



中国大蒜主产区主要品种鳞茎品质及其与产地土壤养分的关系

李攀龙, 李夏夏, 杨帆, 赵勇强, 孟焕文, 程智慧

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 以全国 16 个省区 50 个品种大蒜与对应土壤为材料, 分析大蒜鳞茎中大蒜素、硒元素、锗元素、可溶性糖、可溶性蛋白的含量, 测定蒜瓣数、蒜头质量等 7 个鳞茎性状及土壤化学性状指标, 通过主成分分析对鳞茎性状进行综合评价, 分析大蒜鳞茎与产地土壤化学性质的相关性。结果表明: 大蒜素、硒、锗和可溶性糖 4 个主成分累计方差贡献率达到 79.8%, 反映大蒜品种鳞茎品质的基本信息。鳞茎营养品质大蒜素、硒、锗、可溶性糖、可溶性蛋白及表型品质蒜瓣数、蒜头质量综合排序, 品质较好的 ($F \geq 0.5$) 品种是‘苏 02’‘苏 01’‘贵 02’‘豫 07’和‘晋 01’, 品质一般 ($0 \leq F < 0.5$) 的品种 19 个, 品质较差 ($F < 0$) 的品种超过一半。相关分析表明, 土壤养分含量与大蒜品质间的相关性较小, 只有硫元素与大蒜素和可溶性糖显著正相关, 土壤 pH 与大蒜锗含量显著正相关, 土壤 N 含量与大蒜可溶性糖极显著正相关。

关键词 大蒜; 品种; 品质; 土壤; 相关性

中图分类号 S633.4

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2020)06-0949-09

大蒜最早是用于预防瘟疫和治病的, 现代医学研究发现, 大蒜有改善人体代谢、防癌抗癌、降低血糖、防治糖尿病、抗菌消炎、改善免疫调节等保健功效, 其保健功效主要源于其功能成分大蒜素、硒元素和锗元素。在美国, 大蒜素制品更是排在了人参等保健药物的首位^[1]。在完整的大蒜中没有大蒜素, 但含有硫化合物蒜氨酸 (alliin)^[2]。当大蒜受到机械破损时, 能形成主要活性物质—有机硫化物, 其有机硫化物多达 30 多种, 而蒜素约占 70%^[3-5]。大蒜中硒含量是蔬菜中最高的, 是其他蔬菜的 20~30 倍^[6], 同时硒具有抗癌^[7]、防止白肌病、克山病、大骨节病^[8]、保护心脏、延缓衰老等作用。大蒜含锗量也较为丰富, 是一种价格低廉的有机锗源^[3], 有机锗在细胞介导的免疫应答中起作用, 表现出抗癌抗肿瘤的效果^[9-10], 锗及其化合物可清除动植物体内产生的自由基, 避免各细胞器受到自由基攻击^[11-12]。

中国是世界上大蒜主产国, 大蒜品种资源丰富, 各地都有优良品质, 但对其功能成分缺乏系统分析和评价。土壤是大蒜生长的主要介质, 关于

土壤化学性质 pH、有机质和主要养分 (N、P、K、S) 及硒、锗元素含量与大蒜功能成分含量的关系尚缺乏系统研究结果。但由于品种退化, 大蒜存在着不同程度的减产问题, 引进优质品种, 生产优质大蒜, 是生产者和消费者及加工企业迫切的实际需要。

本研究从国内 16 个大蒜主产省区采集 50 个大蒜品种及其土壤, 测定大蒜鳞茎功能成分和品质, 测定土壤 pH 和主要养分 (N、P、K、S) 及硒、锗等元素含量, 分析各主产区大蒜鳞茎品质及其与原产地土壤的关系, 以期为大蒜品种加工利用和引种栽培提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2017 年 6—8 月, 采集全国 16 个省区 50 份大蒜品种与对应土壤 (表 1)。每份采集回大蒜样本称取 400 g, 存放到超低温冰箱中保存, 用于品质分析, 土壤样品风干保存, 用于 pH、有机质及硒、锗等元素含量测定。

收稿日期:2019-08-09 **修回日期:**2019-09-24

基金项目:国家自然科学基金 (31772293); 西北农林科技大学教育发展基金项目 (2017)。

第一作者:李攀龙, 男, 硕士研究生, 从事大蒜种质资源研究。E-mail: 1185331475@qq.com

通信作者:孟焕文, 女, 副教授, 硕士生导师, 主要从事黄瓜育种和蔬菜生理生态研究。E-mail: menghw2005@nwsuaf.edu.cn

程智慧, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事蔬菜生理生态和生物技术研究。E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

