

# 不同前茬对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响\*

贺丽娜<sup>1</sup> 梁银丽<sup>1,2\*\*</sup> 熊亚梅<sup>1</sup> 周茂娟<sup>1</sup> 高静<sup>1</sup> 韦泽秀<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学资源与环境学院 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所 杨凌 712100)

**摘要** 试验研究了在延安日光温室不同前茬作物条件下, 黄瓜随着生长季节的变化其产量和品质及土壤呼吸和酶活性的动态变化。结果表明, 前茬为豇豆的黄瓜产量和土壤碱性磷酸酶活性较高, 前茬为番茄的黄瓜可溶性糖含量和土壤呼吸强度较高, 前茬为四季豆的黄瓜维生素C含量较高, 前茬为翻青玉米的黄瓜硝酸盐含量和土壤脲酶活性较高, 前茬为翻青黑豆的土壤蔗糖酶活性较高。从提高黄瓜产量的角度出发, 豇豆-黄瓜是最佳模式, 而从改善黄瓜品质的角度出发, 番茄-黄瓜和四季豆-黄瓜是最优模式。

**关键词** 轮作 前茬作物 黄瓜产量 黄瓜品质 土壤呼吸 土壤酶活性

中图分类号: S626; S154.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2009)01-0024-05

## Effect of different preceding crops on yield, quality of cucumber and soil enzyme activity in solar greenhouse

HE Li-Na<sup>1</sup>, LIANG Yin-Li<sup>1,2</sup>, XIONG Ya-Mei<sup>1</sup>, ZHOU Mao-Juan<sup>1</sup>, GAO Jing<sup>1</sup>, WEI Ze-Xiu<sup>1</sup>

(1. College of Resources and the Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China)

**Abstract** Dynamic changes in cucumber yield, quality, soil respiration and enzyme activity were studied under different preceding crops in different growing seasons in Yan'an solar greenhouse. The results show that cucumber yield and soil alkaline phosphatase activity are high under cowpea-cucumber rotation. Soil respiration and cucumber soluble sugar content significantly increase under tomato-cucumber rotation. Vc content of cucumber improves significantly under kidney bean-cucumber rotation. Soil urease activity and nitrate content of cucumber also increase under maize-green manure-cucumber rotation. And sucrase activity in the soil is highest under black bean-green manure-cucumber rotation system. For high cucumber yield, cowpea-cucumber rotation system is the most suitable model. However, tomato-cucumber and kidney bean-cucumber rotation systems are the most suitable models for improving cucumber quality.

**Key words** Rotation, Preceding crop, Cucumber yield, Cucumber quality, Soil respiration, Soil enzyme activity

(Received Nov. 12, 2007; accepted March 29, 2008)

设施蔬菜因其经济效益相对较高, 是适合我国国情的劳动密集型产业, 在我国西部地区正在成为发展农村经济、调整产业结构的新的增长点<sup>[1]</sup>。据农业部统计, 2005年末我国设施蔬菜面积达到  $297.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 蔬菜生产趋向规模化、工厂化、专业化, 形成不少大蒜乡、黄瓜镇等蔬菜专业化生产基地, 连作现象非常普遍。黄瓜连作后土壤次生盐渍化加重, P 过剩, K 则消耗过多, 造成养分不平衡<sup>[2]</sup>, 且土

壤环境恶化、病虫害严重、产量降低、品质恶劣等一系列不良现象, 严重威胁设施蔬菜生产的可持续发展, 成为生产上一个亟待解决的问题。

关于黄瓜连作方面的研究已见诸报道<sup>[3, 4]</sup>, 但通过栽培模式来解决连作障碍的研究较少<sup>[5-7]</sup>。本试验以日光温室黄瓜(*Cucumis sativus* L.)轮作土壤为研究对象, 通过日光温室的田间试验, 系统研究了不同前茬作物对黄瓜产量、品质及土壤呼吸和酶活

