

不同连作年限不同生长时期对大蒜土壤性质的影响

华智超^{1,2}, 高 森^{1*}, 汪 甜^{1,2}, 贾晟楠¹, 王纪忠^{2*}

(1. 农业农村部农业微生物资源收集与保藏重点实验室 / 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 淮阴工学院生命科学与食品工程学院, 江苏 淮安 223003)

摘 要: 选取中国出口大蒜主产区山东省济宁市嘉祥县连作 5 年大蒜田、金乡县连作 25 年大蒜田和连作 40 年大蒜田进行大蒜鳞茎产量及各生长时期根际土壤、非根际土壤理化性质研究。结果显示: 大蒜随着连作年限的增加, 产量出现先下降后回升的现象; 随着大蒜连作年限的增加, 根际土壤全磷、速效钾含量呈现富集趋势, 而有机质含量随着连作年限增加而逐渐降低; 全氮、全磷、有效磷、有机质含量受生长时期的影响大于连作年限, 而速效钾含量受连作年限的影响大于生长时期; 连作年限与全氮、有机质含量呈极显著的负相关关系。

关键词: 大蒜; 连作; 产量; 土壤理化性质

大蒜是百合科葱属一年或二年生草本植物, 具有食药两用性, 是我国重要的出口创汇蔬菜^[1-2]。大蒜具有丰富的营养价值, 富含人体所必需的多种氨基酸, 最早于 5000 多年前就被用于治疗各种疾病^[3]。我国不仅是世界上最大的大蒜生产国、消费国, 还是最大的大蒜种植国、出口国。根据不完全统计, 截至 2020 年我国大蒜种植面积和产量占世界总数的 50.2% 和 75.1%^[4]。素有“中国大蒜之乡”的山东金乡于 2020 年出口量以 47.77 万 t 占全国总出口量的 21.4%^[5]。受种植面积的制约, 大蒜的长年连续种植引起了大蒜病害频发、产量低、品质差等一系列连作问题^[6]。

土壤是人类日常生产与生活中不可或缺的自然资源, 是植物赖以生长的重要媒介^[7]。根际土壤存在于根系周围, 受作物根系活动影响并可以直接提供大量营养元素^[8]。作物经过长年的连续种植, 土壤中的氮、磷、钾、有机质等含量发生了变化, 引起的连作问题成为了限制许多作物生产的主要因素之一, 由连作引起的作物低产、低品质现象已经成为了当下急需解决的问题^[9]。钟爽等^[10]研究表

明, 随着蕉园连作年限的增加, 土壤有机质和 pH 出现了不同程度的降低, 全磷、全钾、有效磷、速效钾、非苗期的铵态氮、抽蕾期和成熟期的全氮和硝态氮含量均出现不同程度的累积。李奉国等^[9]研究表明, 随着大蒜连作年限的增加, 大蒜产量降低, 与连作 0 年的对照相比, 连作 5 和 10 年的大蒜田产量分别下降了 31.1% 和 40.8%, 且土壤 pH 随着连作年限增加而升高, 速效钾、铵态氮、有机质含量随着连作年限增加而降低。

经前期田间调查发现, 山东省金乡县化雨镇是我国最早大规模种植大蒜的地区, 目前种植大蒜已达 40 余年, 大蒜产量经历了先下降后回升的现象, 对于大蒜连作后产量回升的现象未见报道。因此, 本研究分别选取种植 5 年的济宁市嘉祥县满硐镇大蒜田、种植 25 年的济宁市金乡县王丕镇大蒜田和种植 40 年的金乡县化雨镇大蒜田 3 块大蒜田, 采用相同的蒜种、大蒜机械统一播种和收获、相同的施肥措施, 研究不同连作年限大蒜田的大蒜产量及其在不同生长时期的根际土壤与非根际土壤理化性质的变化与差异, 以期明确大蒜连作后是否会出现产量回升现象以及土壤性质的变化规律。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地位于山东省济宁市嘉祥县满硐镇 (116.30° E, 35.26° N), 连作年限为 5 年; 山东省济宁市金乡县王丕镇 (116.36° E, 35.02° N), 连作年限为 25 年; 山东省济宁市金乡县化雨镇