表 1 供试大蒜品种和产地
Table 1 Tested garlic collections and its origin

序号 No.	品种 Variety	产地 Place of origin	序号 No.	品种 Variety	产地 Place of origin
1	川 01 Chuan 01	四川彭州 Pengzhou, Sichuan	26	青 02 Qing 02	青海乐都 Ledu, Qinghai
2	川 02 Chuan 02	四川彭州 Pengzhou, Sichuan	27	陕 01 Shaan 01	陕西兴平 Xingping, Shaanxi
3	川 03 Chuan 03	四川德阳 Deyang, Sichuan	28	陕 02 Shaan 02	陕西兴平 Xingping, Shaanxi
4	甘 01 Gan 01	甘肃临洮 Linyi, Gansu	29	苏 01 Su 01	江苏邳州 Pizhou, Jiangsu
5	甘 02 Gan 02	甘肃临洮 Linyi, Gansu	30	苏 02 Su 02	江苏邳州 Pizhou, Jiangsu
6	甘 03 Gan 03	甘肃临洮 Linyi, Gansu	31	苏 03 Su 03	江苏邳州 Pizhou, Jiangsu
7	甘 04 Gan 04	甘肃甘州 Ganzhou, Gansu	32	苏 04 Su 04	江苏邳州 Pizhou, Jiangsu
8	甘 05 Gan 05	甘肃甘州 Ganzhou, Gansu	33	皖 01 Wan 01	安徽亳州 Bozhou, Anhui
9	甘 06 Gan 06	甘肃民乐 Minle, Gansu	34	新 01 Xin 01	新疆昭苏 Zhaosu, Xinjiang
10	贵 01 Gui 01	贵州毕节 Bijie, Guizhou	35	新 02 Xin 02	新疆吉县 Ji County, Xinjiang
11	贵 02 Gui 02	贵州务川 Wuchuan, Guizhou	36	新 03 Xin 03	新疆吉县 Ji County, Xinjiang
12	贵 03 Gui 03	贵州麻江 Majiang, Guizhou	37	新 04 Xin 04	新疆吉县 Ji County, Xinjiang
13	黑 01 Hei 01	黑龙江阿城 Acheng, Heilongjiang	38	新 05 Xin 05	新疆吉县 Ji County, Xinjiang
14	黑 02 Hei 0	黑龙江宁安 Ning'an, Heilongjiang	39	新 06 Xin 06	新疆吉木萨尔 Jimsar, Xinjiang
15	冀 01 Ji 01	河北永年 Yongnian, Hebei	40	新 07 Xin 07	新疆伊宁 Yining, Xinjiang
16	冀 02 Ji 01	河北邯郸 Handan, Hebei	41	新 08 Xin 08	新疆伊宁 Yining, Xinjiang
17	津 01 Jin 01	天津宝坻 Baodi, Tianjin	42	新 09 Xin 09	新疆吉木萨尔 Jimsar, Xinjiang
18	晋 01 Jin 01	山西榆次 Yuci, Shanxi	43	豫 01 Yu 01	河南临颍 Linyi, Henan
19	辽 01 Liao 01	辽宁海城 Haicheng, Liaoning	44	豫 02 Yu 02	河南中牟 Zhongmou, Henan
20	辽 02 Liao 02	辽宁开原 Kaiyuan, Liaoning	45	豫 03 Yu 03	河南中牟 Zhongmou, Henan
21	鲁 01 Lu 01	山东兰陵 Lanling, Shandong	46	豫 04 Yu 04	河南杞县 Qixian, Henan
22	鲁 02 Lu 02	山东兰陵 Lanling, Shandong	47	豫 05 Yu 05	河南杞县 Qixian, Henan
23	鲁 04 Lu 04	山东金乡 Jinxiang, Shandong	48	豫 06 Yu 06	河南杞县 Qixian, Henan
24	鲁 05 Lu 05	山东金乡 Jinxiang, Shandong	49	豫 07 Yu 07	河南杞县 Qixian, Henan
25	青 01 Qing 01	青海乐都 Ledu, Qinghai	50	粤 01 Yue 01	广东江门 Jiangmen, Guangdong

1.2 方法

大蒜素含量测定采用液相色谱法^[13], 硒和锗元素含量测定采用等离子发射质谱法, 可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 法^[14]。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[15], 鳞茎性状测定参照《大蒜种质资源描述规范和数据标准》^[16]。

土壤硫元素测定采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)^[17]。锗元素含量测定采用电感耦合等离子质谱法(ICP-MS)。硒元素含量测定采用氢化物原子荧光光谱法^[18]。前处理方法如下:称量 0.50 g 样品于消煮管中,加入 12 mL 硝酸,静置过夜,次日于 150 ℃进行消解,溶液消煮到 5 mL 时取出,待消煮管温度降至常温后加入 5 mL 过氧化氢,在 100 ℃反应完全后加热至 160 ℃继续消解,溶液消煮到 1 mL 后用水定容至 25 mL,混匀,重复 3 次。有机质含量测定采用重铬酸钾容量法,土壤 pH 测定采用电位法,速效磷含量测定采用碳酸氢钠浸提—分光光度

法,速效钾含量测定采用乙酸铵浸提—火焰光度法^[19],速效氮含量测定采用凯氏法^[20]。

1.3 数据处理

利用 Excel 2007 对数据进行处理,用 SPSS 17 进行相关性分析和主成分分析。数据以“平均数±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 不同品种大蒜鳞茎营养指标

50 个大蒜品种鳞茎营养指标测定结果见表 2。大蒜素含量最多和最少的品种分别是‘川 01’(5.23 mg/g)和‘甘 02’(0.16 mg/g),变异系数为 94%;品种间大蒜素含量差异较大,但同省份不同品种间差异较小。硒元素含量为 3.63~143.2 μg/kg,最高的是‘晋 01’,变异系数为 53%,同地区品种间和各地品种间差异都较大。锗元素含量不同地区、不同品种间差异都较小,变异系数 18%,含量最多的为‘贵 02’(1.54 μg/kg),最少