\* 中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01)、国家科技支撑项目(2006BAD09B07)、中国科学院安塞站和中国科学院水土保持研究所领域前沿项目(SW04302)资助

\*\* 通讯作者: 梁银丽(1957~), 女, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为农业生态以及作物生态生理研究。E-mail: liangyl@ms.iswc.ac.cn

贺丽娜(1980~), 女, 生态学硕士, 主要从事农业生态以及作物生态生理研究。E-mail: hln0603@163.com

收稿日期: 2007-11-12 接受日期: 2008-03-29

性的动态变化, 以求最佳黄瓜轮作模式, 为设施黄瓜的可持续发展和减轻连作障碍提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

试验于 2005 年 9 月~2006 年 6 月在陕西省西安市宝塔区河庄坪镇井家湾村的节能日光温室内进行。日光温室长 64 m, 宽 7.8 m, 钢架结构。地理位置 36°39'29"N, 109°26'25.3"E, 海拔 987 m。该区土壤类型为黄锦土, 土壤养分含量为有机质 6.53 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 0.48 g·kg<sup>-1</sup>, 全磷 0.64 g·kg<sup>-1</sup>, 速效氮 168.60 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)30.43 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾(K<sub>2</sub>O)77.65 mg·kg<sup>-1</sup>。供试黄瓜品种为“津春 3 号”, 采用靠接法与黑籽南瓜进行嫁接。2005 年 9 月 23 日育苗, 11 月 9 日定植, 2006 年 6 月 6 日收获。

以日光温室内 6~9 月休闲地土壤为对照(CK), 以日光温室内 6~9 月种植不同作物油菜(*Brassica napus*, T1)、翻青玉米(Corn for green manure, T2)、四季豆(*Phaseolus vulgaris* L., T3)、翻青黑豆(Black bean for green manure, T4)、豇豆(*Vigna sinensis*, T5)、番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill., T6)的土壤为处理, 小区面积 9.4 m<sup>2</sup>, 重复 4 次, 随机排列。从 2006 年 1 月份黄瓜结果至 6 月份收获结束采集土样, 每月采 1 次, 共采 6 次土样。利用内径 2 cm 的土钻, 采集 0~20 cm 根区耕层土壤, 多点采取混合样, 一部分在 4℃ 下保存鲜样, 测定土壤呼吸, 一部分风干保存, 测定土壤酶活性。黄瓜采摘期每 2~3 d 收获 1 次, 并称重计产, 最后计算总产量; 5 月份采摘的黄瓜鲜样测定品质。

### 1.2 测定指标及方法

用钼蓝比色法测定蔬菜维生素 C 含量<sup>[8]</sup>, 水杨酸比色法测定蔬菜硝酸盐含量<sup>[9]</sup>, PRO-101 型糖度计测定蔬菜可溶性糖含量, 苯酚比色法测定土壤脲酶活

性, 磷钼酸比色法测定土壤蔗糖酶活性, 苯磷酸二钠比色法测定土壤碱性磷酸酶活性<sup>[10]</sup>, 碱吸收滴定法测定土壤呼吸强度<sup>[11]</sup>。

### 1.3 数据处理

采用 SAS V8 数据处理软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同前茬作物对黄瓜产量和品质的影响

不同前茬作物对黄瓜产量和品质的影响差异显著( $P < 0.05$ )。由表 1 可知, 前茬为豇豆的黄瓜产量最高, 达 332.2 t·hm<sup>-2</sup>, 较对照(305.0 t·hm<sup>-2</sup>)增产 8.92%; 其次是前茬为翻青玉米的黄瓜产量(328.4 t·hm<sup>-2</sup>), 较对照增产 7.67%, 说明合理轮作能明显提高设施黄瓜产量。前茬为番茄的黄瓜产量最低, 为 249.7 t·hm<sup>-2</sup>, 较对照降低 18.13%。不同前茬作物其黄瓜产量高低顺序依次为: 豇豆>翻青玉米>翻青黑豆>对照>油菜>四季豆>番茄。表明从提高黄瓜产量的角度考虑, 豆科作物豇豆、翻青黑豆和禾本科作物翻青玉米与黄瓜轮作是合理的, 能显著提高黄瓜产量。

