

网络出版时间:2014-11-04 16:35

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.12.026

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.12.026.html>

大棚番茄连续套蒜第 3 年作物生产和土壤养分分析

孙彩菊,程智慧,孟焕文,董殷鑫,温艳斌

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**研究大棚番茄与大蒜(青蒜)连续套种 3 年对作物的生物效应和土壤养分含量的影响。**【方法】**2010-08—2011-07,在塑料大棚内以番茄单作为对照,设番茄套作大蒜和番茄套作青蒜 2 个处理,在秋茬番茄行间套种大蒜或青蒜,大蒜(青蒜)生长持续到春季,此时定植春茬番茄,分析比较不同模式连续种植第 3 年时的作物生物效应和土壤养分含量。**【结果】**与番茄单作相比,套蒜处理对秋茬番茄生长和产量有一定促进作用,并能显著提高其主要品质指标,但套蒜处理对春茬番茄生长和产量有显著的竞争性抑制作用。套作大蒜和青蒜对番茄根结线虫有一定抑制作用,其防病效果在秋茬番茄上分别为 54.9%和 60.0%,在春茬番茄上分别为 34.3%和 39.4%。套蒜处理可明显提高秋茬和春茬番茄土壤碱解氮和速效磷含量,但对土壤速效钾含量影响效果不同。不同套作模式的年产值不同,套作大蒜和青蒜处理分别较番茄单作增值 11.0%和 11.9%。**【结论】**连续套蒜可消减大棚番茄根结线虫病,提高年产值。

[关键词] 大棚番茄;大蒜(青蒜);连续套作;作物生产;土壤养分

[中图分类号] S641.204⁺.7

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)12-0102-09

Analysis of crop production and soil nutrients after three years tomato/garlic continuous intercropping under plastic tunnel

SUN Cai-ju, CHENG Zhi-hui, MENG Huan-wen, Dong Yin-xin, WEN Yan-bin

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

Abstract: **【Objective】** This study aimed to investigate the effects of continuous intercropping of tomato with garlic/green garlic for three years under plastic tunnel on crop biology and soil nutrient content. **【Method】** During August 2010 to July 2011, two treatments namely tomato intercropping garlic and tomato intercropping green garlic were conducted in plastic tunnel taking monoculture tomato as the control. Garlic and green garlic were intercropped in rows of autumn tomato and grew overwinter till spring when spring tomato was transplanted. The crop biological effects and soil nutrient levels were analyzed in the third year of intercropping. **【Result】** The growth and yield of autumn tomato were improved and the major quality indexes were significantly increased, whereas the growth and yield of the spring tomato were significantly declined owing to the competition with garlic or green garlic. The intercropped garlic and green garlic showed inhibition to nematodes and their disease prevention effects were 54.9% and 60.0% in autumn tomato and 34.3% and 39.4% in spring tomato, respectively. The contents of available nitrogen and available phosphorus were significantly increased in the soil with garlic or green garlic intercropped but the effects on content of available potassium varied. The annually incomes of different cropping patterns were different. Compared to monoculture tomato, incomes from the patterns of tomato/garlic and tomato/green garlic in-

[收稿日期] 2013-09-02

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31171949);国家公益性行业(农业)科研专项(200903018-7)

[作者简介] 孙彩菊(1985—),女,山东寿光人,硕士,主要从事蔬菜栽培生理生态研究。

[通信作者] 程智慧(1958—),男,陕西西平人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜栽培生理生态研究。

E-mail:chengzh@nwsuaf.edu.cn

creased by 11.0% and 11.9%, respectively. 【Conclusion】 Continuous intercropping of tomato/garlic or tomato/green garlic decreased incidence of nematodes and increased annual production.

Key words: plastic tunnel tomato; garlic(green garlic); continuous intercrop; crop production; soil nutrient

塑料大棚中番茄一般每年栽培春、秋两茬。由于农民种植习惯和技术单一等因素,连作导致的连作障碍现象普遍且严重^[1-3],成为番茄生产亟待解决的问题。实践证明,轮作和间套作是克服作物连作障碍最省力、最有效的方法^[4-8]。但设施土地规模有限,一般又进行高度专业化、集约化和规模化经营,轮作实施受到极大限制。适宜的间套种方式可以改善生物多样性,提高蔬菜产量和品质,对于设施高效可持续生产具有重要意义。目前与设施番茄套种的蔬菜有苦瓜、生菜、草莓等^[9],但关于其适宜套作作物和效应尚缺乏系统深入的研究。大蒜一般在露地栽培,鲜蒜供应时期很短。由于大蒜具有广谱的抑菌防病作用,利用套作大蒜克服设施番茄连作障碍,可能是一种有效的生物措施,而连续套作效应是高效栽培模式建立的主要依据。为探讨连续套作大蒜对克服设施番茄连作障碍的生物效应和生态效应,本课题组对大棚番茄/大蒜套种模式进行了系统研究,已报道了套作大蒜品种及播期筛选^[10]和连续定位套蒜番茄土壤微生物与酶活性的变化^[11],但是连续套蒜不同年限对作物生产的效应尚未见报道。本试验对大棚番茄/大蒜套种模式连续种植第 3 年的作物生产和土壤养分效应进行了分析,以期为大棚番茄/大蒜可持续套作栽培模式的建立提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试番茄品种为金棚一号,由陕西杨凌裕丰种业科技服务部提供。供试大蒜品种由西北农林科技大学园艺学院大蒜品种资源课题组保存繁殖,大蒜和青蒜套作品种分别为 G064 和 G025。

1.2 试验设计

试验于 2010-08—2011-07 在西北农林科技大学园艺场(34°17',108°4'E)塑料大棚内进行,每年种植春、秋 2 茬番茄。供试土壤为肥力中等的壤质土,已完成了连续 2 年番茄/大蒜定位套种。试验采用随机区组设计,以番茄单作为对照,设番茄与大蒜套作(种植蒜瓣,收获蒜薹和蒜头)、番茄与青蒜套作(种植蒜头,收割青蒜)2 个处理,分别记作 CK、T1 和 T2。每处理 2 畦,重复 3 次,畦长 3.2 m,畦宽