收稿日期: 2022-05-05; 录用日期: 2022-06-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (31870004); 国家重点研发计划课题 (2018YFD0201203); 中央级公益性科研院所专项资金资助项目 (1610132021011, Y2022PT12)。

作者简介: 华智超 (1997-), 在读硕士研究生, 研究方向为生物化工。E-mail:1286864795@qq.com。

通讯作者: 高森, E-mail:gaomiao@caas.cn; 王纪忠, E-mail:hgxjz@hyit.edu.cn。

(116.38° E, 35.02° N), 连作年限为 40 年。每块试验地面积 0.067 hm²。3 块大蒜田均使用金乡紫皮蒜作为蒜种, 播种时使用山东玛丽亚农业机械有限公司的正芽播种机进行播种, 可以确保具有相同的种植密度, 采用相同的管理措施, 使用相同的肥料(供试肥料为茂施复合肥 N-P₂O₅-K₂O=18-10-18, 基肥每公顷施入 1200 kg, 并在开春和抽薹期进行两次追肥, 每次每公顷施入 75 kg 大量元素水溶肥 N-P₂O₅-K₂O=20-10-20)。

1.2 土壤样品采集

本试验于 2019 年 11 月底、2020 年 4 月中旬、2020 年 5 月中下旬采集大蒜苗期、分化期、成熟期根际土壤与非根际土壤样品。将试验地分为 6 个小区, 每个小区作为 1 个重复, 在每个小区内使用五点采集法于 0 ~ 20 cm 处进行根际土壤(附着于大蒜根部且无法轻轻抖落的土壤)与非根际土壤(两株大蒜植株间的沟壑土)的耕层土壤采集, 去除杂质并混合制样。将土样运回实验室后于阴凉处风干, 研磨过 0.85 mm 筛, 备用。

1.3 大蒜产量测定

产量测定于 2020 年 5 月 18 日大蒜收获期进行, 在试验田内随机抽取 6 个 10 m² 的小区进行实收测产, 剔除大蒜地上部分和根须后对新鲜大蒜鳞茎进行称量并记录。

1.4 土壤理化性质测定方法

土壤样品的理化指标在中国科学院南京土壤研究所进行测定。全氮的测定采用碱性过硫酸钾氧化-紫外分光光度法, 全磷的测定采用碱性过硫酸

钾氧化-钼锑抗分光光度法, 有效磷的测定采用浸提-钼锑抗比色法, 速效钾的测定采用火焰光度法, 有机质的测定采用高温外热重铬酸钾氧化-容量法。

1.5 数据处理与分析

采用 Excel 2010 和 SPSS 25 对数据进行处理和分析, 采用双因素方差分析进行显著性测验, 采用 Duncan 法进行多重比较, 采用 Person 相关性分析进行相关性检验。

2 结果与分析

2.1 不同连作年限的大蒜田大蒜鳞茎产量分析

对不同连作年限的大蒜产量统计发现, 连作 5、25、40 年的蒜田大蒜鳞茎每公顷产量分别为 30468、23187、28323 kg。连作 25 年的蒜田产量最低, 与连作 5 年的蒜田相比降低了 23.9%; 连作 40 年的蒜田产量与连作 25 年的蒜田相比有显著的提升, 提高了 22.2%。

2.2 不同时期、不同连作年限、不同位置大蒜土壤理化性质的动态变化

2.2.1 大蒜土壤氮素含量的变化

连作 5 年根际与非根际土壤全氮含量在苗期显著高于连作 25 年和连作 40 年; 连作 25 年根际与非根际土壤全氮含量在分化期显著低于连作 5 年和连作 40 年; 成熟期连作 25 非根际土壤全氮含量显著高于连作 5 年和连作 40 年。从分化期至成熟期, 连作 5、25 和 40 年大蒜田根际土壤全氮含量分别降低了 28.7%、5.2% 和 16.3%, 说明连作 5、40 年的土壤更有利于大蒜对氮素的吸收利用(图 1)。