不同前茬对黄瓜可溶性糖含量的影响差异显著(表 1)。前茬为番茄的黄瓜可溶性糖含量最高, 为 4.75%, 较对照(4.25%)增加 11.76%; 而前茬为翻青玉米、四季豆和豇豆的黄瓜可溶性糖含量和对照差异不显著, 前茬为油菜和翻青黑豆的可溶性糖含量较对照下降 12.94%、15.29%。从提高黄瓜可溶性糖含量的角度考虑, 番茄适宜作为黄瓜的前茬作物。

不同前茬作物黄瓜维生素 C 含量有明显差异(表 1)。前茬作物为四季豆的黄瓜维生素 C 含量最高, 为 31.83 mg·100g<sup>-1</sup>(FW), 较对照增加 76.34%; 其次是翻青玉米[22.90 mg·100g<sup>-1</sup>(FW)], 较对照增加 26.87%; 翻青黑豆和对照差异不显著, 且两者黄瓜维生素 C 含量最低。从提高黄瓜维生素 C 含量的角度考虑, 豆科作物四季豆和禾本科作物翻青玉米最适宜与黄瓜轮作。

表 1 不同前茬作物对黄瓜产量和品质的影响

Tab.1 Yield and quality of cucumber affected by different preceding crops

处理 Treatment	产量 Yield (t·hm <sup>-2</sup> )	可溶性糖含量 Soluble sugar content (%)	Vc [mg·100g <sup>-1</sup> (FW)]	硝酸盐含量 Nitrate content (mg·kg <sup>-1</sup> )
CK	305.0±1.41 c	4.25±0.07 b	18.05±0.27 d	222.72±9.84 c
T1	282.5±0.71 d	3.70±0.14 c	19.67±0.40 cd	69.60±2.89 e
T2	328.4±0.14 b	4.35±0.07 b	22.90±0.13 b	372.36±3.17 a
T3	264.0±1.41 e	4.35±0.07 b	31.83±2.02 a	222.72±7.01 c
T4	326.5±0.71 b	3.60±0.14 c	17.86±2.15 d	55.68±3.19 f
T5	332.2±0.14 a	4.20±0.14 b	21.47±0.81 bc	180.96±9.84 d
T6	249.7±0.14 f	4.75±0.07 a	21.85±1.34 bc	309.72±11.94 b

同列不同字母表示 0.05 水平下差异显著。Different letters in the same column mean significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

不同前茬作物对黄瓜硝酸盐含量的影响达显著水平( $P<0.05$ )(表 1)。其前茬作物为翻青玉米的黄瓜硝酸盐含量最高( $372.36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), 较对照增加 67.19%; 其次是番茄( $309.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), 较对照增加 39.06%; 而四季豆和对照差异不显著, 豇豆较对照下降 18.75%; 油菜

较对照下降 68.75%, 而翻青黑豆较对照下降 75.00%。说明豆科作物翻青黑豆、豇豆和十字花科作物油菜与黄瓜轮作能显著降低设施黄瓜的硝酸盐含量。

按照表 2 的标准<sup>[12]</sup>, 不同前茬作物对黄瓜硝酸盐含量的影响都属于轻度污染, 允许生食。

表 2 蔬菜中  $\text{NO}_3^-$ -N 含量分级评价标准

Tab.2 Classification evaluation criteria of  $\text{NO}_3^-$ -N content in vegetable

级别 Level	硝酸盐 Nitrate ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	污染程度 Polluting degree	参考卫生性 Reference sanitation
一级 First class	432	轻度	允许
二级 Second class	785	中度	生食不宜, 盐渍允许, 熟食允许
三级 Third class	1 440	高度	生食不宜, 盐渍不宜, 熟食允许
四级 Fourth class	3 100	严重	不允许

