

钮颜宇,郭志祥,徐淑慧,等.地黄—大蒜轮作对大蒜生长及地黄化感自毒作用的影响[J].江苏农业科学,2023,51(3):139-146.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.03.021

# 地黄—大蒜轮作对大蒜生长及地黄化感自毒作用的影响

钮颜宇<sup>1</sup>,郭志祥<sup>1</sup>,徐淑慧<sup>1</sup>,孙香荣<sup>1</sup>,洪利亚<sup>1</sup>,王丰青<sup>1</sup>,张重义<sup>2</sup>,李娟<sup>1</sup>

(1.河南农业大学农学院,河南郑州 450000; 2.福建农林大学作物科学学院,福建福州 350002)

**摘要:**明确地黄—大蒜轮作模式对大蒜生长及地黄化感自毒作用的影响,为生产中通过合理轮作有效缓解地黄连作障碍提供理论依据。采用田间试验,设置地黄—大蒜(处理组)、玉米—大蒜(对照组)2个处理,研究地黄茬口对大蒜生长、产量和品质的影响,同时测定轮作前后土壤酶活性和酚酸类化合物含量;设置对照组、重茬组和轮作组3个处理,通过化感测试和盆栽试验,研究轮作大蒜对地黄化感自毒作用的影响。结果表明:处理组大蒜长势、产量品质均有一定程度提升;土壤蔗糖酶活性均极显著升高,土壤脲酶活性虽有所提升,但生育期内土壤脲酶活性均呈下降趋势;轮作大蒜能显著改变土壤酚酸的含量与种类;土壤化感测试结果表明,地黄—大蒜轮作组可促进地黄种子萌发,但对地黄幼苗根及茎的生长均有抑制;苗期盆栽试验结果显示,轮作组土壤地黄苗期死亡率明显增加,但根系扫描结果显示,轮作组存活下来的地黄苗,其苗期根表面积、体积、根尖数均优于重茬组。地黄—大蒜轮作模式可有效提高大蒜产量及品质,改良土壤环境,但轮作后土壤对地黄的化感作用表现出多元性,生产上大蒜—地黄轮作能否缓解地黄的连作障碍尚待进一步试验验证。

**关键词:**连作障碍;大蒜;土壤酶活性;轮作;酚酸;化感作用

**中图分类号:**S344.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)03-0139-08

在根类中药材生产栽培过程中,连作障碍是影响药材产量和品质的一个非常严重的问题。地黄(*Rehmannia glutinosa*)是应用广泛的大宗中药材之一,其种植过程中连作障碍问题尤为突出,研究发现连作使地黄叶绿素含量降低,光合能力下降,块根不膨大<sup>[1]</sup>。连作地黄根区有益菌种数量降低,真菌和放线菌数量增加<sup>[2-3]</sup>。目前对地黄连作障碍的研究多集中在分子形成机制方面<sup>[4-7]</sup>,可应用于实际生产的消减措施的研究较少,参考其他根类药用

植物消减连作障碍的研究发现,通过运用合理轮作模式可以有效缓解连作障碍,但研究主要侧重于轮作对连作障碍作物的影响上,而对选取轮作作物本身的产量和品质鲜少研究。一种合理的轮作模式要在农业生产系统中推广,轮作作物的经济效益也是必须考虑的因素之一。

大蒜(*Allium sativum*)具有广谱杀菌作用,大田生产中常被用来作为前茬作物,研究人员通过鉴定发现大蒜根系分泌物为邻苯二甲酸二丁酯、2,6-二异丙基苯酚等酚类物质以及二烯丙基二硫化物<sup>[8]</sup>,其中二烯丙基二硫化物为大蒜挥发油中的典型物质。研究表明酚类物质能够有效防止病虫害发生,大蒜根系分泌物主要成分对细菌引起的根腐病、枯萎病有显著抑制作用<sup>[9-12]</sup>。在膜侧栽培模式下,大蒜与当归间作,能有效改变土壤微生物数量,提高

收稿日期:2022-03-14

基金来源:国家自然科学基金(编号:81373910)。

作者简介:钮颜宇(1997—),女,河南新乡人,硕士研究生,研究方向为药用植物栽培。E-mail:niuyanyu2013@qq.com。

通信作者:李娟,博士,副教授,主要从事药用植物栽培与资源研究。E-mail:juanli2003@126.com。

[18]章建新,李 宁,薛丽华,等.氮肥对菜用大豆产量和品质的影响[J].新疆农业大学学报,2007,30(1):6-10.

[19]郭丽璇,耿国涛,任 涛,等.施肥管理对油菜种子萌发特性的影响[J].中国土壤与肥料,2020(3):63-68.

[20]赵福成,谭禾平,包 斐,等.钾肥施用量对鲜食甜玉米产量和品质的影响[J].分子植物育种,2017,15(8):3363-3369.

[21]杜 明.钾肥施用对菜用大豆产量和品质的影响[D].哈尔

滨:东北农业大学,2012:27-29.

[22]Tu B J, Liu C K, Tian B W, et al. Reduced abscisic acid content is responsible for enhanced sucrose accumulation by potassium nutrition in vegetable soybean seeds[J]. Journal of Plant Research, 2017,130(3):551-558.

[23]黄艳霞,林子龙,陈根辉,等.密度和钾肥对鲜食型甘薯产量与品质的影响[J].江西农业学报,2020,32(12):50-54.