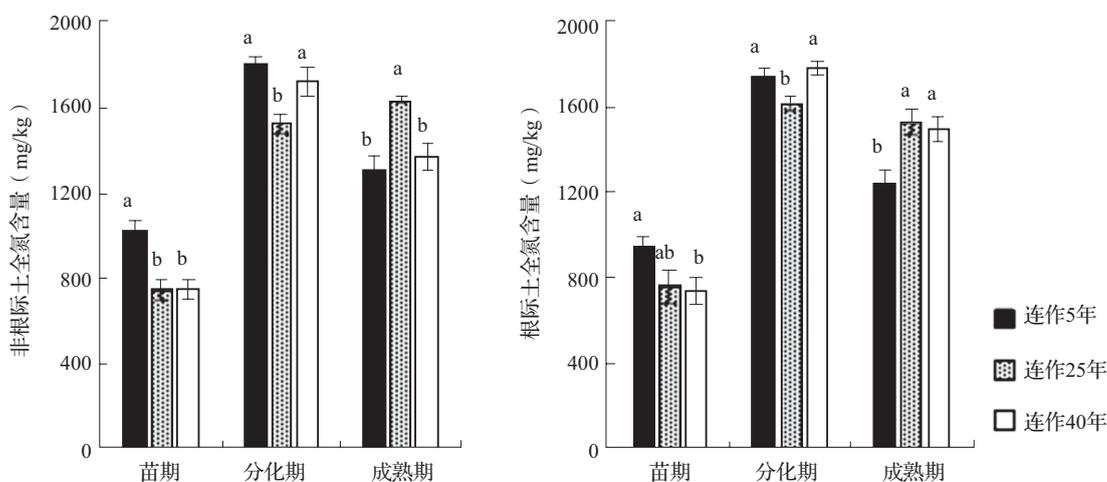


图 1 不同时期不同连作年限大蒜田根际与非根际土壤全氮含量比较

注: 柱上不同小写字母表示相同时期不同处理差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

2.2.2 大蒜土壤全磷含量的变化

分化期连作40年大蒜根际土壤与非根际土壤全磷含量均显著高于连作5和25年大蒜田；成熟期连作5年大蒜田的根际土壤与非根际土壤

全磷含量显著低于连作25和40年。除根际土壤连作25年外，在各时期全磷含量随着大蒜连作年限和大蒜的生长发育均表现出逐渐富集趋势(图2)。

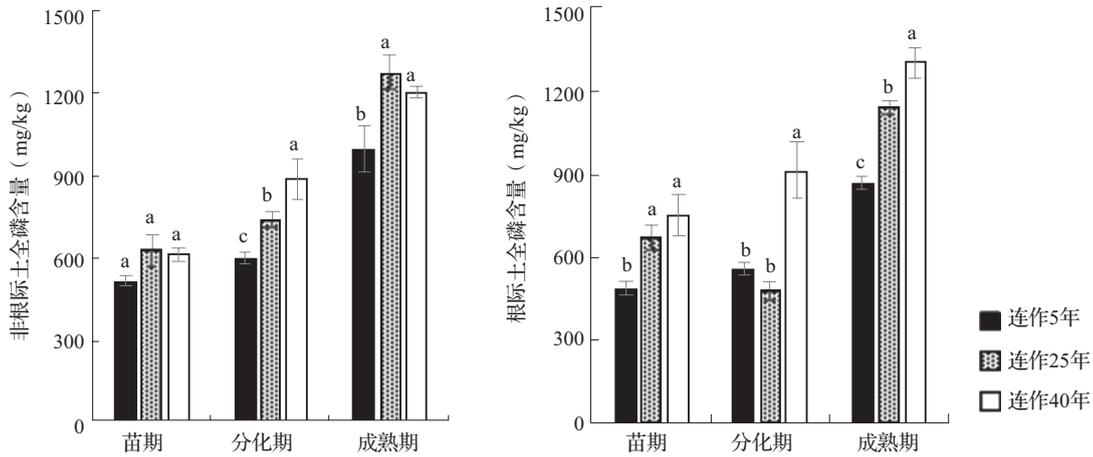


图2 不同时期不同连作年限大蒜田根际与非根际土壤全磷含量比较

2.2.3 大蒜土壤有效磷含量的变化

