

# 日光温室夏秋种菇对土壤环境质量影响的研究<sup>①</sup>

吕福堂 张秀省

(聊城大学农学院 山东聊城 252000)

**文 摘** 通过对夏秋季种菇日光温室和非种菇日光温室土壤的盐分积累、pH 值变化及养分含量状况的研究,发现:种菇日光温室的土壤盐分积累和 pH 值变化不同于非种菇日光温室,种菇与非种菇日光温室土壤养分含量也有显著差异。种菇日光温室土壤养分有其自身特点,尤其是其土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 含量和占有有效 N 含量的比例在一个比较适宜的范围内,可有效防止温室土壤硝酸盐的过度积累对环境的污染和对植物及人体的危害。

**关键词** 种菇温室;土壤肥力;土壤环境质量;硝酸盐

**中图分类号** S158.3

随着农村种植业结构的调整,高效节能日光温室(又称冬暖式大棚)的数量不断增加。随日光温室种植年限的延长,温室土壤的次生盐渍化、土壤酸化和硝酸盐的积累和污染危害日益突出<sup>[1~4]</sup>。日光温室的夏秋季利用和周年栽培,影响到日光温室的高效持续利用,一直是农民们普遍关心的问题,也是广大农业科技工作者正在探索的课题,尤其是温室土壤的环境质量关系到日光温室的持续利用,更是大家普遍关注的领域。近年来,在当地探索和创造出了许多日光温室周年高效栽培的新模式,如利用日光温室的夏秋休闲季节栽培草菇、双孢菇等,既实现了日光温室的周年栽培,又取得了很好的经济效益。夏秋季种菇对温室土壤肥力和土壤环境质量有何影响,一直是被广泛关注的问题。为此,本文对不同种植年限和不同栽培利用模式的日光温室土壤肥力特征和土壤环境质量进行了深入系统的研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料来源

供试土壤来自莘县十八里铺乡和河店乡不同种植年限和不同栽培利用模式的日光温室,土样取自温室的耕层土壤(0~20 cm)。温室利用模式分为种菇和非种菇两种模式,种菇栽培(夏、秋季种菇)主要有“香瓜-草菇-双孢菇”的“一瓜双菇”和“黄瓜-芸豆-草菇”等轮作种植方式。取土时间为 2003 年 12 月。种菇和非种菇、不同种植年限的温室土壤各

取土样 5 个。种菇温室土壤施肥每公顷每年翻入土壤的菇渣量达 75000 kg,其他施肥同非种菇温室;非种菇温室土壤基肥施用为每公顷有机肥(鸡粪、猪粪等)60000 kg,尿素 1500 kg,磷酸二铵 1500 kg,三元复合肥(15-15-15)750 kg;追肥尿素 1500 kg,三元复合肥 750 kg。

### 1.2 分析化验方法<sup>[5]</sup>

土壤可溶性盐含量和电导率测定采用残渣烘干法和电导仪测定法;土壤 pH 值测定采用电位法;土壤有机质测定用重铬酸钾容量法;土壤有效 N(碱解 N)测定采用碱解扩散法;土壤硝酸盐测定采用紫外分光光度法;土壤速效 P 测定采用 Olsen 法,土壤速效 K 测定采用 1mol/L  $\text{NH}_4\text{Ac}$  浸提火焰光度法。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤盐分积累和 pH 值的变化

不同种植年限、不同栽培利用模式日光温室土壤的盐分积累和 pH 值的变化特点及趋势是不同的,详见表 1。由表 1 可以看出,温室土壤的盐分积累不论栽培利用模式如何(即种菇和非种菇),都是随温室种植利用年限的延长,土壤可溶性盐含量逐渐增加,但种菇温室土壤的可溶性盐含量和电导率(EC 值)明显低于非种菇温室土壤的数值。据有关资料和笔者对温室土壤盐分积累的研究表明,温室土壤盐分积累和电导率的升高,主要原因是化学肥料的过量施用,残存的化肥副成分和转化物积累所

<sup>①</sup>山东省科技厅科技攻关项目(031040121)资助。

致<sup>[1~4]</sup>。温室土壤的盐分离子组成中阴离子是以硝酸根离子( $\text{NO}_3^-$ )为主,  $\text{NO}_3^-$ 的多少与土壤可溶盐的含量和电导率的大小成显著正相关<sup>[1~4]</sup>。本研究还表明, 种菇温室土壤的硝酸盐含量显著低于非种菇土壤, 详见 2.3 部分和表 3, 故种菇温室土壤盐分含量和 EC 值明显低于非种菇温室土壤的数值。

由表 1 还可看出, 日光温室土壤的 pH 值随种植年限的增加有降低的趋势, 日光温室土壤的 pH

值与温室种植利用年限之间呈极显著的负相关, 关于这一点已有大量研究资料<sup>[1,2,4]</sup>, 而夏秋季种菇日光温室土壤的 pH 值不但没有降低反而有所增加, 种菇温室土壤的 pH 值与种植利用年限无相关性, 种菇温室土壤 pH 值升高的主要原因是蘑菇培养料在堆积腐熟时加入了一定量的石灰粉等物质以调节培养料的酸碱度, 而蘑菇培养料及其中的石灰被翻入土中所致<sup>[6]</sup>。