土壤酶活性,改善土壤理化性质,缓解当归连作障碍<sup>[13]</sup>。前期研究结果也表明,地黄与大蒜间作可以减少连作地黄的死亡率,大蒜或可作为消减地黄连作障碍的倒茬作物<sup>[14]</sup>。

为了探究地黄—大蒜轮作模式的可行性,本研究对地黄—大蒜轮作模式下,大蒜的生长指标、产量品质以及土壤指标变化进行了分析,并通过根区土壤化感效应测定及地黄苗盆栽试验研究轮作大蒜后对地黄化感自毒作用的影响,以期对后期的田间试验进行结果预估,为建立通过合理轮作模式缓解地黄连作障碍提供理论依据和技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试大蒜品种及样品采集 试验地位于国家“2011 计划”河南农业大学原阳基地,大蒜品种选用紫皮大蒜,田间试验以地黄—大蒜(2020 年种植过地黄品种温 85-5 的茬地)作为处理组,以玉米—大蒜(前茬为玉米,8 年内未种植过地黄的土壤)作为对照组,试验设 3 次重复,分别测定土壤基础氮磷钾含量,并通过施肥补齐。于 2020 年 10 月 20 日播下蒜种,一垄双行,垄宽 0.4 m。行距 20 cm,株距 10 cm。进行常规田间管理。分别在大蒜幼苗期、生长期、成熟期、收获期 4 个时期进行取样,每个重复按照 3 点取样法,各取 30 株。试验在 2020 年 10 月至 2021 年 5 月进行。

1.1.2 土壤样品采集 地黄收获期,采集根区 5~20 cm 范围内的土壤,用无菌自封袋装好后带回实验室,碾碎分别过 20 目、50 目筛,除去草根等杂质后阴凉风干,备用。按照以上方法在取样期分别取对照组与处理组大蒜的根区土壤。另取地黄根区土壤(2020 年种植地黄的土壤)、地黄大蒜轮作根区土壤以及空白对照土壤(取 8 年及以上未种植过地黄的土壤)进行盆栽试验,碾碎过 20 目筛除去石子、杂草等杂质,阴凉风干后储藏备用。

### 1.2 测定项目及方法

1.2.1 生长指标 用卷尺测量株高、叶长、叶宽,用游标卡尺测量茎粗。收获期,全小区收获紫皮大蒜,风干表皮后称质量,折算单产。

1.2.2 生理指标 将收获期紫皮大蒜用硫酸蒽酮法测可溶性糖含量,考马斯亮蓝染色法测可溶性蛋白含量。

1.2.3 质量指标 按照《中华人民共和国药典》

(2020 年版)要求测可溶性浸出物含量,高效液相色谱法(HPLC)测大蒜素含量。色谱条件:色谱柱为 Agilent ZORBAX SB-C<sub>18</sub>(4.6 mm×250 mm,5 μm);检测波长 214 nm;进样量 20 μL;流速 1.0 mL/min;以甲醇与 0.2% 甲酸水作为流动相进行等度洗脱,柱温 30 ℃。

1.2.4 土壤指标 (1)土壤酶活性。脲酶活性测定采用苯酚钠-次氯酸钠比色法,蔗糖酶活性测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法。(2)土壤酚酸。参考李培栋等的方法<sup>[15]</sup>提取土壤酚酸,称 25 g 鲜土于离心管中,加入 25 mL 1 mol/L NaOH 放置过夜,次日振荡 30 min,离心后过滤离心液用 12 mol/L 的盐酸酸化至 pH 值为 2.5,2 h 后离心除去胡敏酸,而后将上清液过 0.22 μm 的纤维素薄膜,滤液用 HPLC 测定(重复 3 次)。结果按照烘干土质量换算。色谱条件:色谱柱为 SunFire C<sub>18</sub>(4.6 mm×150 mm,5 μm);检测波长 260 nm;流速 1 mL/min;进样量 20 μL;柱温 28 ℃;甲醇(A)-0.2% 冰乙酸水(B)系统,梯度洗脱(0~16 min,15%~20% 甲醇;16~32 min,20%~32% 甲醇)。

1.2.5 根区土壤中化感物质的提取 取上述重茬土、地黄—大蒜轮作土和对照土各 2 000 g,按照土水比为 1 g:2 mL 的比例浸泡于烧杯中,搅拌均匀后浸泡过夜,超声 2 h,取上清液过滤,以 4 000 r/min 离心 20 min,40 ℃旋转蒸发浓缩滤液至 40 mL,即得根区土壤水提液母液,置于冰箱备用。

1.2.6 根区土壤化感效应测试 以纱布-滤纸-培养皿法进行种子生物测试,取“1.2.5”节中制备的根区土壤水提液母液进行稀释,均分别设置 50.00、25.00、12.50、6.25、0 g/mL(空白组用蒸馏水代替提取液)5 个浓度,每个浓度重复 3 次,每次重复供试 60 粒地黄种子,试验前用 1% 次氯酸钠水溶液处理地黄种子。分别向培养皿内添加 5 mL 不同浓度的水提液,置于温度为 28 ℃,光照度为 12 000 lx 左右的人工气候培养箱内,每天光照 12 h,相对湿度恒定。每天观察种子发芽情况,种子生长周期为 10 d,自发芽后每天定时统计发芽数,10 d 时测量种子茎长与根长。

1.2.7 地黄苗生长及根系形态的测定 取上述地黄根区土壤、地黄轮作大蒜后根区土壤以及空白对照土壤按照每盆 500 g 分装至 10 cm×10 cm 的方盆,每组处理均重复 4 次,每个重复 5 盆,每盆定植 4 株地黄种子苗(2 叶期),于定植 30、60、90 d 时统