连作5年大蒜田根际土与非根际土有效磷含量均显著低于连作25和40年(图3)。随着大蒜的

生长发育,从苗期至成熟期,3种不同年限大蒜田的根际土壤和非根际土壤有效磷含量先降低后升高。

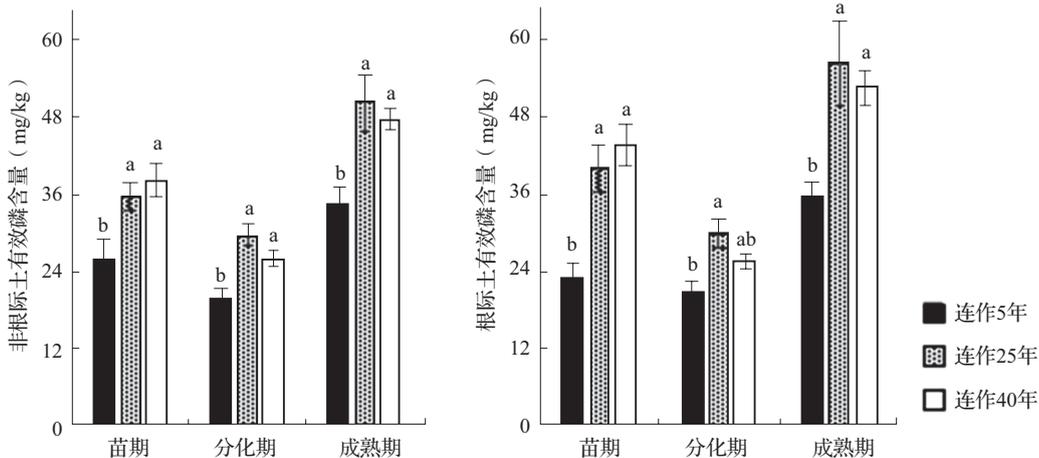


图3 不同时期不同连作年限大蒜田根际与非根际土壤有效磷含量比较

2.2.4 大蒜土壤速效钾含量的变化

连作40年大蒜田根际土壤与非根际土壤的速效钾含量显著高于连作5和25年(图4)。连作25年大蒜田在分化期时根际土壤速效钾含量比非根际土壤高71.7%,根际土壤速效钾含量随大蒜的生长发育呈现出先增后降趋势;连作5和40年大蒜田的土壤速效钾含量则表现出先降后升的趋势。

最高水平,且在苗期和分化期时期与25、40年差异达到了显著性水平(图5),说明大蒜的长年连作会降低土壤有机质含量。从分化期到成熟期,3种不同连作年限大蒜田的土壤有机质含量都有明显的升高趋势。