表 2 不同品种大蒜鳞茎营养与性状指标

Table 2 Bulb nutrition and agronomy traits of different garlic collections

品种 Variety		大蒜素/ (mg/g) Allicin	硒/ (μg/kg) Se	锗/ (μg/kg) Ge	可溶性糖/% Soluble sugar	可溶性蛋白/ (mg/g) Soluble protein	蒜瓣数 Number of garlic cloves	蒜头质量/g Garlic mass
川 01	Chuan 01	5.23±0.23	11.26±1.58	0.38±0.03	57.0±0.7	54.9±0.2	8.5±2.5	9.5±1.2
川 02	Chuan 02	3.12±0.87	16.29±1.97	0.52±0.05	56.5±5.8	53.8±2.0	5.5±0.5	13.8±0.7
川 03	Chuan 03	2.94±0.24	15.54±0.89	0.72±0.04	36.8±0.6	54.4±0.7	5.5±1.5	9.5±1.3
甘 01	Gan 01	0.23±0.00	4.21±0.16	0.73±0.03	41.3±2.6	68.4±0.6	8.5±0.5	42.6±3.6
甘 02	Gan 02	0.16±0.01	7.31±0.18	0.92±0.02	86.7±2.7	64.7±4.0	6.5±1.5	54.4±4.3
甘 03	Gan 03	0.24±0.02	3.69±0.08	0.84±0.02	52.7±1.8	73.8±3.0	5.5±1.5	32.5±2.3
甘 04	Gan 04	0.23±0.02	12.42±0.67	0.72±0.09	26.6±4.4	62.2±4.5	17.5±1.5	30.4±2.8
甘 05	Gan 05	0.28±0.01	26.08±0.25	0.95±0.07	72.8±4.1	59.9±7.2	8.0±2.0	32.1±1.3
甘 06	Gan 06	0.26±0.03	15.16±0.35	0.52±0.02	68.1±4.0	44.4±1.8	8.0±2.0	38.3±3.5
贵 01	Gui 01	2.74±0.38	28.79±4.69	0.77±0.08	56.5±1.8	53.0±3.3	8.0±1.0	28.1±2.1
贵 02	Gui 02	1.69±0.12	42.76±2.18	1.54±0.12	82.9±11.0	49.1±0.6	2.5±0.5	14.3±1.7
贵 03	Gui 03	2.30±0.08	47.65±17.73	0.56±0.06	76.5±1.4	45.1±3.3	5.5±0.5	12.9±3.0
黑 01	Hei 01	1.21±0.22	18.67±4.32	0.49±0.06	46.1±2.9	52.4±3.6	10.0±1.0	27.6±1.6
黑 02	Hei 0	1.46±0.04	9.92±1.09	0.32±0.04	75.6±14.4	57.7±0.3	6.5±0.5	26.4±3.1
冀 01	Ji 01	1.77±0.27	38.96±8.04	0.50±0.04	69.1±7.3	56.4±0.8	5.0±1.0	29.6±1.5
冀 02	Ji 01	1.33±0.46	6.37±1.09	0.67±0.08	61.0±5.1	45.9±0.8	13.0±2.0	48.5±4.3
津 01	Jin 01	0.60±0.11	21.90±1.04	0.49±0.03	41.2±3.5	55.0±2.3	6.0±2.0	27.5±3.0
晋 01	Jin 01	0.47±0.13	143.00±68	0.98±0.24	62.4±1.2	57.7±1.2	5.5±1.5	27.2±1.7
辽 01	Liao 01	0.67±0.05	22.01±1.39	0.66±0.01	41.0±1.1	56.5±2.6	7.0±1.0	33.6±2.4
辽 02	Liao 02	0.79±0.08	11.17±2.89	0.56±0.04	70.6±2.6	56.8±0.8	6.5±1.5	36.5±1.7
鲁 01	Lu 01	1.66±0.11	26.75±4.89	0.51±0.07	58.8±6.0	54.3±6.7	7.0±1.0	28.5±1.2
鲁 02	Lu 02	1.53±0.02	34.26±1.32	0.41±0.05	54.1±2.1	73.6±1.2	5.0±1.0	38.4±2.7
鲁 04	Lu 04	0.76±0.15	18.71±2.07	0.42±0.01	70.0±3.1	71.9±0.9	14.0±2.0	39.3±1.6
鲁 05	Lu 05	0.68±0.02	19.19±1.56	0.39±0.01	72.3±7.8	35.2±0.0	12.0±2.0	55.3±4.1
青 01	Qing 01	0.30±0.06	20.03±6.57	0.54±0.02	52.2±0.4	44.7±4.9	7.0±1.0	59.6±3.7
青 02	Qing 02	0.72±0.11	36.31±0.71	0.63±0.04	55.1±0.9	49.4±4.0	6.5±4.5	61.5±5.1
陕 01	Shaan 01	2.33±0.32	43.81±6.67	0.65±0.08	79.0±10.7	30.1±4.0	6.0±2.0	23.2±1.7
陕 02	Shaan 02	1.17±0.21	43.81±13.69	0.58±0.09	82.7±1.3	32.8±1.6	17.5±1.5	55.9±3.6
苏 01	Su 01	0.77±0.05	28.59±14.23	0.83±0.12	64.2±1.6	54.0±0.8	22.5±2.5	46.9±3.2
苏 02	Su 02	0.67±0.16	14.98±7.49	0.77±0.05	56.3±1.6	56.8±1.9	15.5±3.1	68.1±4.0
苏 03	Su 03	2.52±0.13	10.87±0.58	0.65±0.02	79.5±5.5	52.5±2.4	13.0±1.0	40.2±3.7
苏 04	Su 04	1.08±0.08	6.61±0.01	0.62±0.03	59.9±2.9	49.9±0.5	12.0±1.0	55.8±4.3
皖 01	Wan 01	3.05±0.08	29.27±0.86	0.71±0.03	54.2±2.2	72.5±0.9	8.0±1.0	14.1±1.1
新 01	Xin 01	0.20±0.02	91.20±4.48	0.74±0.03	56.9±0.5	46.2±0.5	10.0±1.0	31.6±4.2
新 02	Xin 02	0.82±0.01	3.63±0.03	0.77±0.07	57.7±2.6	43.9±0.6	8.5±1.5	19.5±1.4
新 03	Xin 03	0.39±0.01	17.98±1.19	0.75±0.05	50.8±2.4	41.4±0.9	7.0±1.0	24.7±2.7
新 04	Xin 04	0.30±0.00	17.96±0.56	0.70±0.02	60.0±3.1	55.0±1.0	5.5±1.5	31.4±2.8
新 05	Xin 05	0.80±0.01	7.92±0.53	0.77±0.05	69.5±4.6	43.5±0.9	7.0±1.0	23.6±2.5
新 06	Xin 06	0.25±0.01	20.84±0.07	0.72±0.03	81.1±2.9	53.5±1.3	9.0±2.0	34.5±3.4
新 07	Xin 07	0.19±0.00	41.66±3.42	0.65±0.04	51.5±1.7	84.7±2.4	9.5±0.0	47.4±2.7
新 08	Xin 08	1.19±0.07	15.31±2.63	0.62±0.03	67.9±3.8	51.9±1.2	8.0±2.0	56.2±3.4
新 09	Xin 09	0.48±0.01	35.25±0.92	0.65±0.01	61.2±3.4	51.7±1.3	8.0±1.0	29.3±2.4
豫 01	Yu 01	0.48±0.08	24.15±3.03	0.39±0.02	64.8±2.5	53.3±2.8	15.0±2.0	59.8±3.7
豫 02	Yu 02	0.91±0.04	8.52±0.26	0.44±0.09	90.1±7.7	57.5±1.3	11.0±1.0	59.4±3.2
豫 03	Yu 03	0.48±0.02	6.76±0.14	0.46±0.02	88.7±4.0	41.5±5.4	12.5±3.5	59.4±2.9
豫 04	Yu 04	0.75±0.08	58.40±14.79	0.73±0.01	91.1±4.4	34.4±5.1	14.0±1.0	86.4±4.7
豫 05	Yu 05	0.35±0.07	63.56±14.54	0.59±0.04	89.0±4.7	44.6±5.9	11.0±1.0	53.6±3.5
豫 06	Yu 06	0.54±0.06	79.39±1.28	0.66±0.07	65.6±30	54.6±4.6	10.0±1.0	36.2±1.9
豫 07	Yu 07	0.18±0.02	73.11±0.22	0.75±0.04	59.0±3.3	49.2±4.4	14.5±1.5	76.2±3.9
粤 01	Yue 01	3.04±0.04	9.47±0.10	0.48±0.04	42.7±1.4	52.1±3.1	10.5±0.5	26.5±0.8
变异系数/% Coefficient of variation		94	92	31	24.1	20.0	43	46