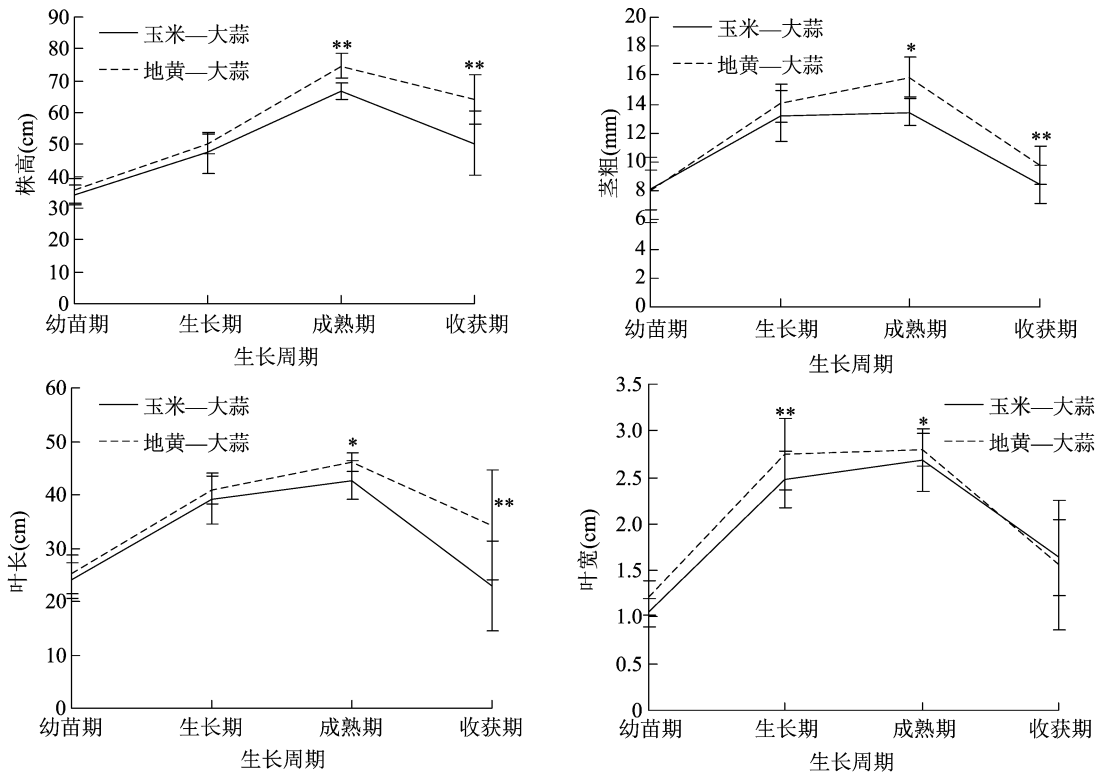
计死亡数,在 90 d 时破坏性取样,用根系扫描仪测定各处理地黄苗根系形态。

1.2.8 数据统计分析 利用 Excel 2016 软件进行数据分析,采用 SPSS Statistics 21.0 数据处理软件对各指标进行分析。

2 结果与分析

2.1 地黄茬口对大蒜生长的影响

2.1.1 地黄茬口对大蒜农艺性状的影响 由图 1



\*、\*\* 分别表示在 0.05 水平、0.01 水平上差异显著

图1 地黄茬口对大蒜农艺性状的影响

表 2 地黄茬口对大蒜的发育状态及产量的影响

组别	蒜头干质量 (g)	蒜头鲜质量 (g)	根须干质量 (g)	茎叶干质量 (g)	蒜头横径 (cm)	蒜头纵径 (cm)
对照组	14.72 ± 2.77	39.43 ± 6.71	1.19 ± 0.34	7.87 ± 1.51	4.85 ± 0.54	4.66 ± 0.61
处理组	16.52 ± 3.98	43.55 ± 8.42	0.99 ± 0.14	7.71 ± 0.93	5.17 ± 0.88 *	5.09 ± 0.69 **

注:“\*”和“\*\*”分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著。表 3 同。

2.1.3 轮作处理对大蒜品质及生理指标的影响 由表 3 可知,2 组大蒜素的含量均满足且高出《中华人民共和国药典》(2020 年版)要求,其中对照组大蒜素含量为 0.25%,处理组大蒜素含量为 0.29%,高出对照组 16.00%,差异不显著。

2.2 轮作处理对根区土壤的影响

2.2.1 轮作处理对土壤酶活性的影响 由图 2 可

可知,处理组大蒜 4 个时期的长势均优于对照组大蒜。收获期时,处理组大蒜的株高、茎粗、叶长,分别比对照组大蒜提高 27.14%、18.03%、50.46%,差异均达到极显著水平。

2.1.2 地黄茬口对大蒜发育状态的影响 由表 2 可知,处理组大蒜的蒜头横径、纵径分别高出对照组大蒜 6.60%、9.23%,差异显著,处理组大蒜的蒜头鲜质量高出对照组大蒜 10.45%,处理组间无显著差异。

知,处理组与对照组土壤蔗糖酶活性在整个生育期呈现先升高后降低再升高的趋势,与种植前相比分别提升 33.90%、7.27%,差异极显著。处理组与对照组土壤脲酶活性在生育期内均呈先升高后降低趋势,处理组土壤脲酶活性在幼苗期达到最大值 2.59 mg/(g·h),高出种植前 108.04%,生长期、成熟期与收获期土壤脲酶活性相对减弱,但与种植前