## 2.2 不同前茬作物对土壤呼吸的影响

土壤呼吸(Soil respiration)是指土壤产生和向大气释放  $\text{CO}_2$  的过程, 它包括土壤微生物呼吸、植物根系呼吸、土壤动物呼吸和含碳物质的化学氧化作用等几个生物学和非生物学部分<sup>[13]</sup>。方差分析表明, 不同前茬作物对土壤呼吸强度有显著影响( $P<0.05$ ), 不同生长季节土壤呼吸强度也有显著差异( $P<0.05$ )。由表 3 可知, 同一耕作处理的土壤在黄瓜不同生育时期呼吸强度各异, 各处理均随作物生长季节的推移呈先增加后降低的趋势。4 月份土壤呼吸强度达到最高峰, 平均为  $0.063 \text{ mg} (\text{CO}_2) \cdot \text{g}^{-1}$ , 6 月份土壤呼吸强度最低, 平均为  $0.039 \text{ mg} (\text{CO}_2) \cdot \text{g}^{-1}$ 。表明不同植物根系呼吸和根系分泌物能明显地影响到土壤呼吸。

不同前茬作物其土壤呼吸强度依次为番茄>油菜、翻青玉米>对照>四季豆>翻青黑豆、豇豆。说明番茄-黄瓜轮作使土壤生物活性强、代谢旺盛, 而翻青黑豆和豇豆与黄瓜轮作, 使土壤透气性变差, 植物和微生物的生理活动缓慢。

综合分析认为, 番茄作为黄瓜的前茬处理的土壤

呼吸强度最高, 油菜和翻青玉米处理土壤呼吸强度也较高, 而翻青黑豆和豇豆处理土壤呼吸强度最低。

## 2.3 不同前茬作物对土壤酶活性的影响

### 2.3.1 脲酶的动态变化

脲酶参与土壤氮素的分解转化, 催化尿素水解生成  $\text{NH}_3$  和  $\text{CO}_2$ , 为植物和微生物生长提供氮源<sup>[14]</sup>。方差分析表明, 不同前茬作物对土壤脲酶活性有显著影响( $P<0.05$ ), 不同生长季节土壤脲酶活性也有显著差异( $P<0.05$ )。由表 4 可知, 前茬作物为翻青玉米的脲酶活性最高, 为  $17.96 \text{ mg}(\text{NH}_3\text{-N}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照增加 12.60%; 其次是翻青黑豆, 为  $17.01 \text{ mg}(\text{NH}_3\text{-N}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照增加 6.65%; 对照和四季豆差异不显著; 油菜的脲酶活性最低, 为  $12.75 \text{ mg}(\text{NH}_3\text{-N}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照下降 20.05%。不同前茬作物土壤脲酶活性高低为翻青玉米>翻青黑豆>番茄>四季豆>对照>豇豆>油菜。翻青玉米-黄瓜轮作能显著提高土壤脲酶活性。

不同前茬作物在各个生育时期土壤脲酶活性变化规律基本相似, 表现在 3 月份脲酶活性达到最大值, 为  $23.63 \text{ mg}(\text{NH}_3\text{-N}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 之后有所下降, 从 4

表 3 不同前茬作物对土壤呼吸强度的影响

Tab.3 Soil respiration affected by different preceding crops

处理 Treatment	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	平均 Average
CK	0.045±0.001 4 bc	0.055±0.001 4 b	0.066±0.001 4 b	0.041±0.001 4 d	0.040±0.001 4 bc	0.049 5
T1	0.040±0.001 4 d	0.050±0.001 4 cd	0.079±0.001 4 a	0.046±0.001 4 bc	0.037±0.001 4 cd	0.050 3
T2	0.046±0.001 4 b	0.047±0.001 4 d	0.067±0.001 4 b	0.051±0.001 4 a	0.040±0.001 4 bc	0.050 3
T3	0.044±0.001 4 bc	0.052±0.001 4 bc	0.055±0.001 4 cd	0.053±0.001 4 a	0.036±0.001 4 d	0.048 1
T4	0.042±0.001 4 cd	0.049±0.001 4 cd	0.058±0.001 4 c	0.047±0.001 4 b	0.042±0.001 4 ab	0.047 5
T5	0.047±0.001 4 b	0.050±0.001 4 cd	0.052±0.001 4 d	0.045±0.001 4 bc	0.044±0.001 4 a	0.047 5
T6	0.052±0.001 4 a	0.065±0.001 4 a	0.067±0.001 4 b	0.043±0.001 4 cd	0.035±0.001 4 d	0.052 4
平均 Average	0.045	0.053	0.063	0.047	0.039	