表 3 中国主产区大蒜品种产地土壤化学性状

Table 3 Chemical properties of soils from maingarlic producing areas in China

品种 Variety	Se/(mg/kg)	Ge/(mg/kg)	S/(mg/kg)	N/(mg/kg)	P/(mg/kg)	K/(mg/kg)	pH	有机质/(mg/kg) Organic matter
川 01 Chuan 01	0.32±0.00	1.54±0.01	429±4	51.4±0.0	32.8±0.0	234±0	6.7±0.1	4.20±0.00
川 02 Chuan 02	0.60±0.18	1.32±0.04	481±14	35.8±2.6	35.2±6.8	187±8	7.0±0.3	3.64±0.17
川 03 Chuan 03	0.32±0.00	1.46±0.01	460±1	47.4±0.0	32.8±0.0	170±0	6.1±0.0	4.03±0.00
甘 01 Gan 01	0.11±0.00	1.45±0.01	226±3	76.6±0.0	46.5±0.0	300±0	8.0±0.0	1.20±0.00
甘 02 Gan 02	0.11±0.00	1.43±0.00	206±2	91.7±0.0	38.9±0.0	275±0	8.1±0.0	0.84±0.00
甘 03 Gan 03	0.12±0.00	1.42±0.00	192±3	85.2±3.8	33.5±3.1	261±8	7.9±0.1	0.94±0.06
甘 04 Gan 04	0.26±0.01	1.48±0.01	344±13	54.8±0.3	42.1±5.6	314±21	8.0±0.0	2.05±0.15
甘 05 Gan 05	0.23±0.01	1.45±0.03	340±15	63.5±18.0	27.5±8.7	384±52	8.2±0.0	1.93±0.08
甘 06 Gan 06	0.22±0.00	1.44±0.01	331±6	41.3±0.0	26.9±0.0	291±0	8.2±0.0	1.86±0.00
贵 01 Gui 01	0.32±0.13	1.78±0.07	446±120	237.2±97.3	21.2±8.7	420±120	6.8±0.8	3.86±0.21
贵 02 Gui 02	0.39±0.00	1.31±0.00	366±3	45.4±0.0	24.7±0.0	387±0	8.0±0.1	3.14±0.00
贵 03 Gui 03	0.43±0.06	1.23±0.06	446±34	26.9±4.4	17.6±7.7	326±94	6.3±0.9	4.55±0.34
黑 01 Hei 01	0.19±0.00	1.43±0.05	304±38	97.8±20.4	59.3±20.4	667±65	7.4±0.2	3.06±0.51
黑 02 Hei 0	0.20±0.02	1.41±0.07	268±64	74.6±24.4	100.3±18.8	749±247	7.1±0.1	3.19±0.02
冀 01 Ji 01	0.28±0.04	1.52±0.01	387±54	61.5±8.2	39.2±4.8	498±120	8.0±0.1	2.23±0.15
冀 02 Ji 01	0.16±0.00	1.34±0.01	320±28	97.1±10.2	23.7±1.8	279±30	8.1±0.1	1.69±0.06
津 01 Jin 01	0.22±0.02	1.47±0.03	870±170	144.2±13.1	97.6±21.1	667±18	7.3±0.1	3.71±0.23
晋 01 Jin 01	0.16±0.03	1.29±0.03	204±17	54.4±9.6	25.0±6.8	232±35	7.9±0.1	0.97±0.18
辽 01 Liao 01	0.25±0.03	1.42±0.05	428±89	223.3±105.6	144.0±6.8	665±62	7.4±0.1	3.02±0.19
辽 02 Liao 02	0.29±0.04	1.25±0.02	416±101	190.5±30.1	96.6±20.2	601±92	6.9±0.1	3.77±0.83
鲁 01 Lu 01	0.19±0.00	1.43±0.05	263±6	84.7±22.3	58.6±13.1	397±42	7.2±0.2	2.04±0.09
鲁 02 Lu 02	0.22±0.00	1.56±0.01	312±2	96.8±0.0	105.8±0.0	582±0	7.3±0.1	2.17±0.00
鲁 04 Lu 04	0.19±0.01	1.45±0.03	—	52.4±9.0	37.1±9.0	599±59	8.1±0.0	1.52±0.11
鲁 05 Lu 05	0.17±0.00	1.38±0.02	—	74.6±1.2	32.1±0.2	581±6	8.0±0.1	1.39±0.01
青 01 Qing 01	0.25±0.03	1.43±0.00	540±85	78.3±26.9	79.2±1.7	273±15	7.6±0.1	2.66±0.17
青 02 Qing 02	0.26±0.00	1.43±0.01	338±2	34.3±0.0	31.6±0.0	468±0	7.7±0.0	2.72±0.00
陕 01 Shaan 01	0.27±0.01	1.39±0.01	243±5	85.7±30.2	36.0±22.1	340±57	7.5±0.1	2.04±0.22
陕 02 Shaan 02	0.28±0.04	1.39±0.03	323±29	74.6±3.5	74.0±18.6	453±93	7.6±0.1	2.00±0.11
苏 01 Su 01	0.17±0.00	1.39±0.01	—	302.4±179.6	10.3±3.5	486±22	7.9±0.2	1.67±0.14
苏 02 Su 02	0.21±0.03	1.39±0.03	632±3	162.0±13.5	38.8±12.8	327±74	7.8±0.0	2.28±0.34
苏 03 Su 03	0.12±0.00	1.32±0.00	—	746.0±89.6	23.9±3.5	335±33	7.4±0.0	1.67±0.03
苏 04 Su 04	0.17±0.00	1.45±0.01	—	92.7±0.0	36.5±0.0	568±0	8.1±0.0	1.74±0.00
皖 01 Wan 01	0.15±0.05	1.27±0.19	186±56	45.4±2.9	6.6±2.3	305±68	8.1±0.0	1.11±0.51
新 01 Xin 01	0.34±0.00	1.47±0.01	702±0	252.0±0.0	90.9±0.0	998±0	7.6±0.0	7.42±0.00
新 02 Xin 02	0.20±0.00	1.44±0.00	—	153.2±0.0	60.1±0.0	478±0	7.6±0.0	2.88±0.00
新 03 Xin 03	0.20±0.00	1.44±0.00	390±2	92.7±0.0	47.4±0.0	268±0	7.6±0.0	2.84±0.00
新 04 Xin 04	0.20±0.00	1.44±0.00	—	92.7±0.0	47.4±0.0	268±0	7.6±0.0	2.84±0.00
新 05 Xin 05	0.20±0.00	1.44±0.00	—	92.7±0.0	47.4±0.0	268±0	7.6±0.0	2.84±0.00
新 06 Xin 06	0.20±0.00	1.49±0.03	—	152.2±34.3	41.5±3.4	382±66	7.5±0.1	2.98±0.08
新 07 Xin 07	0.19±0.00	1.45±0.01	288±4	43.4±0.0	63.1±0.0	450±0	8.2±0.0	1.44±0.00
新 08 Xin 08	0.20±0.00	1.35±0.01	418±12	142.6±24.2	126.7±4.4	596±54	7.9±0.1	2.22±0.48
新 09 Xin 09	0.20±0.00	1.44±0.00	287±2	92.7±0.0	47.4±0.0	268±0	7.6±0.0	2.84±0.00
豫 01 Yu 01	0.29±0.01	1.45±0.05	—	95.1±21.1	11.6±2.1	469±60	7.8±0.1	2.57±0.19
豫 02 Yu 02	0.16±0.00	1.17±0.01	—	57.5±0.0	30.7±0.0	241±0	7.9±0.0	1.60±0.00
豫 03 Yu 03	0.16±0.00	1.32±0.01	—	112.9±0.0	20.2±0.0	494±0	7.1±0.0	1.79±0.00
豫 04 Yu 04	0.20±0.02	1.35±0.04	203±9	83.3±21.8	21.1±6.5	319±22	7.9±0.1	1.44±0.05
豫 05 Yu 05	0.19±0.02	1.39±0.07	220±29	96.4±16.6	15.5±2.7	361±33	7.9±0.0	1.26±0.15
豫 06 Yu 06	0.17±0.00	1.32±0.01	—	85.7±0.0	10.9±0.0	298±0	7.9±0.0	0.97±0.00
豫 07 Yu 07	0.24±0.01	1.33±0.02	450±73	300.9±60.2	25.5±0.9	561±52	7.7±0.1	1.38±0.03
粤 01 Yue 01	0.27±0.00	1.00±0.00	237±1	42.3±0.0	27.7±0.0	119±0	6.8±0.1	1.99±0.00
均值 Mean	0.23	1.40	361	114.2	45.0	407	7.6	2.39
变异系数/% Coefficient of variation	38	8	41	97	68	42	6	49