表 3 地黄茬口对大蒜品质及生理指标的影响

处理	大蒜素含量 (%)	浸出物含量 (%)	可溶性糖含量 (mg/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)
对照组	0.25 ± 0.06	82.5 ± 0.71	4.79 ± 0.40	0.15 ± 0.01
处理组	0.29 ± 0.03	82.5 ± 0.71	4.88 ± 0.60	0.14 ± 0.02

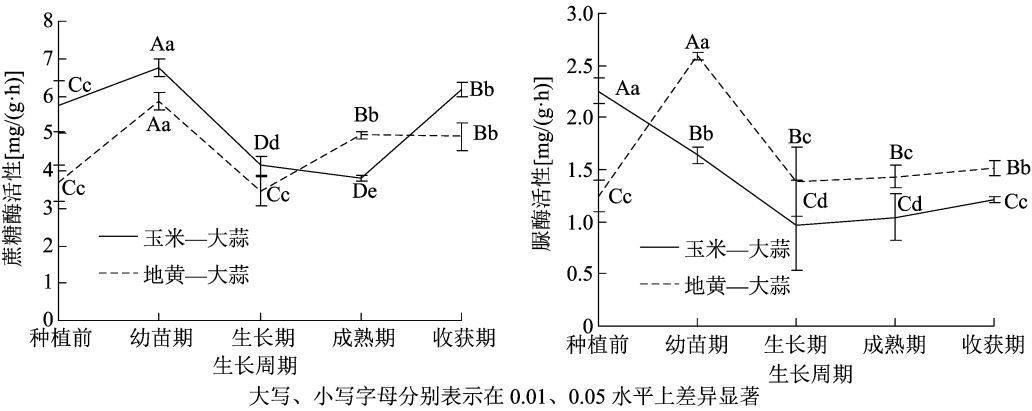


图2 大蒜生育期内土壤酶活性的变化

相比仍显著提升。

2.2.2 轮作处理对土壤酚酸含量的影响 土壤酚酸色谱分析结果见图 3,定量分析结果见表 4。由表 4 可知,与种植前相比,处理组对羟基苯甲酸、香草酸与丁香酸含量均显著升高;阿魏酸含量极显著提升,处理组在幼苗期提升 475.00%,达到种植前 5.75 倍水平。香豆酸含量均极显著降低,含量降低水平最高达到 39.20%;对照组对羟基苯甲酸含量在幼苗期达到最高水平 0.14 μg/g,之后逐渐降低,在成熟期、收获期未检测到对羟基苯甲酸。与种植前相比,对照组土壤新增了香草酸与丁香酸 2 种酚酸物质;种植大蒜后在对照组与处理组中均未检测到咖啡因。

2.3 轮作前后土壤水提液化感效应研究

2.3.1 根区土壤水提液对地黄种子萌发的影响

由图 4 可知,添加 12.50、25.00、50.00 g/mL 浓度时,轮作组地黄种子发芽势高于组内空白对照以及对照组和处理组。添加浓度为 12.50、50.00 g/mL 时,发芽率较空白对照分别提升 8.73%、9.53%,差异不显著。添加 12.50、25.00、50.00 g/mL 浓度时,轮作组地黄种子发芽率均高于另外 2 组处理,添加浓度为 50.00 g/mL 时差异极显著,差异最大值达 68.28%。除组内空白对照,对照组发芽势和发芽率随添加浓度增加而逐渐降低;除添加 6.25 g/mL 浓度外,处理组另 3 个浓度发芽势较组内空白对照降

低,处理组组内空白对照发芽率显著高于添加 12.50、25.00、50.00 g/mL 浓度时的发芽率。

2.3.2 根区土壤水提液对地黄种子生长的影响

由图 5 可知,不同浓度下,3 组处理茎长均整体呈现随提取液浓度提升而增加的趋势;同一浓度下,轮作组地黄茎长小于其他 2 组。3 组处理地黄根长均随添加浓度的提升呈现先升高后降低的趋势;添加 6.25、12.50、50.00 g/mL 浓度时,轮作组根长小于其他 2 组,且在添加浓度为 6.25 g/mL 时根长与其他 2 组差异极显著,与对照组根长差值最大,可达 1.50 cm。化感测试结果表明,轮作后土壤对地黄种子的根长、茎长均有抑制作用。

2.4 轮作处理对地黄苗期生长的影响

2.4.1 轮作处理对地黄苗死亡率的影响 由图 6 可知,随时间增长,地黄苗死亡率为轮作组 > 重茬组 > 对照组。生长 60 d 时,轮作处理后土壤对地黄苗的影响急剧增强,90 d 时死亡率为 47.5%,比同期地黄根区土死亡率高出 90.00%。

2.4.2 轮作处理对地黄苗地下部分鲜质量的影响

由图 7 可知,地黄苗地下部分鲜质量为对照组 > 轮作组 > 重茬组,处理间具有显著性差异;地黄苗期产量为对照组 > 轮作组 > 重茬组,对照组产量极显著高于重茬组与轮作组。