表 4 不同前茬作物对土壤脲酶活性的影响

处理 Treatment	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	平均 Average
CK	14.60±0.01 c	22.80±0.014 1 c	26.80±0.014 1 a	10.11±0.014 1 e	12.07±0.014 1 e	9.34±0.014 1 f	15.95
T1	9.50±0.01 f	15.12±0.014 1 g	17.40±0.014 1 e	15.30±0.014 1 b	9.55±0.014 1 g	9.65±0.014 1 e	12.75
T2	15.44±0.01 b	25.40±0.01 a	26.00±0.01 ab	13.51±0.01 c	13.76±0.01 b	13.65±0.01 b	17.96
T3	13.98±0.01 d	22.60±0.01 d	23.20±0.01 d	9.75±0.01 f	13.65±0.01 c	12.60±0.01 d	15.96
T4	15.65±0.01 a	19.60±0.01 e	23.20±0.01 d	16.20±0.01 a	12.71±0.01 d	14.72±0.01 a	17.01
T5	12.42±0.01 e	18.40±0.01 f	23.80±0.01 cd	9.09±0.01 g	15.44±0.01 a	12.92±0.01 c	15.35
T6	14.50±0.01 c	24.80±0.01 b	25.00±0.01 bc	13.08±0.01 d	10.81±0.01 f	12.60±0.01 d	16.80
平均 Average	13.73	21.25	23.63	12.43	12.57	12.21	

月份到 5 月份又开始上升, 到 6 月份降低至最低平均值  $12.21 \text{ mg}(\text{NH}_3\text{-N}) \cdot \text{g}^{-1}$ 。这与气温的回升与作物生长的加强有关, 随气温与作物根系生物量的增强, 土壤脲酶活性亦随之明显增加。

### 2.3.2 碱性磷酸酶的动态变化

磷酸酶能够催化土壤有机磷化合物的分解反应, 其活性高低直接影响土壤有机磷的分解转化及其生物有效性<sup>[14]</sup>。不同前茬作物对黄瓜土壤碱性磷酸酶活性的影响差异显著 ( $P < 0.05$ ), 不同生长季节土壤碱性磷酸酶活性也有显著差异 ( $P < 0.05$ )。由表 5 可知, 以前茬作物为豇豆的土壤碱性磷酸酶活性最高, 为  $0.374 \text{ mg}(\text{酚}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照增加 6.25%; 其次是油菜, 为  $0.362 \text{ mg}(\text{酚}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照增加 2.84%; 翻青玉米的碱性磷酸酶活性最低, 为  $0.212 \text{ mg}(\text{酚}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照下降 39.77%。因此豇豆-黄瓜和油菜-黄瓜轮作能显著提高土壤碱性磷酸酶活性。

随着黄瓜生育期的推移, 不同前茬作物土壤碱性磷酸酶活性均表现出先增加后降低的趋势(表 5), 油菜、翻青黑豆、翻青玉米和番茄的酶活性在 3 月份达到最大值, 对照、四季豆和豇豆的酶活性在 5 月份

达到最大值。7 种处理平均以 3 月份的碱性磷酸酶活性最高, 为  $0.399 3 \text{ mg}(\text{酚}) \cdot \text{g}^{-1}$ , 6 月份的碱性磷酸酶活性最低, 平均为  $0.245 0 \text{ mg}(\text{酚}) \cdot \text{g}^{-1}$ 。这可能与当时的温度和不同作物根系生物量的增强有关。