1.2 m,处理间垂直深埋塑料薄膜 50 cm 进行土壤隔离。

2010-07-30 定植秋茬番茄,每畦 2 行,每行 10 株,行距 60 cm。08-30 在秋茬番茄畦内套种大蒜或青蒜,大蒜每畦 3 行,株行距为 8 cm×20 cm;青蒜每畦 4 行,每行 70 头蒜。11-20 秋茬番茄拉秧,大蒜和青蒜继续生长越冬。2011-03-10 定植春茬番茄,04-29 收获大蒜并拔除青蒜植株,07-01 春茬番茄拉秧。

番茄与大蒜共生期肥水和管理按番茄生长要求进行,参照常规生产水平追肥。番茄拉秧后按大蒜要求管理,但不追肥。

1.3 研究方法

1.3.1 番茄生长与品质指标的测定 (1)形态指标。在两茬番茄生长期,定期活体测定株高、最大叶的长和宽、茎粗。(2)产量。果实成熟期记录各处理每次采收的果数和总质量,计算小区产量和单位面积产量。(3)品质。分别于秋茬和春茬番茄盛果期采样,每处理取 6 个成熟果实,切碎混匀后,分别测定可溶性固形物、有机酸、可溶性糖、番茄红素、Vc 含量。(4)根结线虫病。分别于两茬番茄拉秧时,调查根结线虫发病植株数及发病级别。番茄根结线虫分级标准为:0 级,无根结;1 级,有根结根数占总根系的 1%~15%;2 级,有根结数占总根数的 16%~25%;3 级,有根结根数占总根数的 26%~50%;4 级,有根结根数占总根数的 51%~75%;5 级,有根结根数占总根数的 76%以上。根据调查结果分别计算发病率和病情指数,并比较不同处理的防病效果。

发病率=(调查病株数/调查总株数)×100%;

病情指数= $\sum(\text{调查株病级数} \times \text{该级病株数}) / (\text{调查总株数} \times \text{最高病级数}) \times 100\%$;

防病效果=(对照病情指数-处理病情指数)/对照病情指数×100%。

1.3.2 大蒜生长与品质指标的测定 (1)青蒜产量和形态指标。秋季收割 2 次青蒜,记录产量并取样测定高度、茎粗、最大叶长和叶宽、单株鲜质量等。(2)大蒜产量和鳞茎性状。鳞茎收获后风干 3 d,统计鲜蒜产量并测定鳞茎纵横径、单头质量等性状。

1.3.3 土样的采集及其理化指标测定 秋季套种大蒜时采集土壤,以后每 20 d 取样 1 次;春季于番茄定植 10 d 后开始采集土样,番茄与大蒜共生期每 20 d 取样 1 次,大蒜收获后每 30 d 取样 1 次。

每次取样在小区内按 S 型 5 点取样,去除土表植物脱落物层后用直径 5 cm 土钻采集 0~10 cm 深度土样,混匀后分样,自然风干,磨细过 1 mm 筛。速效氮含量用碱解扩散法测定,速效磷含量用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾含量用 1 mol/L NH₄OAc(pH=8)浸提,火焰光度计法测定。

1.4 数据统计与分析

数据处理及作图由 Excel 2003 和 SAS 软件系统完成。

2 结果与分析

2.1 大棚番茄与大蒜不同模式连续套作对番茄的生物效应

2.1.1 对番茄生长的影响 (1)秋茬番茄。从图 1 可以看出,在秋茬番茄株高增长过程中,始终以 T2

处理最大,T1 处理最小;从 09-20 开始,T2 处理显著($P<0.05$)高于 CK,T1 处理与 CK 差异不显著。

在秋茬番茄茎粗增长过程中,始终以 T2 处理最小,且 T2 处理与 CK 有显著性差异;T1 处理与 CK 相近,但到生长后期(10-10)T1 处理亦显著小于 CK。

T1 和 T2 处理秋茬番茄最大叶长均始终大于 CK,但直到生长后期(10-10)T1 和 T2 处理与 CK 的差异才达显著水平。T1 处理的最大叶宽一直显著大于 CK 和 T2,T2 处理的最大叶宽在生长中后期(09-20—10-10)一直大于 CK,但二者差异不显著。

(2)春茬番茄。由图 2 可以看出,2 个套蒜处理对春茬番茄的株高有一定抑制作用。在番茄生长前中期(03-20—04-09)T1 处理对番茄株高影响不明显,对生长中后期(04-29—05-29)番茄株高有显著抑制作用;T2 处理则对生长中期(04-09—04-29)番茄株高有显著抑制作用,但对生长后期(05-29)番茄影响不显著。