2.4.3 根区土壤对地黄苗根系形态的影响 由表 5、图 8 可知,从投影面积、根表面积和总根体积 3 个

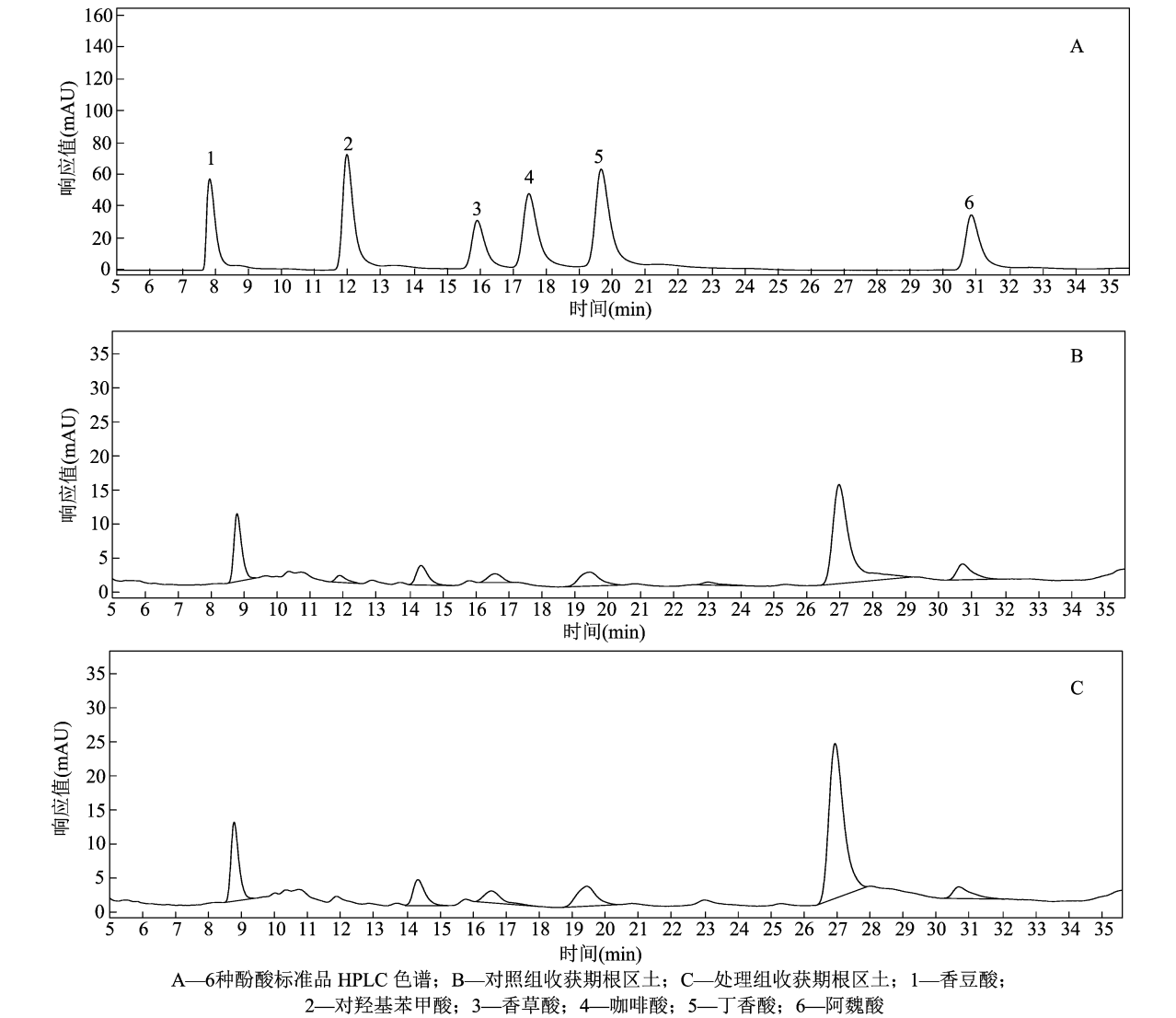


图3 根区土壤酚酸 HPLC 色谱

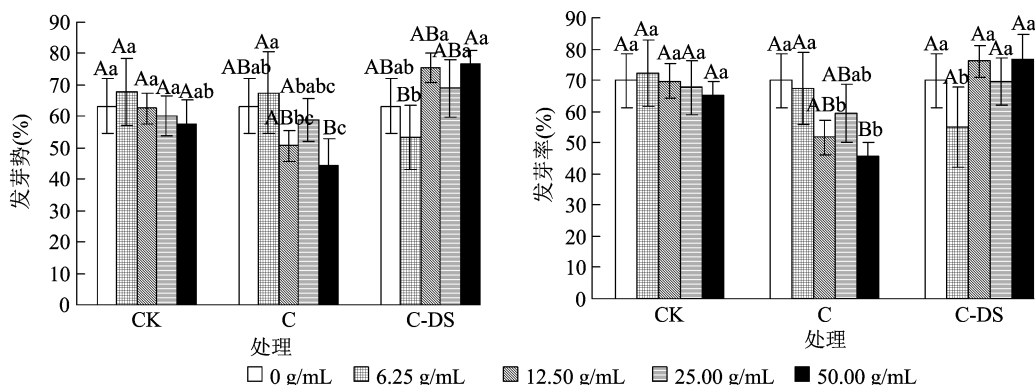
表 4 根区土壤酚酸含量的变化

μg/g

生长周期	对照组含量					
	香豆酸	对羟基苯甲酸	香草酸	咖啡酸	丁香酸	阿魏酸
种植前	1.93 ± 0.00Aa	0.07 ± 0.01Bb	—	0.39 ± 0.02	—	0.29 ± 0.01Dd
幼苗期	1.33 ± 0.01Cc	0.14 ± 0.00Aa	1.14 ± 0.01Aa	—	1.64 ± 0.01Aa	0.90 ± 0.00Cc
生长期	1.41 ± 0.00Bb	0.06 ± 0.00Bb	1.04 ± 0.00Bb	—	1.37 ± 0.00Cc	0.87 ± 0.01Cc
成熟期	1.13 ± 0.00Dd	—	0.94 ± 0.01Cc	—	1.50 ± 0.01Bb	1.00 ± 0.00Bb
收获期	1.43 ± 0.01Bb	—	0.14 ± 0.00Dd	—	1.38 ± 0.01Cc	1.04 ± 0.00Aa