注:“—”为缺失数据。

Note:“—” indicates missed data.

的是‘黑 02’(0.32 $\mu\text{g/kg}$),相差约 5 倍。可溶性糖变异系数为 24%,但同地区及品种间差异较小,‘豫 01’含量最高,达 91.1%;最低的是‘甘 04’(26.6%)。可溶性蛋白含量变异系数为 20%,5 项指标差异最小;以‘新 07’可溶性蛋白含量最高(84.7 mg/g),‘陕 01’最低(30.1 mg/g)。

2.2 不同大蒜品种产地土壤主要化学性状差异

从表 3 可以看出,不同地区土壤的主要养分(N、P、K、S)含量差异较大,有机质含量差异也较大。锗含量变化区间为 1.23~1.78 mg/kg ,不同地区间差异较小。硒含量变化区间为 0.11~0.6 mg/kg ,甘肃、黑龙江等春播区省份的土壤硒含量较低。硫含量变化区间为 186~870 mg/kg ,变化范围较大,但同省份差异较小。N、P、K 和有机质的变异系数较大,并有较明显的地域特点,同省份差异较小,不同省份间差异较大。

2.3 不同品种大蒜鳞茎品质性状的主成分分析

表 4 为不同大蒜品种各主成分的特征值与贡献率,可以看出第一至第四主成分分别可以解释 27.7%、20.2%、17.1%和 14.8%的方差变异,前 4 个主成分特征值都大于 1,且其累计方差贡献率达到了 79.8%,已能反映主产区大蒜品种鳞茎性状的基本情况^[21]。

表 4 主成分的特征值、方差贡献率和累计方差贡献率

Table 4 Characteristic values of main components, variance contribution rate and cumulative variance contribution rate			
主成分 Main ingredient	特征值 Eigenvalues	方差贡献率/% Variance contribution rate	累计方差贡献率/% Cumulative variance contribution rate
1	1.936	27.7	27.7
2	1.418	20.3	47.9
3	1.198	17.1	65.0
4	1.033	14.8	79.8
5	0.678	9.7	89.5
6	0.448	6.4	95.9
7	0.289	4.1	100.0

表 5 大蒜品质指标各主成分得分系数矩阵

Table 5 Main component score coefficient matrix of garlic quality indicators				
性状 Traits	成分 1 Ingredient 1	成分 2 Ingredient 2	成分 3 Ingredient 3	成分 4 Ingredient 4
大蒜素 Alliecin	-0.627	-0.494	0.329	-0.228
硒 Se	0.127	0.709	0.136	-0.401
锗 Ge	-0.040	0.681	0.532	0.317
可溶性糖 Soluble sugar	0.253	-0.310	0.775	0.342
可溶性蛋白 Soluble protein	-0.270	0.092	-0.390	0.776
蒜瓣数量 Number of garlic cloves	0.770	-0.317	0.078	0.030
蒜瓣质量 Garlic mass	0.892	-0.027	-0.170	0.023

表 5 为大蒜鳞茎性状的得分系数。可以看出,第一主成分主要综合了蒜瓣质量和蒜瓣数量的信息;第二主成分综合了硒和锗含量的信息;第三主成分中可溶性糖正系数最大,为代表指标;第四主成分中可溶性蛋白正系数最大,为代表指标。

2.4 主产区大蒜鳞茎品质评价

根据成分得分计算因子得分,4 个因子得分按方差贡献率加权相加为综合得分,结果见表 6。

根据 F 值可分为如下几类^[22]:

第一类:品质好的($F \geq 0.5$),有‘苏 02’‘苏 01’‘贵 02’等 5 个品种。

第二类:品质一般($0 \leq F < 0.5$)的,有‘苏 04’‘豫 04’‘甘 05’等 19 个品种。

第三类:品质较差($F < 0$)的,有‘冀 02’‘辽 01’‘新 03’等 26 个品种。

根据 F 值排名,品质前 5 名的品种是‘苏 02’‘苏 01’‘贵 02’‘豫 07’和‘晋 01’。

2.5 大蒜功能成分与栽培土壤的相关性

大蒜原产地品质指标与土壤指标的相关性分析表明(表 7)。土壤 N 和可溶性糖呈极显著正相关。土壤 pH 与大蒜 Ge 含量呈显著正相关。土壤硫元素含量与大蒜素呈显著正相关,与可溶性糖含量呈显著正相关。

表 6 中国主产区大蒜品种的因子得分及排序

Table 6 Factor scores and ranking of garlic collections from main producing areas in China

品种 Variety	FAC1_1	FAC1_2	FAC1_3	FAC1_4	F	综合评价 Overview
川 01 Chuan 01	−2.11	−2.27	0.67	−0.89	−1.06	50
川 02 Chuan 02	−1.79	−0.73	−0.36	−0.79	−0.82	49
川 03 Chuan 03	−1.86	−0.22	0.15	−0.35	−0.58	47
甘 01 Gan 01	−0.05	0.31	−1.10	1.49	0.08	22
甘 02 Gan 02	0.11	0.95	−0.74	1.46	0.31	10
甘 03 Gan 03	−0.70	0.78	−0.98	2.00	0.09	21
甘 04 Gan 04	0.59	−0.01	−0.89	0.85	0.13	18
甘 05 Gan 05	−0.18	1.12	0.17	1.06	0.36	8
甘 06 Gan 06	0.26	−0.32	−0.15	−0.34	−0.07	30
贵 01 Gui 01	−0.79	−0.33	1.29	0.08	−0.05	27
贵 02 Gui 02	−1.37	2.43	2.98	0.98	0.77	3
贵 03 Gui 03	−1.21	−0.10	0.77	−1.19	−0.40	42
黑 01 Hei 01	−0.25	−0.60	−0.34	−0.23	−0.28	39
黑 02 Hei 0	−0.76	−1.07	−0.76	0.00	−0.56	46
冀 01 Ji 01	−0.73	−0.31	0.43	−0.02	−0.19	36
冀 02 Ji 01	0.55	−0.60	−0.07	−0.28	−0.02	26
津 01 Jin 01	−0.53	−0.04	−0.78	−0.08	−0.30	40
晋 01 Jin 01	−0.34	3.59	0.63	−0.96	0.60	5
辽 01 Liao 01	−0.32	0.29	−0.43	0.30	−0.06	28
辽 02 Liao 02	−0.30	−0.26	−0.47	0.43	−0.15	35
鲁 01 Lu 01	−0.74	−0.25	−0.58	−0.47	−0.42	44
鲁 02 Lu 02	−0.87	−0.07	−1.53	0.60	−0.43	45
鲁 04 Lu 04	0.30	−0.66	−1.44	1.03	−0.15	34
鲁 05 Lu 05	0.98	−0.75	−0.81	−1.63	−0.26	38
青 01 Qing 01	0.68	−0.10	−0.41	−0.42	0.04	23
青 02 Qing 02	0.49	0.34	−0.24	0.05	0.17	15
陕 01 Shaan 01	−0.78	0.06	0.93	−2.49	−0.41	43
陕 02 Shaan 02	1.57	−0.48	0.53	−1.67	0.18	13
苏 01 Su 01	1.93	−0.70	1.96	1.29	0.92	2
苏 02 Su 02	1.88	−0.90	2.01	1.91	0.96	1
苏 03 Su 03	0.35	−1.66	2.30	0.94	0.29	11
苏 04 Su 04	1.10	−1.27	1.65	1.03	0.48	6
皖 01 Wan 01	−1.65	−0.18	0.03	0.85	−0.36	41
新 01 Xin 01	0.40	1.69	0.44	−1.13	0.36	9
新 02 Xin 02	−0.47	−0.01	0.34	−0.13	−0.09	33
新 03 Xin 03	−0.28	0.42	0.25	−0.47	−0.02	25
新 04 Xin 04	−0.46	0.59	−0.67	0.26	−0.08	32
新 05 Xin 05	−0.40	0.01	0.72	−0.01	0.01	24
新 06 Xin 06	0.07	0.41	−0.29	0.31	0.10	20
新 07 Xin 07	0.10	0.86	−1.55	1.99	0.23	12
新 08 Xin 08	0.40	−0.46	0.27	0.32	0.11	19
新 09 Xin 09	−0.03	0.25	0.48	0.18	0.15	16
豫 01 Yu 01	1.24	−0.66	−1.35	−0.39	−0.08	31
豫 02 Yu 02	0.59	−0.72	−1.41	0.08	−0.21	37
豫 03 Yu 03	1.11	−0.85	−0.59	−0.66	−0.06	29
豫 04 Yu 04	2.07	0.60	0.09	−1.64	0.47	7
豫 05 Yu 05	0.91	0.80	−0.51	−1.26	0.14	17
豫 06 Yu 06	0.23	1.29	−0.26	−0.70	0.18	14
豫 07 Yu 07	1.87	1.19	−0.30	−0.70	0.60	4
粤 01 Yue 01	−0.85	−1.37	−0.08	−0.59	−0.61	48

表 7 不同大蒜品种品质与其原产地土壤指标的相关性

Table 7 Correlations between garlic quality index of different collections and its local soil index

指标 Index	大蒜素 Allicin	Se	Ge	可溶性蛋白 Soluble protein	可溶性糖 Soluble sugar
Se	0.019	0.109	0.002	−0.217	0.019
Ge	0.043	−0.080	0.228	0.131	0.043
N	0.111	−0.007	0.082	−0.074	0.395 * *
P	0.006	−0.126	−0.217	0.107	0.006
K	0.150	0.122	−0.209	0.001	0.150
pH	0.059	0.139	0.308 *	0.152	0.059
有机质 Organic matter	0.135	0.030	−0.064	−0.202	0.135
S	0.330 *	−0.156	−0.014	−0.014	0.354 *

注: * 和 * * 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著相关。
Note: * and * * indicate significant differences at the levels of 0.05 and 0.01, respectively.