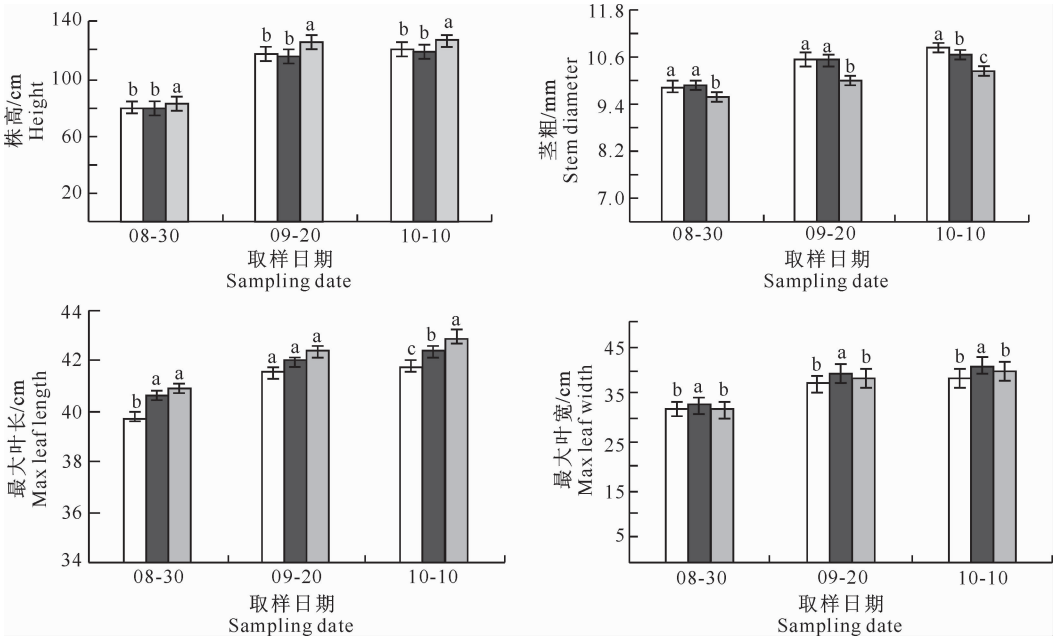


图 1 不同套作模式下 2010 年秋茬番茄的生长动态
□番茄单作(CK);■番茄套大蒜(T1);▨番茄套青蒜(T2);下图同

Fig. 1 Dynamic changes of tomato growth in different intercropping patterns in autumn 2010

□Tomato monocropping (CK);■Tomato intercropped with garlic (T1);▨Tomato intercropped with green garlic (T2);The same below

T1 和 T2 处理对春茬番茄茎粗有较强的抑制作用,除生长初期(03-20)与 CK 差异不显著外,之后 T1 和 T2 的株高均与 CK 差异显著。2 个套蒜处理对春茬番茄叶的生长表现出一定的抑制作用,除

生长初期(03-20)之外,以后(04-09—05-29)T1 处理最大叶长和叶宽一直显著小于 CK,T2 处理最大叶长和叶宽在生长中期(04-09—04-29)也显著小于 CK。

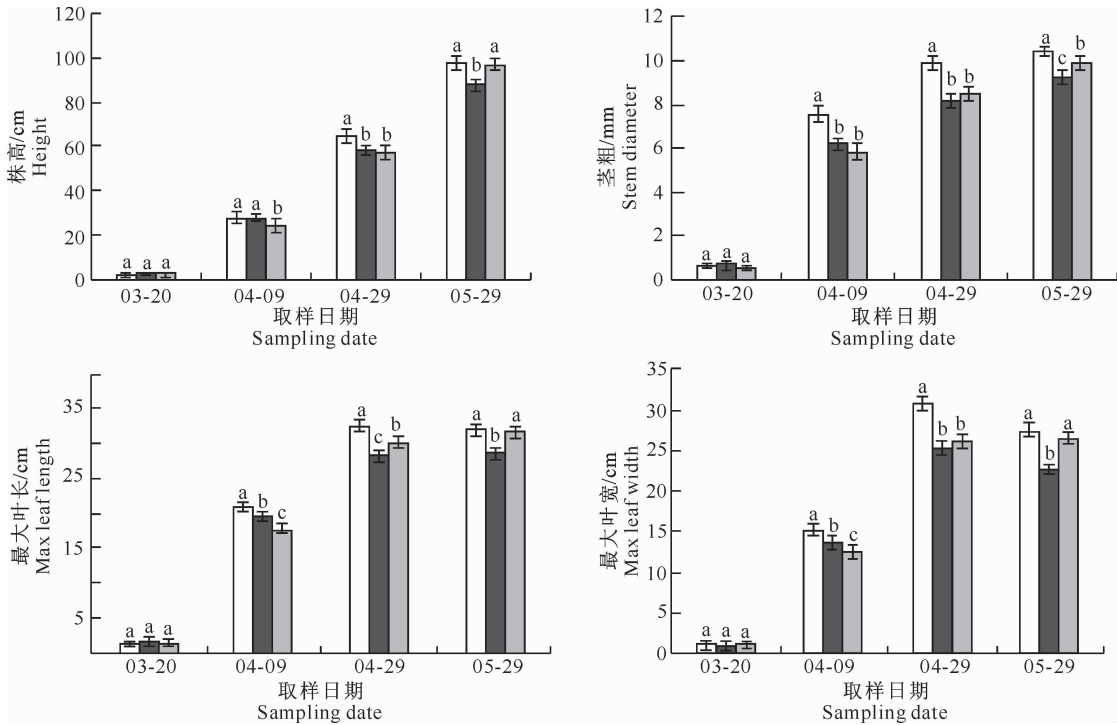


图 2 不同套作模式下 2011 年春茬番茄的生长动态
□, CK; ■, T1; ▒, T2

Fig. 2 Dynamic changes of tomato growth in different intercropping patterns in spring 2011

2.1.2 对番茄产量和品质的影响 表 1 表明,不同套作模式下秋茬番茄果实的产量和品质均有显著差异。套蒜有利于提高番茄产量,其中 T2 处理较 CK 增产 8.8%,差异达显著水平;T1 处理较 CK 增产 1.0%,差异不显著。T1 处理番茄果实的糖酸比、

Vc 含量和番茄红素含量均较高,分别较 CK 提高 19.1%,14.7%和 85.6%,且差异均达到显著水平;T2 处理果实的可溶性糖含量最高,较 CK 显著增加了 16.8%。

表 1 不同套作模式下 2010 年秋茬番茄和 2011 年春茬番茄产量和品质的比较

Table 1 Comparison of tomato yield and fruit quality of different tomato/garlic intercropping patterns in 2010 autumn and 2011 spring