生长周期	处理组含量					
	香豆酸	对羟基苯甲酸	香草酸	咖啡酸	丁香酸	阿魏酸
种植前	1.99 ± 0.02Aa	0.10 ± 0.01Bc	0.21 ± 0.01Dd	0.47 ± 0.02	0.07 ± 0.00Cd	0.24 ± 0.00Ee
幼苗期	1.26 ± 0.00Bb	0.15 ± 0.00Aa	0.96 ± 0.01Aa	—	1.59 ± 0.01Aa	1.38 ± 0.10Aa
生长期	1.21 ± 0.12Bb	0.14 ± 0.00Aa	0.62 ± 0.02Bb	—	1.47 ± 0.00Bc	1.24 ± 0.01Cc
成熟期	1.21 ± 0.01Bb	0.11 ± 0.00Bb	0.40 ± 0.07Cc	—	1.49 ± 0.00Bb	1.28 ± 0.00Bb
收获期	1.22 ± 0.01Bb	0.11 ± 0.00Bb	0.45 ± 0.12Cc	—	1.47 ± 0.01Bc	1.12 ± 0.01Dd

注:同列数据后大写、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著,一表示该成分未被检测到。



柱上大写、小写字母分别表示同种土壤不同浓度浸提液处理在 0.01、0.05 水平上差异显著。CK—空白对照土；C—重茬组代表未轮作的地黄根区土；C-DS—地黄—大蒜轮作处理后的根区土。下图同

图4 根区土壤水提液对地黄种子发芽率、发芽势的影响

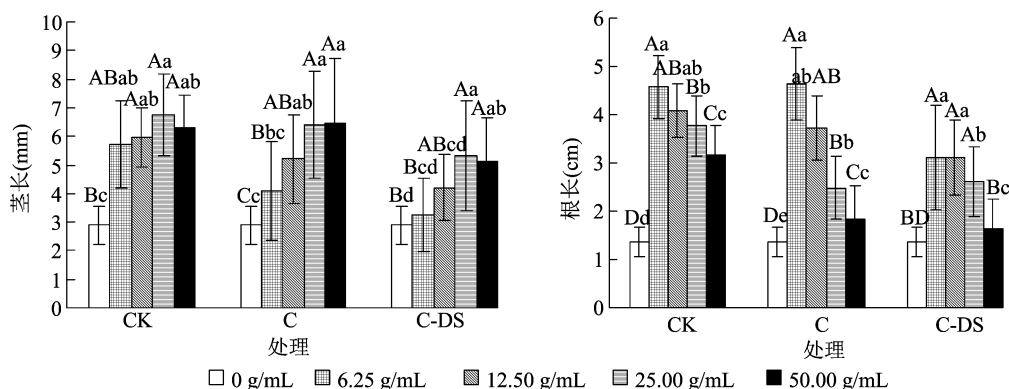


图5 根区土壤水提液对地黄种子茎长、根长的影响

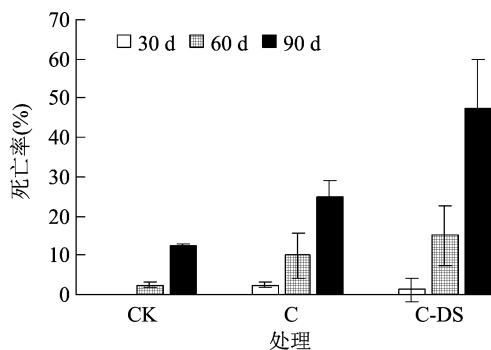


图6 根区土壤对地黄苗死亡率的影响

方面分析,均为对照组 > 轮作组 > 重茬组,处理组之间有极显著差异,轮作大蒜处理后根区土壤对地黄苗期地下部分生长的抑制作用减弱;各处理根系平均直径之间均无显著性差异;从根尖数量分析,轮作组的根尖数量较大,与对照组相比具有极显著差异,重茬组的根尖数量大于对照组,二者之间无显著性差异。

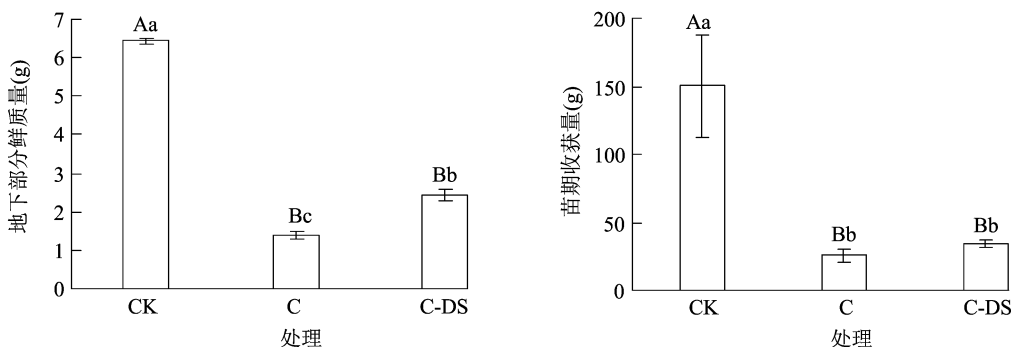


图7 根区土壤对地黄苗期地下部分鲜质量、收获量的影响

表 5 地黄苗期根系扫描分析结果( $\bar{x} \pm s$ )