2.2.5 大蒜田土壤有机质含量的变化

连作5年大蒜田在各时期的有机质含量均处于

2.3 大蒜生长时期和大蒜田连作年限对根际土壤理化性质的综合影响

双因素方差分析结果(表1)显示了大蒜生长时期、大蒜田连作年限及其二者的交互作用对大蒜

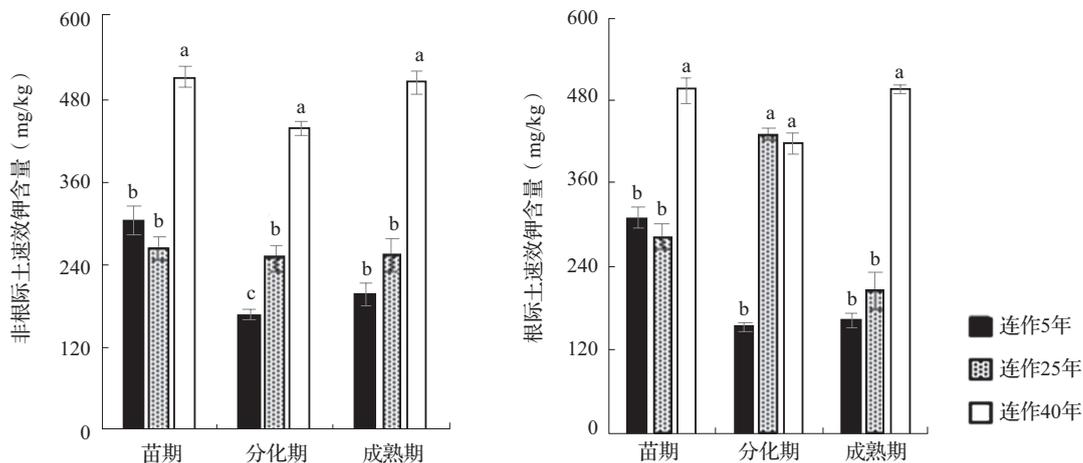


图4 不同时期不同连作年限大蒜田根际与非根际土壤速效钾含量比较

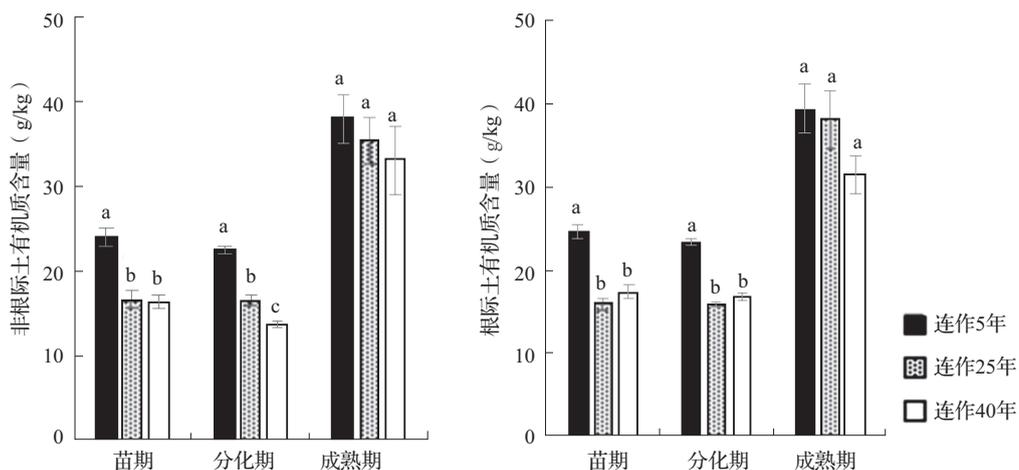


图5 不同时期不同连作年限大蒜田根际与非根际土壤有机质含量比较

根际土壤理化性质的影响,除大蒜田连作年限对根际土全氮含量、时期和连作年限的交互作用对有效磷、有机质含量没有达到显著性水平外,其余均达极显著水平 ($P < 0.01$),且有着不同的影响程度。大蒜生长时期对根际土全氮、全磷、有效磷、有机质的影响大于连作年限的影响;大蒜田的不同连作年限对根际土速效钾的影响大于生长时期的影响。

表1 生长时期和连作年限对根际土壤性质影响的方差分析

指标	方差来源		
	时期	连作年限	时期 × 连作年限
自由度	2	2	4
全氮	182.572**	0.313	6.473**
全磷	79.160**	35.153**	4.724**
有效磷	38.390**	21.504**	2.076
速效钾	18.789**	222.617**	39.202**
有机质	96.215**	13.783**	1.851

注: * 表示 $P < 0.05$; ** 表示 $P < 0.01$ 。下同。

2.4 根际土壤养分与生长时期和大蒜田连作年限相关性分析

根际土壤养分与大蒜生长时期和连作年限的 Person 相关性系数如表2所示。生长时期与根际土壤速效钾含量呈负相关,生长时期与全氮、全磷、有效磷、有机质含量呈极显著正相关;连作年限与全磷、有效磷、速效钾含量呈极显著正相关关系,但与全氮、有机质含量呈极显著负相关关系。

表2 根际土壤养分与生长时期、连作年限的相关系数

指标	全氮	全磷	有效磷	速效钾	有机质
生长时期	0.612**	0.729**	0.379**	-0.181	0.700**
连作年限	-0.033**	0.385**	0.397**	0.815**	-0.298**

3 结论

众多研究表明,作物产量会随着连作年限的增加而显著下降。王喜枝等^[11]研究发现连作10、20、

30年的大蒜田大蒜鳞茎产量与连作0年的相比,分别下降了22.74%、26.48%、27.16%,且大蒜根际土壤的pH随连作年限呈上升趋势,全氮、速效钾、碱解氮、有效锌含量逐渐下降。段赫等^[12]研究发现小麦产量随着水耕年限的增加而降低,土壤水分和氮素含量随着水耕年限延长而显著增加。本研究结果表明连作25年的大蒜田与连作5年的大蒜田相比产量显著降低,与前人研究结果一致。以往田间调查发现,山东省济宁市金乡县化雨镇大蒜连作40年,产量出现先下降后回升的现象。本试验结果显示连作40年的大蒜田产量出现显著的升高,这与前期田间调研结果一致。可能由于具有严重连作障碍的土壤会引起严重的土传病害,这些土壤会积累有益菌群以保护后代免受病原菌的侵染,这类具有抑病性的土壤更有助于植物后代在这片土壤中生长^[13]。