番茄茬次 Tomato cropping	处理 Treatment	产量/ (kg·m ⁻²) Yield	可溶性 固形物/% Soluble solid	有机酸/% Organic acid	糖酸比 Sugar-acid ratio	Vc/ (mg·g ⁻¹)	可溶性糖/% Soluble sugar	番茄红素/ (mg·hg ⁻¹) Lycopene
秋茬 Autumn	CK	7.77 b	3.93 b	0.750 b	5.24 b	0.730 c	6.20 b	35.5 c
	T1	7.85 b	4.23 a	0.679 c	6.24 a	0.837 a	5.81 c	65.9 a
	T2	8.45 a	4.28 a	0.813 a	5.27 b	0.787 b	7.24 a	46.0 b
春茬 Spring	CK	9.04 a	4.93 a	0.875 a	5.64 b	1.09 b	4.60 b	38.7 c
	T1	7.56 b	4.80 b	0.822 b	5.84 a	1.21 a	4.90 a	67.0 a
	T2	7.72 b	4.68 c	0.858 c	5.46 c	1.08 b	4.05 c	47.3 b

注:CK 为番茄单作,T1 为番茄套大蒜,T2 为番茄套青蒜;同列数据后标不同小写字母者表示差异显著(P<0.05),下表同。

Note:CK means tomato monocropping,T1 means tomato intercropped with garlic,and T2 means tomato intercropped with green garlic. Different small letters in each column mean significant difference among treatments at 0.05 level. The same below.

套蒜处理的春茬番茄产量均显著低于 CK,T1 和 T2 处理分别减产 16.3%和 14.4%。T1 处理番茄果实的糖酸比、Vc、可溶性糖和番茄红素含量较 CK 分别提高 3.6%,11.0%,6.5%和 73.1%,且差异均达显著水平。T2 处理果实番茄红素含量显著高于 CK,但可溶性固形物、有机酸、糖酸比、可溶性

糖含量均显著低于 CK。由此可见,大蒜和青蒜与番茄的生长竞争会影响番茄产量,但套作大蒜对番茄主要品质指标仍表现为有利影响,而套作青蒜对番茄品质的不利影响较大。

2.1.3 对番茄根结线虫病的影响 由表 2 可以看出,连作的 2010 年秋茬和 2011 年春茬番茄根结线

虫发病普遍而严重,秋茬番茄发病率和病情指数分别为 32.5%和 23.3,春茬番茄发病率和病情指数分别达 95.0%和 24.8。套作大蒜(T1)和青蒜(T2)均对番茄根结线虫病有一定防效,秋茬防病效果分别为 54.9%和 60.0%,春茬防病效果分别为 34.3%和 39.4%。

表 2 不同套作模式下 2010 年秋茬番茄和 2011 年春茬番茄根结线虫病病情的比较
Table 2 Comparison of tomato root-knot nematode disease of different intercropping patterns in 2010 fall and 2011 spring

处理 Treatment	2010 年秋 2010 fall			2011 年春 2011 spring		
	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index	防病效果/% Control effect	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index	防病效果/% Control effect
CK	32.5	23.3	—	95.0	24.8	—
T1	18.3	10.5	54.9	93.8	16.3	34.3
T2	21.7	9.3	60.0	96.3	15.0	39.4

2.2 大棚番茄与大蒜不同模式连续套作对大蒜的生物效应

2.2.1 青蒜农艺性状和产量 第一茬青蒜生长旺盛,09-27 收割,其株高、茎粗分别为 45.1 cm 和 4.06 mm,叶片数为 3.5,最大叶长和叶宽分别为 36.9 和 1.09 cm,单株质量为 3.36 g;第二茬青蒜生长较第一茬有所减弱,10-29 收割,其株高、茎粗、叶片数、最大叶长和叶宽、单株质量分别为 36.6 cm、3.95 mm、3.3 片、28.5 cm、1.05 cm 和 2.67 g;2 次收割的青蒜都有较好的商品性,青蒜总产量 1.509 kg/m²。秋季收割 2 茬青蒜后,残株继续生长,于 2011-04-29 挖收。观测表明,青蒜植株上均形成小独头蒜(横径<25 mm),虽达不到商品蒜要求,但可以作为繁殖材料。

2.2.2 大蒜鳞茎性状和产量 2011-04-29 收获大

蒜,鲜蒜平均产量 0.706 kg/m²,其鳞茎横径 50.4 mm,纵茎 39.3 mm,单头质量 47.6 g,均达到商品蒜(横径>30 mm)要求,适宜作鲜蒜出售。

2.3 大棚番茄与大蒜不同模式连续套作对土壤速效养分含量的影响

2.3.1 碱解氮 由图 3 可见,除 03-09 的 T2 处理外,在整个秋茬和春茬番茄生长期间,套蒜(T1 和 T2)处理均不同程度地提高了土壤碱解氮含量,其中 T1 处理碱解氮含量较 CK 高 2.7%~27.9%,T2 处理较 CK 高 1.3%~16.6%。除秋茬番茄生长初期(08-30)和生长末期(11-20)以及春茬番茄生长初期(03-09)外,其余时期 T1 处理土壤碱解氮含量均显著高于 CK;T2 处理土壤碱解氮含量在秋茬番茄生长中后期(10-10—10-30)以及春茬番茄生长中后期(04-29—06-29)均显著高于 CK。