处理	投影面积 ( $\text{cm}^2$ )	根表面积 ( $\text{cm}^2$ )	平均直径 (mm)	总根体积 ( $\text{cm}^3$ )	根尖数 (个)
CK	15.792 9 $\pm$ 0.275 1Aa	51.952 6 $\pm$ 4.170 2Aa	0.920 0 $\pm$ 0.070 7Aa	1.221 5 $\pm$ 0.219 9Aa	529.000 0 $\pm$ 9.899 5Bb
C	5.843 4 $\pm$ 1.028 9Cc	18.357 4 $\pm$ 3.232 3Cc	0.916 3 $\pm$ 0.305 4Aa	0.351 7 $\pm$ 0.138 Cc	605.000 0 $\pm$ 142.713 0Bb
C-DS	9.089 6 $\pm$ 1.402 3Bb	30.971 5 $\pm$ 5.939 9Bb	0.866 0 $\pm$ 0.110 2Aa	0.771 5 $\pm$ 0.235 5ABb	949.000 0 $\pm$ 2.828 4Aa

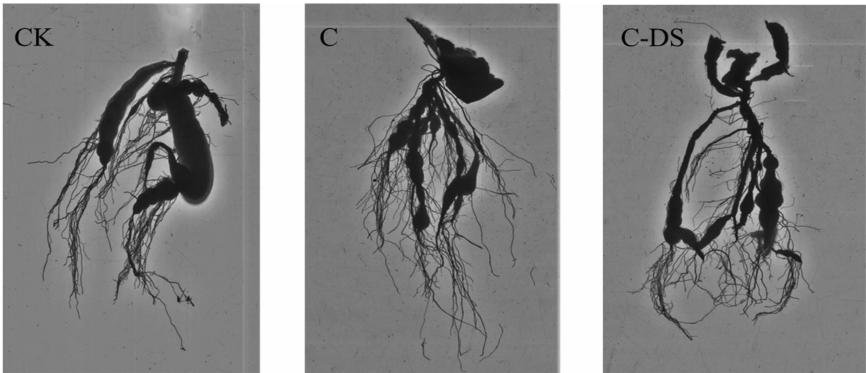


图8 地黄苗期根系扫描结果

3 讨论与结论

合理轮作能够减轻连作障碍,改善土壤环境,丰富土壤微生物群落,增强土壤相关酶活性,可减轻连作障碍植物复种时的自毒作用<sup>[16]</sup>。大量资料表明,现代农业生产提倡采用轮作模式代替单季作物,提高作物产量,稳定土壤肥力,提升土地利用效率,减少病虫害<sup>[17-19]</sup>。研究地黄茬口对大蒜生长发育以及产量品质的影响,结果表明,处理组大蒜地上部分生长与发育状态较好,产量品质均有一定程度提升,大蒜素含量略高于对照组,其抗菌消炎抗肿瘤的效果更好,临床疗效、经济效益更高。

土壤酶是土壤中动植物和微生物活动的产物,是数量极微、作用极大的土壤组成部分,土壤酶的活性可以反映土壤生态状况下生物化学过程的相对强度,测定相应酶的活性,可以间接了解该物质在土壤中的转化情况,作为判断土壤生物化学过程的强度及评价土壤肥力的指标之一<sup>[20]</sup>。脲酶是土壤酶中唯一对尿素的转化有重要影响的酶,尿素只有经过脲酶水解才能被作物吸收<sup>[21]</sup>。蔗糖酶参与土壤中碳水化合物的转化,使蔗糖水解为葡萄糖和果糖被植物及微生物利用。蔗糖酶的活性强弱能够反映土壤熟化程度和肥力水平<sup>[22]</sup>。本研究结果表明,与种植前相比,处理组与对照组土壤蔗糖酶活性均有一定程度提升,间接活化土壤养分,改善

土壤肥力,与前人研究结果<sup>[23]</sup>相类似。在整个种植过程中,脲酶活性呈下降趋势,对照组土壤脲酶活性减弱至种植前的 53.52%,而轮作处理组土壤脲酶活性虽然较种植前提升了 21.76%,但相比幼苗期的脲酶数据,仍然是降低的,推测种植初期,大蒜植入对地黄茬地土壤的脲酶活性起促进作用,但在大蒜生长过程中,土壤中的脲酶活性逐渐降低。轮作处理后土壤酶活性显著升高,预计为后茬地黄带来较高的土壤肥力,使地黄在连作环境下,保持相对较高水平的肥料利用率。