### 2.3.3 蔗糖酶的动态变化

方差分析表明, 不同前茬作物对土壤蔗糖酶活性有显著影响 ( $P < 0.05$ ), 不同生长季节的土壤蔗糖酶活性也有显著差异 ( $P < 0.05$ )。表 6 表明, 翻青黑豆的蔗糖酶活性最高, 为  $91.07 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照增加 22.50%, 其余依次为翻青玉米>对照>豇豆>油菜>四季豆>番茄。蔗糖酶能促进蔗糖水解生成葡萄糖和果糖, 对增加土壤中易溶性营养起重要作用。所以选用豆科作物翻青黑豆和禾本科作物翻青玉米, 能增加土壤中的易溶性营养物质, 可显著改善土壤农艺性状。

表 6 还表明, 不同前茬作物的土壤蔗糖酶活性, 除玉米、四季豆和翻青黑豆 4 月份达到最高峰, 其余均为 3 月份达到最高峰, 3 月份平均为  $92.62 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 然后酶活性依次降低。大概是因为随着温度的升高及作物根系分泌物的增多, 提高了土壤蔗糖酶活性。

表 5 不同前茬作物对土壤碱性磷酸酶活性的影响

处理 Treatment	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	平均 Average
CK	0.30±0.01 a	0.33±0.01 c	0.34±0.01 c	0.38±0.01 b	0.63±0.00 a	0.15±0.00 e	0.352
T1	0.39±0.01 a	0.14±0.01 d	0.58±0.00 a	0.39±0.01 b	0.35±0.01 c	0.33±0.00 c	0.362
T2	0.22±0.01 a	0.14±0.01 d	0.35±0.01 c	0.22±0.01 c	0.18±0.01 de	0.17±0.00 e	0.212
T3	0.20±0.01 a	0.04±0.01 e	0.22±0.01 d	0.38±0.01 b	0.48±0.01 b	0.44±0.01 a	0.293
T4	0.20±0.01 a	0.44±0.01 a	0.50±0.00 b	0.44±0.01 a	0.22±0.01 d	0.21±0.01 d	0.334
T5	0.22±0.01 a	0.33±0.01 c	0.34±0.014 1 c	0.47±0.014 1 a	0.50±0.141 4 ab	0.39±0.014 1 b	0.374
T6	0.23±0.01 a	0.38±0.01 b	0.48±0.014 1 b	0.24±0.014 1 c	0.06±0.014 1 e	0.04±0.014 1 f	0.238
平均 Average	0.251 4	0.256 4	0.399 3	0.360 0	0.343 6	0.245 0	

表 6 不同前茬作物对土壤蔗糖酶活性的影响

Tab.6 Effect of different preceding crops on soil sucrase activity

mg·g<sup>-1</sup>

处理 Treatment	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 June	平均 Average
CK	62.94±0.01 b	76.00±1.41 a	95.00±1.41 c	82.92±0.01 d	62.92±0.01 d	66.25±0.01 b	74.34
T1	28.41±0.01 g	38.82±0.01 f	75.42±0.01 f	74.58±0.01 e	66.47±0.01 b	63.75±0.01 c	57.91
T2	42.35±0.01 d	42.92±0.01 e	90.76±0.01 d	161.25±0.01 a	66.25±0.01 c	62.94±0.01 d	77.75
T3	34.29±0.01 f	48.24±0.011 d	65.42±0.01 g	97.08±0.01 c	51.18±0.01 e	43.75±0.01 e	56.66
T4	71.76±0.01 a	75.47±0.01 a	112.94±0.01 b	113.75±0.01 b	102.08±0.01 a	70.42±0.01 a	91.07
T5	56.06±0.01 c	66.47±0.01 b	124.71±0.01 a	72.92±0.01 f	50.42±0.01 f	42.92±0.01 f	68.92
T6	37.82±0.01 e	54.71±0.01 c	84.12±0.01 e	41.25±0.01 g	29.58±0.01 g	19.58±0.01 g	44.51
平均 Average	47.66	57.52	92.62	91.96	61.27	52.80	