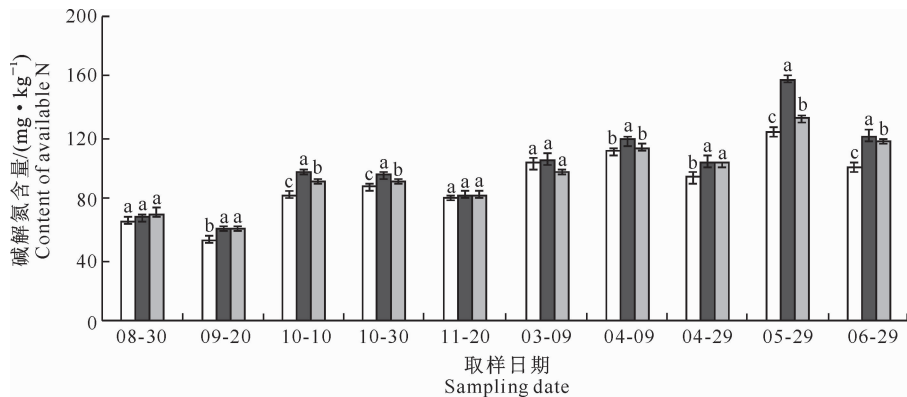


图 3 不同套作模式下 2010—2011 年土壤碱解氮含量的动态变化
□, CK; ■, T1; ▒, T2

Fig. 3 Dynamic changes of soil available N in different intercropping patterns from 2010 autumn to 2011 spring

2.3.2 速效磷 由图 4 可见,对于秋茬番茄,在其生长初期土壤速效磷含量较高,随着番茄生长及进入结果期,土壤速效磷含量呈现降低趋势。除生长末期(11-20)外,其余生长期套蒜处理(T1 和 T2)土壤的速效磷含量均显著高于 CK。

由图 4 还可知,对于春茬番茄,在其生长初期土

壤速效磷含量较低,随着番茄进入开花坐果期(04-09—04-29),土壤速效磷含量提升到较高水平,并在保持一段时间后到生长中后期(05-29—06-29)有所降低。在整个生育期,各套蒜处理的土壤速效磷含量均不同程度高于 CK。

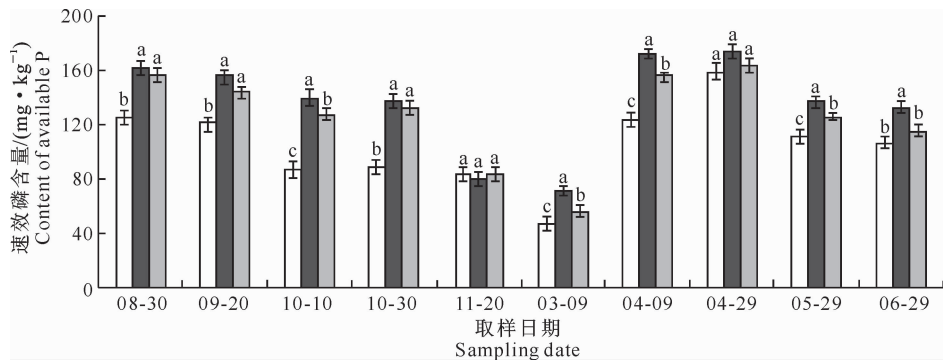


图 4 不同套作模式下 2010—2011 年土壤速效磷含量的动态变化

□ CK;■ T1;▨ T2

Fig. 4 Dynamic changes of soil available P in different intercropping patterns from 2010 autumn to 2011 spring

2.3.3 速效钾 由图 5 可以看出,秋茬番茄生长期间土壤速效钾含量总体上较春茬番茄低。对于秋茬番茄,T1 处理土壤速效钾含量均较 CK 有不同程度提高,除生长初期(08-30)外,二者差异均达到显著水平;而除生长末期(11-20)外,其余生长期 T2 处理

土壤速效钾含量均显著低于 CK。在春茬番茄与大蒜共生期(03-09—04-29),套蒜处理(T1 和 T2)土壤的速效钾含量均显著低于 CK;而在 04-29 大蒜收获之后,套蒜处理的土壤速效钾含量略有升高,甚至超过 CK,但与 CK 差异不显著。

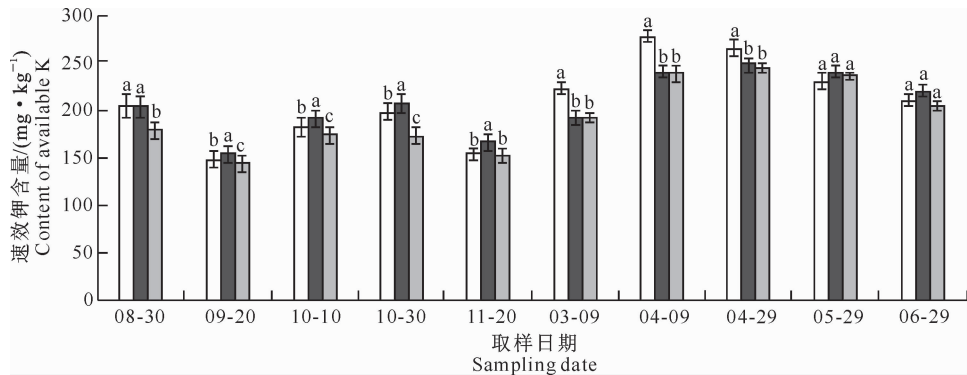


图 5 不同套作模式下 2010—2011 年土壤速效钾含量的动态变化

□ CK;■ T1;▨ T2

Fig. 5 Dynamic changes of soil available K in different intercropping patterns from 2010 autumn to 2011 spring

2.4 大棚番茄与大蒜不同套作模式的生产效益

由表 3 可以看出,就主作物番茄单茬产值而言,套蒜处理(T1 和 T2)的秋茬番茄产值均高于 CK,T1 和 T2 分别较 CK 增值 1.0%和 8.8%;春茬番茄中,由于大蒜和青蒜激烈的竞争性抑制作用,番茄产

值均低于 CK,T1 和 T2 分别较 CK 减值 16.3%和 14.4%。但由于套蒜有大蒜或青蒜收入,2 种作物年产值仍以套蒜处理显著高于 CK,T1 和 T2 处理分别较 CK 增值 11.0%和 11.9%。

表 3 大棚番茄和大蒜不同套作模式时的生产效益比较

Table 3 Comparison of yearly economic incomes of different intercropping patterns between tomato and garlic in plastic tunnel