近年来,土壤酚酸类物质作为连作障碍产生的主要因素被广泛研究,前期研究表明,外源添加酚酸类物质引起的地黄化感效应有所差异,添加单体酚酸丁香酸与混合添加香豆酸、丁香酸对地黄生长影响较大,对地黄苗成活率,地黄根系膨大以及根系活力均有显著抑制作用<sup>[24]</sup>。本研究结果表明,轮作大蒜处理后,处理组对羟基苯甲酸、香草酸、丁香酸、阿魏酸含量均显著提升,香豆酸含量降低 38.69%,咖啡酸损失。对照组香豆酸含量降低 25.91%,咖啡酸、对羟基苯甲酸 2 种酚酸物质损失,新增香草酸、丁香酸 2 种酚酸物质,阿魏酸含量提升 258.62%。地黄茬口轮作大蒜后,根区土壤酚酸含量以及种类均发生变化,但总体含量呈上升趋势。综合根区土壤盆栽试验结果,轮作后能够提高地黄种子发芽率,但对幼苗生长具有抑制作用,或受轮

作后酚酸尤其是丁香酸含量提升的影响。

本试验通过田间试验证明地黄一大蒜轮作提高了大蒜的产量与品质,改善了土壤环境,土壤酶活性提高,土壤酚酸含量总体上升;通过土壤盆栽试验表明轮作后土壤对地黄苗期地下部分的抑制作用减弱,但地黄苗死亡率较高,同期进行的地黄一大蒜轮作后复种地黄的大田试验,也同样存在地黄出苗率不高的问题。由于受到 2021 年强降水影响,田间试验被迫停止。大蒜轮作后对地黄化感自毒的具体影响还有待验证,其能否作为轮作作物有待商榷。

#### 参考文献:

- [1] 古 力,牛苗苗,郑红艳,等. 连作地黄的植株形态生理效应研究[J]. 中药材,2013,36(5):691-695.
- [2] 张重义,陈 慧,杨艳会,等. 连作对地黄根际土壤细菌群落多样性的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(11):2843-2848.
- [3] 李振方,杨燕秋,谢冬凤,等. 连作条件下地黄药用品质及土壤微生态特性分析[J]. 中国生态农业学报,2012,20(2):217-224.
- [4] Li Q, Wu Y H, Wang J Y, et al. Linking short-chain N-acetyl homoserine lactone-mediated quorum sensing and replant disease: a case study of *Rehmannia glutinosa* [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020,11:787.
- [5] Chen A G, Gu L, Xu N, et al. NB-LRRs not responding consecutively to *Fusarium oxysporum* proliferation caused replant disease formation of *Rehmannia glutinosa* [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019,20(13):3203.
- [6] 李 振. 地黄特异响应连作障碍基因、miRNAs 鉴定及 miR5054 沉默转化植株的创制[D]. 郑州:河南农业大学,2019.
- [7] 王潇然,王玉红,李炜玺,等. 响应地黄连作障碍 LncRNA-RgAGT2 的克隆及表达分析[J]. 中国中药杂志,2019,44(4):703-711.
- [8] 周艳丽. 大蒜(*Allium sativum* L.)根系分泌物的化感作用研究及化感物质鉴定[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [9] 张 磊,邱黛玉,杨椿晨,等. 大蒜根系分泌物对当归种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 广东农业科学,2015,42(7):17-22.
- [10] 周艳丽,王 艳,李金英,等. 大蒜根系分泌物的化感作用[J]. 应用生态学报,2011,22(5):1368-1372.
- [11] 吴晓婷,赖荣泉,米月娥,等. 大蒜根系分泌物对烟草镰刀菌根腐病的控制作用[J]. 中国生物防治学报,2021,37(3):555-563.
- [12] 王一凡,鲁 韵,李二峰. 探究姜和大蒜粗提取液对甘蓝枯萎病菌的抑制作用[J]. 中国农学通报,2020,36(16):128-134.
- [13] 邱黛玉,沈鹏瑞,张 磊,等. 大蒜对膜侧栽培当归连作、轮作土壤环境及产量的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2021,27(3):156-162.
- [14] 李 磊. 不同连作年限及间作处理对地黄的生理生态效应研究[D]. 郑州:河南农业大学,2018.
- [15] 李培栋,王兴祥,李奕林,等. 连作花生土壤中酚酸类物质的检测及其对花生的化感作用[J]. 生态学报,2010,30(8):2128-2134.
- [16] 刘玉燕. 轮作的原理及意义[J]. 现代农业,2020(1):85.
- [17] 刘高远,和爱玲,杜 君,等. 大球盖菇:玉米轮作对秸秆降解、土壤理化性质、作物产量及经济效益的影响[J]. 河南农业科学,2021,50(10):60-68.
- [18] 许天罡,李水凤,俞关马,等. 两种种植模式交叉轮作克服连作障碍[J]. 长江蔬菜,2021(15):23-24.
- [19] 姚玉玲,杨迎春,吕志藻,等. 丘陵平原水稻一泽泻高效栽培模式及效益分析[J]. 湖北农业科学,2021,60(增刊1):34-35,42.
- [20] 伍光和王乃昂,胡双熙. 自然地理学[M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,2008.
- [21] 赵 通,程 丽,王 城,等. 不同苹果砧穗组合的生长及光合特性[J]. 西北植物学报,2018,38(9):1707-1716.
- [22] 王立光,叶春雷,陈 军,等. 轮作小麦消减胡麻连作障碍的效应研究[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(2):158-163,184.
- [23] 李玉华,邓培渊,雷志华,等. 种植地黄对土壤中脲酶、多酚氧化酶及碱性磷酸酶活性的影响[J]. 西南农业学报,2018,31(5):1041-1044.
- [24] 李 娟,聂 铭,李 磊,等. 土壤中添加外源酚酸类物质对地黄生长的影响[J]. 浙江农业科学,2017,58(6):986-989.