### 3 结论

以对照与其他前茬作物相比,豇豆-黄瓜轮作,其黄瓜产量和土壤碱性磷酸酶活性最高,说明豇豆-黄瓜轮作提高了土壤的碱性磷酸酶活性,从而提高黄瓜产量。番茄-黄瓜轮作,其黄瓜的可溶性糖含量和土壤呼吸强度较高。可以推测,番茄-黄瓜轮作导致土壤微生物旺盛繁殖,生物量增大,土壤呼吸强度升高,黄瓜可溶性糖含量增加。从提高黄瓜可溶性糖含量的角度考虑,番茄-黄瓜轮作比较合理。翻青玉米-黄瓜轮作,其黄瓜的硝酸盐含量和土壤脲酶活性较高。植株硝酸盐的积累量随玉米茬氮肥用量的增加而增加,施氮导致植株硝酸盐含量成倍增长,而土壤脲酶主要来自微生物和植物根系的分泌作用,是尿素水解的关键酶,也是土壤肥力的一个重要指标。因而翻青玉米-黄瓜轮作其土壤脲酶活性高,说明土壤肥力水平高。按照国家蔬菜中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N含量分级评价标准属于一级,且Vc含量和可溶性糖含量较高,因而翻青玉米-黄瓜轮作是一种优质高产的轮作模式。四季豆-黄瓜轮作,黄瓜的维生素C含量较高。翻青黑豆-黄瓜轮作的土壤蔗糖酶活性较其他轮作高。蔗糖酶能促进蔗糖水解生成葡萄糖和果糖,对增加土壤中易溶性营养起重要作用。因为豆科作物根系含有较多的蔗糖酶,且能分泌富含氮素的物质,有利于土壤微生物的繁殖。

综合分析可以认为,从提高黄瓜产量的角度出发,豇豆-黄瓜是最佳模式,而从提高蔬菜品质的角度出发,番茄-黄瓜和四季豆-黄瓜是最优模式;而从提高土壤肥力水平的角度考虑,翻青玉米-黄瓜、豇豆-黄瓜和翻青黑豆-黄瓜是最佳模式。

### 参考文献

- [1] 梁银丽, 陈志杰, 王宗明. 设施农业在生态环境建设中的地位与作用[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 32-35
- [2] 吕卫光, 余廷园, 诸海涛. 黄瓜连作对土壤理化性状及生物活性的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 119-121
- [3] 梁银丽, 陈志杰, 徐福利, 等. 黄土高原设施农业中的土壤连作障碍[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 134-136
- [4] 梁银丽, 陈志杰. 设施蔬菜土壤连作障碍原因和预防措施[J]. 西北园艺, 2004 (7): 4-5
- [5] 吴艳飞, 高丽红, 李红岭, 等. 连作温室夏季不同利用模式对黄瓜产量及土壤环境影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(12): 2551-2556
- [6] 郑超, 廖宗文, 谭中文, 等. 菠萝-甘蔗连作的土壤生态效应[J]. 生态科学, 2003, 22(3): 248-249
- [7] 李登顺, 田魁祥, 孙景玉. 蔬菜日光温室高效种植模式的研究[J]. 中国蔬菜, 1997 (2): 12-15
- [8] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 世界图书出版公司, 2000: 162-163
- [9] 白岚, 杜继煜. 蔬菜中硝态氮含量的测定[J]. 农业与技术, 2002, 22(6): 107-110
- [10] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 263-275
- [11] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986
- [12] 刘海南. 施肥对蔬菜硝酸盐含量的影响[J]. 现代农业科技, 2005, 18(6): 17
- [13] Singh J. S., Gupta S. R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial eco systems[J]. The Botanical Review, 1977, 43: 449-528
- [14] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 106-221