处理 Treatment	番茄产值/(元·m ⁻²) Income of tomato		大蒜(青蒜)产出 Garlic (green garlic) production		大蒜(青蒜)投入/ (元·m ⁻²) Garlic (green garlic) input		年产值/ (元·m ⁻²) Yearly income	增值率/% Value-added ratio
	秋茬 Autumn	春茬 Spring	产量/ (kg·m ⁻²) Yield	产值/ (元·m ⁻²) Income	人工 Labor	蒜种 Garlic seed		
CK	23.30	18.08	—	—	—	—	41.38 b	—
T1	23.54	15.13	0.779	7.79	0.233	0.300	45.92 a	11.0
T2	25.36	15.48	1.509	10.56	0.155	4.941	46.30 a	11.9

注:番茄均价 2010 年秋季为 3.0 元/kg,2011 年春季为 2.0 元/kg;鲜蒜薹和蒜头为 10 元/kg,青蒜 7 元/kg,蒜种 8 元/kg。

Note:The mean price of tomato was 3.0 yuan/kg in fall 2010,and 2.0 yuan/kg in spring 2011. The mean prices of fresh garlic scape and bulb, green garlic,and the seed garlic were 10 yuan/kg,7 yuan/kg,and 8 yuan/kg,respectively.

3 讨 论

越来越多的研究表明,很多植物的根系分泌物具有化感促生和抑菌作用^[12-16]。周艳丽等^[15-17]研究指出,大蒜根系分泌物能促进番茄根部生长,进而促进番茄的养分吸收;大蒜根系水浸液对番茄和辣椒幼苗的生长具有低浓度促进、高浓度抑制作用,对其叶绿素含量、光合速率及根系活力均有促进作用。Khan 等^[18]研究表明,大蒜根系分泌物对莴苣种子发芽和幼苗生长均表现出低浓度促进、高浓度抑制的化感作用。本研究中,套作大蒜和青蒜对秋茬番茄生长表现出明显的促进作用,而对共生期的春茬番茄生长表现出抑制作用;套作青蒜的处理(T2)在青蒜残株拔除后其抑制作用逐渐消失,而套作大蒜的处理(T1)在大蒜鳞茎收获后其抑制作用尚不能完全消除。这种抑制作用的原因,一方面可能由于春季大蒜和青蒜的旺盛生长,使土壤中大蒜根系分泌物大量积累,高浓度的大蒜根系分泌物对番茄生长表现出化感抑制作用;另一方面,当春茬番茄与处于旺盛生长期的大蒜或青蒜套种时,幼小的番茄对空间的竞争处于劣势地位,番茄生长和光合作用等受到竞争性抑制。由于本研究中大蒜和青蒜处理土壤速效氮、速效磷和速效钾养分含量总体高于 CK,因此可以认为,套蒜对春茬番茄生长的抑制作用主要来自大蒜(青蒜)与番茄对生长空间的竞争,而不是对土壤养分的竞争。因此,在进一步套作试验中,应该尽量缩短大蒜(青蒜)与春茬番茄的共生期,并采取措施减少空间竞争。

大量研究指出,合理间套作能改善土壤微生物结构、数量和种类及土壤酶活性,增加土壤养分的有效利用率^[19-20]。套作中作物秸秆腐解物对土壤养分和土壤酶活性有调节作用^[21]。土壤微生物和土壤酶参与土壤物质和能量的转化,对土壤养分的形成和积累有重要作用。植物根系分泌物也可以直接或间接地影响土壤养分的有效性^[22]。本研究结果表明,大棚连作番茄持续套蒜第 3 年,土壤速效氮和速效磷含量总体上明显增加,这一方面可能是由于套蒜增加了土壤的微生物数量和酶活性^[11],有利于活化土壤营养;另一方面可能是因为春茬番茄生长前期受到大蒜的竞争性抑制,导致其吸收养分减少。套蒜处理对土壤速效钾含量的影响也很大,与 CK 相比,套种大蒜后秋季番茄土壤速效钾含量总体有所增加,而套种青蒜的秋茬番茄土壤速效钾含量总体降低;但春茬番茄与大蒜共生期土壤速效钾含量

降低,这可能由于春季大蒜鳞茎膨大对钾肥需要量大,约占总需钾量的 71.5%^[23],短期内大蒜(青蒜)与番茄果实膨大竞争性吸收土壤中的钾元素,大蒜收获后,这种竞争作用消除,加之施肥调整,土壤速效钾含量又有所回升。

套作或轮作大蒜等作物可以改善连作番茄、黄瓜、辣椒等蔬菜土壤微生物的数量和结构,使土壤细菌数量增加,真菌数量下降,病原菌减少^[3,6,11,24]。本研究结果表明,套作大蒜和青蒜均可减轻番茄根结线虫的危害,其防病效果可以达到 34.3%~60.0%。

生产实践和大量研究证明,实行间作、套作或混作,能够充分利用土壤及光、热、水资源,提高农作系统的生物多样性,有利于提高农产品的产量和质量^[25-26]。徐强等^[27-28]研究表明,玉米与线辣椒套作较单作玉米呈现明显的套作优势。本研究结果表明,套作大蒜和青蒜对秋茬番茄有增产作用,而且使果实主要品质指标提高;但由于高浓度的化感物质及空间竞争等因素,套作大蒜和青蒜对春茬番茄产量表现出了显著的抑制作用,这种负面效应也影响到番茄个别品质指标,但仍有一些品质指标表现出套蒜优势。由此可知,通过早收青蒜、加速大蒜成熟和适当的空间分隔等措施,减少春季青蒜和大蒜与春茬番茄的共生期,可能会减少或消除套蒜对春茬番茄产量及品质的负面影响。