3 讨论与结论

3.1 不同大蒜品种产地土壤及蒜种多样性

中国幅员辽阔,形成土壤性质差异大、气候多样的现状。土壤是影响大蒜品质的重要因素,其养分及质地对生长有着重要影响^[23]。本研究对全国 16 个省区 50 个品种大蒜对应土壤分析表明,不同地区土壤的 N、P、K 和有机质的变异系数较大,表现出明显的地域差异。

此外,由于环境气候的差异性,各地栽培大蒜农艺性状及品质性状存在较大的差异性,各地栽培品种均呈现一定的地区适应性^[24]。从 50 份大蒜种质主成分分析结果可以看出,大蒜虽为无性繁育但仍存在遗传多样性。本研究通过对不同大蒜品种各主成分的特征值与贡献率进行比较分析,找出累计方差贡献率达到 79.8% 的 4 大主成分,包括以蒜瓣质量和蒜瓣数量为代表指标的第一主成分;以硒和锗含量为决定性因素的第二主成分;以可溶性糖为代表指标的第三主成分;以及以可溶性蛋白为代表指标第四主成分。这 4 大主成分包含产量构成因子、大蒜鳞茎外观品质构成因子及营养品质构成因子等方面,可以较为客观地揭示大蒜种质的特点^[24]。根据主成分分析后 F 值排名,发现有 19 个品种品质一般,超过一半的大蒜品种品质较差,并通过筛选比较认为‘苏 02’‘苏 01’‘贵 02’‘豫 07’和‘晋 01’品种品质优良,位于品质排名前 5 名,可以考虑将其作为选育主要种质。

3.2 土壤及蒜种相关性评价

本研究对土壤整体指标与大蒜品质进行了相关性分析,发现两者之间存在一定的相关性。大

蒜鳞茎中大蒜素含量与土壤中 S 元素含量呈显著正相关,可溶性糖含量与土壤中 N 含量呈极显著正相关,与 S 呈显著正相关。由此可见,土壤与大蒜营养元素之间存在相互作用的关系。一般情况下大蒜适宜的生长土壤为富含有机质、S、N 等营养元素含量较高的酸性土壤^[25],而本研究在一定程度上验证了这一结论。已有研究表明土壤增施氮肥利于菠菜中可溶性糖含量增加^[26],增施硫肥可显著提高大蒜可溶性糖和大蒜素含量^[27],这可能是由于硫元素和氮元素增强了光合作用,促进了大蒜光合产物的合成和积累。

总之,通过对 16 个省份 50 个大蒜农艺性状、营养品质及相应地区土壤的营养指标进行测定,发现各地大蒜种质类型丰富,遗传差异性较大,土壤与大蒜品质之间存在相关性。本研究为种质资源的选育及栽种土壤选择改良提供了一定的理论依据。

参考文献 Reference:

[1] 鲁焯. 大蒜的食疗保健及在烹调中的运用研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(7): 6-8, 13.
LU X. Study on the health care of garlic and its application in cooking [J]. *Chinese Journal of Chinese Condiments*, 2013, 38(7): 6-8, 13.

[2] 王德振, 李 佳, 张玲玲, 等. 大蒜、洋葱、生姜和辣椒四种香料风味成分研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(1): 179-185.
WANG D ZH, LI J, ZHANG L L, et al. Advances in flavor components of garlic, onion, ginger and pepper [J]. *Chinese Journal of Chinese Condiments*, 2019, 44(1): 179-185.

[3] 康 雅. 大蒜的营养成分及其保健功能[J]. 中国食物与营养, 2010(9): 75-77.
KANG Y. Nutritional composition and health function of