从分化期至成熟期,连作5、25和40年大蒜田根际土的全氮含量分别降低了28.7%、5.2%和16.3%,说明连作5、40年的土壤更有利于大蒜对氮素的吸收利用。根际土壤全磷、速效钾含量随着大蒜连作年限的增加有富集趋势,而有机质含量随着连作年限延长逐渐降低。全氮、全磷、有效磷、有机质含量受生长时期的影响大于年限,而速效钾含量受年限的影响大于生长时期。连作年限与全氮、有机质含量呈极显著的负相关关系。

参考文献:

[1] 马龙传,王涛涛. 金乡县大蒜根腐病发生及防治措施[J]. 农业科技通讯, 2018(6): 339-340.

- [2] 杨以兵,郭君一,徐兴国. 山东省金乡县大蒜产业存在问题及发展对策[J]. 中国蔬菜, 2008(6): 7-8.
- [3] Bisen P S, Emerald M. Nutritional and therapeutic potential of garlic and onion (*Allium* sp.) [J]. *Current Nutrition & Food Science*, 2016, 12(2): 190-199.
- [4] 潘洪霞. 兰陵县大蒜产业发展问题研究及对策建议[J]. 南方农机, 2022, 53(2): 81-84.
- [5] 任艳云,谭贺,高仙草,等. 金乡与杞县、邳州大蒜产业发展对比分析[J]. 中国蔬菜, 2021(12): 5-10.
- [6] 高园园,张龙平,任艳云,等. 山东省大蒜主产区根腐病原菌分离与鉴定[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(14): 86-90.
- [7] 童琪,陈玫婷,龙菁琦,等. 不同龄组南酸枣根际与非根际土壤养分特征研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(12): 108-113.
- [8] Hartmann A, Rothballer M, Schmid M. Lorenz hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research [J]. *Plant and Soil*, 2008, 312(1/2): 7-14.
- [9] 李奉国,马龙传,孔勇,等. 连作对大蒜土壤养分、微生物结构和酶活的影响[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(1): 141-147.
- [10] 钟爽,何应对,韩丽娜,等. 连作年限对蕉园土壤氮磷钾养分的影响[J]. 广东农业科学, 2011, 38(23): 64-67.
- [11] 王喜枝,姚丽娟,王艳丽,等. 不同连作年限对大蒜根际土壤养分含量、微生物数量及酶活性的影响[J]. 河南农业科学, 2016, 45(9): 58-63, 77.
- [12] 段赫,刘目兴,张海林,等. 水耕年限对麦季土壤水-氮动态与小麦产量的影响[J]. 水土保持学报, 2020, 34(6): 259-264, 274.
- [13] Bakker P A H M, Pieterse C M J, de Jonge R, et al. The soil-borne legacy [J]. *Cell*, 2018, 172(6): 1178-1180.

Effects of different continuous cropping years and growth stages on soil properties of garlic

HUA Zhi-chao^{1, 2}, GAO Miao^{1*}, WANG Tian^{1, 2}, JIA Sheng-nan¹, WANG Ji-zhong^{2*} (1. Key Laboratory of Agricultural Microbial Resources Collection and Conservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 2. College of Life Science and Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Jiangsu Huaian 223003)

Abstract: The garlic bulb yield and the physical and chemical properties of rhizosphere soil and non-rhizosphere soil at different growth stages were studied with the 5-year continuous cropping garlic fields in Jiexiang county, Jining city, and the 25-year and 40-year continuous garlic fields in Jinxiang county, where are the main production areas of garlic for export in China. The results showed that with the increase of continuous cropping years, the yield of garlic first decreased and then rebounded. With the increase of garlic continuous cropping years, the total phosphorus and available potassium content in the rhizosphere soil showed an enrichment trend, while the organic matter content gradually decreased with the increase of continuous cropping years. The contents of total nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, and organic matter were more affected by growth period than by continuous cropping years, while the content of available potassium was more affected by continuous cropping years than by growth period. There was a highly significant negative correlation between continuous cropping years and total nitrogen and organic matter content.

Key words: garlic; continuous cropping; production; physical and chemical properties of soil