一般认为,间混作能增产 20% 左右,套作能增产 30%~50%^[29]。本研究中,大棚连作番茄连续套蒜第 3 年,秋茬番茄表现显著的产量优势,春茬番茄产量虽受到显著影响,但套作大蒜和青蒜单位土地面积年产值增值率分别达 11.0% 和 11.9%。进一步改进番茄与大蒜套作中的作物管理,减少生长竞争,可望消减对春茬番茄产量的负面影响,并进一步提高套作效益。

综上所述,大棚连作番茄连续套蒜第 3 年的生物效应研究表明,大棚番茄连续套蒜是一种消减番茄根结线虫病等连作障碍的有效生物措施,并可实现单位时空大蒜和番茄生产的双赢,但大棚番茄连续套蒜模式中的一些管理技术还需进一步研究改进。

【参考文献】

- [1] Xiao X M, Cheng Z H, Meng H W, et al. Intercropping with garlic alleviated continuous cropping obstacle of cucumber in plastic tunnel [J]. Acta Agriculturae Scandinavica Section B;

- Soil and Plant Science, 2012, 62: 696-705.
- [2] 邱立友, 戚元成, 王明道, 等. 植物次生代谢物的自毒作用及其与连作障碍的关系 [J]. 土壤, 2010, 42(1): 1-7.
Qiu L Y, Qi Y C, Wang M D, et al. The relationship of continuous cropping obstacles and the autotoxicity of plant secondary metabolites [J]. Soils, 2010, 42(1): 1-7. (in Chinese)
- [3] 李 威, 程智慧, 孟焕文, 等. 轮作不同蔬菜对大棚番茄连作基质中微生物与酶及后茬番茄的影响 [J]. 园艺学报, 2012, 39(1): 73-80.
Li W, Cheng Z H, Meng H W, et al. Effect of rotating different vegetables on micro-biomass and enzyme in tomato continuous cropped substrate and afterculture tomato under plastic tunnel cultivation [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(1): 73-80. (in Chinese)
- [4] 李 威, 孟焕文, 程智慧, 等. 轮作叶菜对大棚番茄连作基质重复利用效果的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(1): 164-170.
Li W, Meng H W, Cheng Z H, et al. Effect of rotating different leaf vegetables with tomato in plastic tunnel on reuse of continuous cropping substrate [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2012, 40(1): 164-170. (in Chinese)
- [5] 刘同金, 程智慧, 赵慧玲, 等. 适宜与大棚基质栽培番茄套作的大蒜品种及其套播期研究 [J]. 园艺学报, 2013, 40(3): 555-561.
Liu T J, Cheng Z H, Zhao H L, et al. Studies on the optimum cultivar and intercropping date of garlic intercropped with substrate culture tomato under plastic tunnel [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2013, 40(3): 555-561. (in Chinese)
- [6] Ahmad I, Cheng Z H, Meng H W, et al. Effect of pepper-garlic intercropping system on soil microbial and bio-chemical properties [J]. Pak J Bot, 2013, 45(2): 695-702.
- [7] Xiao X M, Cheng Z H, Meng H W, et al. Intercropping of green garlic (*Allium sativum* L.) induces nutrient concentration changes in the soil and plants in continuously cropped cucumber (*Cucumis sativus* L.) in a plastic tunnel [J]. PLoS One, 2013, 8(4): e62173. DOI: 10.1371/journal.pone.0062173.
- [8] Trenbath B R. Intercropping for the management of pests and diseases [J]. Field Crops Research, 2009, 34(3/4): 381-405.
- [9] Cecilio A B, Rezende B L A, Barbosa J C. Agronomic efficiency of intercropping tomato and lettuce [J]. Anais Da Academia Brasileira De Ciencias, 2011, 83(3): 1109-1119.
- [10] 郝丽霞, 程智慧, 孟焕文, 等. 设施番茄套作大蒜的生物和生态效应: 套播时期对不同品种大蒜生长发育和产量的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30(19): 5316-5326.
Hao L X, Cheng Z H, Meng H W, et al. Biological and ecological effect of interplanting tomato/garlic in the facility: Influence of interplanting dates on growth, development and yield of different garlic cultivars [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(19): 5316-5326. (in Chinese)
- [11] 孙彩菊, 程智慧, 孟焕文, 等. 大棚番茄连续定位套蒜第 3 年土壤微生物数量和酶活性的变化 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(12): 97-105.
Sun C J, Cheng Z H, Meng H W, et al. The variation of micro-organism quantity and enzyme activities in soil with tomato/garlic continuous positional intercropped for the third year under plastic tunnel [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2012, 40(12): 97-105. (in Chinese)
- [12] 张凤丽, 周宝利, 王茹华. 嫁接茄子根系分泌物的化感作用 [J]. 应用生态学报, 2005, 28(4): 750-753.
Zhang F L, Zhou B L, Wang R H. Allelopathic effects of grafted eggplant root exudates [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 28(4): 750-753. (in Chinese)
- [13] 韩丽梅, 鞠会艳, 杨振明. 两种基因型大豆根分泌物对大豆根腐病菌的化感作用 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(1): 137-141.
Han L M, Ju H Y, Yang Z M. Allelopathy of root exudates from two genotypes soybeans on root rot pathogenic fungi [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(1): 137-141. (in Chinese)
- [14] 王茹华, 周宝利, 张启发, 等. 茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸对黄萎菌的化感效应 [J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3152-3155.
Wang R H, Zhou B L, Zhang Q F, et al. Effects of vanillin and cinnamic acid in root exudates of eggplants on *Verticillium dahlia* [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(9): 3152-3155. (in Chinese)
- [15] 周艳丽, 程智慧, 孟焕文. 大蒜根系分泌物对不同受体蔬菜的化感作用 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(1): 81-86.
Zhou Y L, Cheng Z H, Meng H W. Allelopathy of garlic root exudates on different receiver vegetables [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(1): 81-86. (in Chinese)
- [16] 周艳丽, 程智慧, 孟焕文. 大蒜根系水浸液及根系分泌物的化感作用评价 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(10): 87-92.
Zhou Y L, Cheng Z H, Meng H W. Allelopathy of garlic root aqueous extracts and root exudates [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2001, 35(10): 87-92. (in Chinese)
- [17] 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.
Zhou Y L, Wang Y, Li J Y, et al. Allelopathy of garlic root exudates [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(5): 1368-1372. (in Chinese)
- [18] Khan M A, Cheng Z H, Xiao X M, et al. Ultrastructural studies of the inhibition effect against *Phytophthora capsici* of root exudates collected from two garlic cultivars along with their qualitative analysis [J]. Crop Protection, 2011, 30(9): 1149-1155.
- [19] 孟亚利, 王立国, 周治国, 等. 套作棉根际与非根际土壤酶活性和养分的变化 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2076-2080.
Meng Y L, Wang L G, Zhou Z G, et al. Dynamics of soil enzyme activity and nutrient content in intercropped cotton rhizosphere and non-rhizosphere [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(11): 2076-2080. (in Chinese)
- [20] 王树起, 韩晓增, 乔云发, 等. 不同土地利用和施肥方式对土壤