- garlic [J]. *Chinese Journal of Chinese Food and Nutrition*, 2010(9):75-77.
- [4] 闫森森,许真,徐蝉,等.大蒜功能成分研究进展[J].食品科学,2010,31(5):312-318.
YAN M M, XU ZH, XU CH, *et al.* Advances in functional components of garlic [J]. *Chinese Journal of Food Science*, 2010, 31(5):312-318.
- [5] 李瑜,许时婴.分光光度法测定大蒜提取物中硫代亚磺酸酯含量[J].中国调味品,2004(7):43-48.
LI Y, XU SH Y. Spectrophotometric determination of thio-sulfonates in garlic extract [J]. *Chinese Journal of Chinese Condiment*, 2004(7):43-48.
- [6] 方勇,罗佩竹,胡勇,等.大蒜的生物富硒作用及其硒的形态分析[J].食品科学,2012,33(17):1-5.
FANG Y, LUO P ZH, HU Y, *et al.* Biological selenium-enrichment and selenium morphological analysis of garlic [J]. *Chinese Journal of Food Science*, 2012, 33(17):1-5.
- [7] COMBS G F. Chemopreventive mechanisms of selenium [J]. *Medizinische Klinik*, 1999, 94(Suppl3):18-24.
- [8] GE K, YANG G. The epidemiology of selenium deficiency in the etiological study of endemic diseases in China [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1993, 57(2 Suppl):259-263.
- [9] 周公度.化学词典[M].第二版.北京:化学工业出版社,2011:774-775.
ZHOU G D. Chemical Dictionary[M]. Second Edition. Beijing:Chemical Industry Press, 2011:774-775.
- [10] 徐新华,张国刚,王林,等.金属类抗癌药物的研究进展[J].大连医科大学学报,2012,34(5):511-514.
XU X H, ZHANG G G, WANG L, *et al.* Research progress of metal anticancer drugs [J]. *Journal of Dalian Medical University*, 2012, 34(5):511-514.
- [11] GOODMAN S. Therapeutic effects of organic germanium [J]. *Medical Hypotheses*, 1988, 26(3):207-215.
- [12] 黄进,杨国宇,李弘基.抗氧化剂作用机制研究进展[J].自然杂志,2004,26(2):74-78.
HUANG J, YANG G Y, LI H J. Advances in the study of antioxidant mechanisms [J]. *Journal of Nature*, 2004, 26(2):74-78.
- [13] 赵勇强.中国不同产区大蒜鳞茎品质评价及其与产地环境关系分析[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2018.
ZHAO Y Q. Quality evaluation of garlic bulbs from different producing areas in China and its relationship with the environment of producing areas [D]. Yangling Shaanxi:Northwest A&F University, 2018.
- [14] 周振,周能.仁东大蒜蛋白质的测定[J].光谱实验室,2011(5):2435-2438.
ZHOU ZH, ZHOU N. Determination of protein in rendong garlic [J]. *Chinese Journal of Spectrum Laboratory*, 2011(5):2435-2438.
- [15] 张胜珍,马艳芝.苹果总糖含量测定方法比较[J].江苏农业科学,2009(2):252-253.
ZHANG SH ZH, MA Y ZH. Comparison of determination methods of total sugar content in apples [J]. *Chinese Journal of Jiangsu Agricultural Science*, 2009(2):252-253.
- [16] 李锡香,朱德蔚.大蒜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
LI X X, ZHU D W. Garlic Germplasm Resources Description Standards and Data Standards [M]. Beijing:China Agricultural Press, 2006.
- [17] 杨叶琴,赵昌平,赵杰.微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定土壤中8种重金属元素的含量[J].理化检验(化学分册),2019(1):63-67.
YANG Y Q, ZHAO CH P, ZHAO J. Determination of eight heavy metal elements in soil by microwave digestion-inductively coupled plasma atomic emission spectrometry [J]. *Chinese Journal of Physical and Chemical Examination (Chemical Pamphlet)*, 2019(1):63-67.
- [18] 李雅琴.氢化物发生原子荧光光谱法测定土壤中全硒的不确定度评定[J].广东化工,2018,45(11):237-238,249.
LI Y Q. Evaluation of uncertainty in determination of total selenium in soil by hydride generation atomic fluorescence spectrometry [J]. *Chinese Journal of Guangdong Chemical Industry*, 2018, 45(11):237-238, 249.
- [19] 韩宏伟,李勇,王建友,等.新疆沙壤土枸杞园不同土层营养元素的相关性[J].经济林研究,2018,36(1):87-92.
HAN H W, LI Y, WANG J Y, *et al.* Correlation of nutrient elements in different soil layers of Xinjiang sandy loam wolfberry garden [J]. *Chinese Journal of Economic Forest Research*, 2018, 36(1):87-92.
- [20] 叶信栋.浙北平原区土壤营养元素及重金属元素空间变异分析[D].北京:中国地质大学,2018.
YE X D. Spatial variability analysis of soil nutrients and heavy metals in the plain area of northern Zhejiang [D]. Beijing:China University of Geosciences, 2018.
- [21] 安佰义,曲霜,刘晓嘉,等.不同李品种果实品质分析与综合评价[J].北方园艺,2019(2):25-29.
AN B Y, QU SH, LIU X J, *et al.* Fruit quality analysis and comprehensive evaluation of different plum varieties [J]. *Chinese Journal of Northern Horticulture*, 2019(2):25-29.
- [22] 赵娜.温州蜜柑汁品质特性及复配改进研究[D].武汉:华中农业大学,2013.
ZHAO N. Study on the quality characteristics and compound improvement of Wenzhou Citrus Juice [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [23] 高园园,张龙平,任艳云,等.异地换种土壤类型对大蒜生长发育及产量的影响[J].长江蔬菜,2018(18):60-62.
GAO Y Y, ZHANG L P, REN Y Y, *et al.* Effects of different soil types on garlic growth and yield [J]. *Chinese Journal of Changjiang Vegetable*, 2018(18):60-62.
- [24] 陈书霞,周静,申晓青,等.大蒜种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价[J].植物遗传资源学报,2012,13(3):429-434.
CHEN SH X, ZHOU J, SHEN X Q, *et al.* Principal component cluster analysis and comprehensive evaluation of garlic germplasm yield and quality traits [J]. *Journal of*

- Plant Genetic Resources*, 2012, 13(3): 429-434.
- [25] 黄建勋, 陈鹏军. 大蒜生长发育周期及对环境条件的需求[J]. 农业开发与装备, 2015(3): 137.
- HUANG J X, CHEN P J. Garlic growth cycle and demand for environmental conditions [J]. *Agricultural Development and Equipment*, 2015(3): 137.
- [26] 周箬涵, 郁继华, 杨兵丽, 等. 不同氮素形态及配比对娃娃菜产量、品质及其养分吸收的影响[J]. 华北农学报, 2015, 30(3): 216-222.
- ZHOU R H, YU J H, YANG B L, *et al.* Effects of different nitrogen forms and ratios on the yield, quality and nutrient uptake of Chinese cabbage [J]. *North China Agricultural Journal*, 2015, 30(3): 216-222.
- [27] 闫冰洁. 硫对大蒜产量和品质的影响[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2006.
- YAN B J. Effect of sulfur on garlic yield and quality [D]. Tai'an Shandong: Shandong Agricultural University, 2006.

Bulb Quality of Different Collections from Main Producing Areas in China and Its Relations with Local Soil Nutrition

LI Panlong, LI Xiaxia, YANG Fan, ZHAO Yongqiang,
MENG Huanwen and CHENG Zhihui

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract The contents of allicin, selenium, germanium, soluble sugar and soluble protein in garlic bulbs of 50 collections and the corresponding soils from 16 provinces and regions of main producing areas in China were analyzed. The bulb traits such as clove number and bulb mass were also measured. The quality of different garlic collections was evaluated by principal component analysis, and the correlation between garlic bulb quality and the corresponding soil chemical properties was also analyzed. The results showed that the cumulative variance contribution rate of the four main components of allicin, selenium, germanium and soluble sugar reached 79.8%, which reflected the basic information of bulb quality of garlic collections. Bulb nutritional quality allicin, selenium, germanium, soluble sugar, soluble protein, garlic cloves number of phenotypic quality and garlic head mass were comprehensively ranked. The good quality ($F \geq 0.5$) varieties were 'Su 02', 'Su 01', 'Gui 02', 'Yu 07' and 'Jin 01', 19 varieties belonged to general quality ($F < 0.5$), and more than half of the varieties belonged to poor quality ($F < 0$). Correlation analysis showed that there was a small correlation between soil nutrient content and garlic quality, only sulfur element was significantly positively correlated with allicin and soluble sugar, soil pH was significantly positively correlated with garlic germanium content, and soil N content was significantly positively correlated with garlic soluble sugar content.

Key words Garlic; Cultivar; Quality; Soil; Correlation

Received 2019-08-09

Returned 2019-09-24

Foundation item National Natural Science Foundation of China (No. 31772293); Education Development Foundation of Northwest A&F University (No. 2017).

First author LI Panlong, male, master student. Research area: garlic germplasm. E-mail: 1185331475@qq.com

Corresponding author MENG Huanwen, female, associate professor, master supervisor. Research area: cucumber breeding and vegetable eco-physiology. E-mail: menghw2005@nwsuaf.edu.cn

CHENG Zhihui, male, professor, doctoral supervisor. Research area: vegetable eco-physiology and biotechnology. E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

(责任编辑: 潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)