应。

参考文献:

- [1] 陈能煜,伍睿,陈丽,等. 大蒜研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 1999, 12(2): 67-73.
- [2] Finley J W, Ip D, Lisk D J *et al*. Cancer-protective properties of high-selenium broccoli[J]. J. of Agric. and Food Chem., 2001, 49(5): 2679-2683.
- [3] Ip C, Birringer M, Block E *et al*. Chemical speciation influences comparative activity of selenium-enriched garlic and yeast in mammary cancer prevention[J]. J. of Agric. and Food Chem., 2000, 48(6): 2062-2070.
- [4] Hu Qihui, Pan Genxing Zhu Jianchun. Effect of fertilization on selenium content of tea and the nutritional function of Se-enriched tea in rats[J]. Plant and Soil, 2002(238): 91-95.
- [5] 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): 34-3347.
- [6] 曹槐,张晓林,刘世熙,等. 烤烟矿质营养分布的因子分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(3): 318-324.
- [7] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [8] 瞿建国,徐伯兴,龚书椿. 上海不同地区土壤中硒的形态分布及其有效性研究[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 398-403.
- [9] 王永勤,曹家树,李建华,等. 施硒对大蒜产量和含硒量的影响[J]. 园艺学报, 2001, 28(5): 425-429.
- [10] 赵凤泽,沈刚哲,南极星. 硒的分析概况[J]. 广东微量元素科学, 2001, 8(11): 1-12.
- [11] 邵俊杰. 食品分析大全(第一卷)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996.
- [12] 何照范,张迪清. 保健食品化学及其检测技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [13] Milchunas D G, Lavenroth W K, Dodd J L. The interaction of atmospheric and soil sulfur on the sulfur and selenium concentration of range plants[J]. Plant and Soil, 1983, 72: 117-125.
- [14] Ma Youhua, Zhang Ji, Zhen Zhu, Wei Min. Effect of Selenium and Sulfur Interaction on the growth and quality of Flur-cured Tobacco[J]. 安徽农业大学学报, 2000, 27(4): 313-320.
- [15] Mikkelsen R. L., Wan H F. The effect of selenium on sulfur uptake by barley and rice[J]. Plant and Soil, 1990, 121: 151-153.