酶活性及相关肥料因子的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009,15(6):1311-1316.

Wang S Q,Han X Z,Qiao Y F,et al. Effects of land uses and fertilization systems on soil enzyme activities and nutrients [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2009,15(6):1311-1316. (in Chinese)

[21] Han X,Cheng Z H,Meng H W. Soil properties,nutrient dynamics,and soil enzyme activities associated with garlic stalk decomposition under various conditions [J]. PLoS One,2012,7(11):e50868. DOI:10.1371/journal.pone.0050868.

[22] 申建波,张福锁. 根分泌物的生态效应 [J]. 中国农业科技导报,1999(4):21-27.

Shen J B,Zhang F S. The ecological of the root exudates [J]. Journal of Agricultural Science and Technology,1999(4):21-27. (in Chinese)

[23] 张 翔,朱洪勋,孙春河. 大蒜氮磷钾营养吸收规律与平衡施肥研究 [J]. 土壤肥料,1998(2):10-13.

Zhang X,Zhu H X,Sun C H. The research of NPK nutrients absorption law and balanced fertilization in garlic [J]. Soil and Fertilizer Sciences,1998(2):10-13. (in Chinese)

[24] 张雪艳,田永强,高艳明,等. 温室黄瓜不同栽培制度对土壤微生物群落功能结构的影响 [J]. 园艺学报,2011,38(7):1317-1324.

Zhang X Y,Tian Y Q,Gao Y M,et al. The effect of different cultivation systems in greenhouse cucumber on soil microbial function structure [J]. Acta Horticulturae Sinica,2011,38(7):1317-1324. (in Chinese)

[25] 杨友琼,吴伯志. 作物间套作种植方式间作效应研究 [J]. 中国农学通报,2007,23(11):192-195.

Yang Y Q,Wu B Z. Research of intercropping benefit of crop intercropping systems [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2007,23(11):192-195. (in Chinese)

[26] Buman R A,Alesii B A,Hatfield J L,et al. Profit,yield,and soil quality effects of tillage systems in corn-soybean rotations [J]. Journal of Soil and Water Conservation,2004,59(6):260-271.

[27] 徐 强,程智慧,卢 涛,等. 线辣椒/玉米套作对产量和品质的影响 [J]. 干旱地区农业研究,2010,28(5):20-25,31.

Xu Q,Cheng Z H,Lu T,et al. The effects of line pepper/corn intercropping on the yield and quality [J]. Agriculture Research in the Arid Areas,2010,28(5):20-25,31. (in Chinese)

[28] 徐 强,谢宝英,程智慧. 线辣椒玉米套作的养分吸收利用及产量优势分析 [J]. 园艺学报,2010,37(8):1247-1256.

Xu Q,Xie B Y,Cheng Z H. Studies on uptake and utilization of nitrogen,phosphorus and potassium and yield advantage in capsicum/maize relay intercropping system [J]. Acta Horticulturae Sinica,2010,37(8):1247-1256. (in Chinese)

[29] 宁堂原,焦念元,安艳艳,等. 间套作资源集约利用及对产量品质影响研究进展 [J]. 中国农学通报,2007,23(4):159-163.

Ning T Y,Jiao N Y,An Y Y,et al. Advances in resources intensive utilization,yield and quality in intercropping or relay cropping systems [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2007,23(4):159-163. (in Chinese)

(上接第 96 页)

[19] 谭 洪,王树荣,骆仲泱,等. 物质三组分热裂解行为的对比研究 [J]. 燃料化学学报,2006,34(1):61-65.

Tan H,Wang S R,Luo Z Y,et al. Pyrolysis behavior of cellulose,xylan and lignin [J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology,2006,34(1):61-65. (in Chinese)

[20] Rath J,Wolfinger M G,Steiner G,et al. Heat of wood pyrolysis [J]. Fuel,2003,82(1):81-91.

[21] 黄 娜. 生物质三组分热裂解特性及其动力学研究 [D]. 北京:北京化工大学,2007.

Huang N. Research of the pyrolysis and kinetics of three components of biomass [D]. Beijing:Beijing University of Chemical Technology,2007. (in Chinese)

[22] Haykiri-Acma H,Yaman S,Kucukbayrak S. Comparison of the thermal reactivities of isolated lignin and holocellulose during pyrolysis [J]. Fuel Processing Technology,2010,91(7):759-764.

[23] Brown T R,Wright M M,Brown R C. Estimating profitability of two biochar production scenarios:Slow pyrolysis vs fast pyrolysis [J]. Biofuels Bioprod Biorefining,2011,5(1):54-68.

[24] Park W C,Atreya A,Baum H R. Experimental and theoretical investigation of heat and mass transfer processes during wood pyrolysis [J]. Combustion and Flame,2010,157(3):481-494.