表 1 种菇和非种菇温室土壤盐分积累和 pH 值的变化

Table 1 Variation of salt accumulation and pH in mushrooms greenhouse and non-mushroom greenhouses

种植年限		1 年	3 年	5 年	7 年
种菇	含盐量(g/kg)	1.65	2.78	3.30	
	电导率(ms/cm)	0.40	0.59	0.75	
	pH	8.50	8.50	8.55	
非种菇	含盐量(g/kg)	1.98	3.15	3.65	4.30
	电导率(ms/cm)	0.46	0.69	0.88	1.05
	pH	8.08	7.90	7.60	7.48

注: (1) 含盐量和电导率测定水土比为 5:1, pH 值测定水土比 1:1; (2) 表中数据为 5 个样本平均值(下同); (3) 当地大田土壤 pH 值为 8.15<sup>[1]</sup>。

## 2.2 种菇温室土壤有机质含量

种菇和非种菇温室土壤有机质含量有一定差异(表 2)。由表 2 可见, 温室土壤的有机质含量, 无论种菇与否都随种植年限的延长逐渐增加, 但种菇温室土壤有机质含量增幅较大, 如种菇 5 年的温室土壤有机质平均含量达 31.52 g/kg, 比非种菇的 7 年温室土壤有机质含量略高。种菇温室土壤有机质含量增幅较快的主要原因是种菇培养料以麦秸等秸

秆为主要原料, 掺混一些牛、马粪等, 出菇完毕后, 培养料深翻入土, 在温室土壤中进一步腐解积累所致。非种菇温室土壤秸秆类有机肥施用量相对较少, 且以易分解的鸡粪、猪粪等有机肥为主; 在夏季高温季节, 其往往进行揭膜晒棚, 因此, 此条件下土壤有机质的矿质化分解较快, 不利于积累。这样致使种菇温室土壤有机质含量明显高于非种菇温室土壤有机质含量。

表 2 不同利用模式(种菇与非种菇)温室土壤有机质含量(g/kg)

Table 2 Organic matter contents of the soils in greenhouses different in utilization (growing mushroom or not)

年限	1 年	3 年	5 年	7 年
种菇温室土壤	17.15	25.78	31.52	
非种菇温室土壤	15.61	22.25	26.74	30.26

## 2.3 种菇温室土壤有效 N 含量的变化。

不同利用模式(种菇与非种菇)温室土壤的有效 N 和  $\text{NO}_3^-$ -N 含量差异十分显著(表 3)。由表 3 可以看出, 温室土壤无论种菇与否土壤碱解 N 含量随种植年限的延长而逐渐增加, 但种菇温室土壤的有效 N 含量高于非种菇温室土壤有效 N 的含量。分析其主要原因: 一是种菇温室土壤有机质含量高于非种菇温室土壤有机质含量; 二是半分解的蘑菇培养料和菇渣翻入土中, 大量的菌体蛋白易分解释放; 还有种菇培养料中添加了大量的粪尿肥等。

从表 3 还可看出, 种菇与非种菇温室土壤的  $\text{NO}_3^-$ -N 含量差异十分显著, 种菇温室土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 含量大大低于非种菇温室。种菇温室土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 含量占碱解 N 含量的比例在 34% ~ 36% 之间, 非种菇温室土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 含量占碱解 N 的比例为 56.8% ~ 75.5%。关于这一研究结果, 笔者认为最主要原因是种菇温室土壤中大量存在种菇培养料, 这些培养料多为半腐熟的秸秆类有机肥, 由于半腐熟的秸秆碳氮比(C/N)比较大, 微生物在分解这些秸秆时 N 素不足, 需要利用土壤中的速效态 N, 如  $\text{NO}_3^-$ -N 等,

这样就造成种菇温室土壤无机态速效 N ( $\text{NO}_3^-$ -N) 的含量降低<sup>[7]</sup>。

蘑菇培养料在土壤中的分解, 消耗了对土壤和环境有污染、对植物和人体有危害的  $\text{NO}_3^-$ -N, 积累

了腐殖质物质, 改善了土壤结构, 提高了土壤的肥沃程度, 增加了土壤中易分解有机态 N 的含量。既能保证土壤有效 N 的供给, 又降低了硝酸盐积累过多的危害<sup>[3,7]</sup>。

表 3 不同利用模式温室土壤有效 N 的含量 (mg/kg)

Table 3 Available nitrogen of the soils in greenhouses different in utilization

年限		1 年	3 年	5 年	7 年
种菇	碱解 N	305	426	512	
	$\text{NO}_3^-$ -N	105	151	186	
非种菇	碱解 N	285	345	438	503
	$\text{NO}_3^-$ -N	162	240	326	378

## 2.4 不同利用模式温室土壤速效 P、速效 K 含量

种菇与非种菇温室土壤速效 P 和速效 K 含量有一定差异 (表 4)。由表 4 可知, 种菇温室土壤速效 P 含量与非种菇温室土壤速效 P 含量差异不明显, 而种菇温室速效 K 含量明显高于非种菇温室土壤速效 K 含量。原因在于, 种菇培养料等秸秆翻入土中, 分解释放出大量 K 素, 致使土壤速效 K 含量明显高于非种菇温室土壤速效 K 含量。由于种菇温室土壤的 pH 值比非种菇温室土壤的 pH 值高, 在 pH 值较高的土壤环境条件下易发生 P 的固定作用, P 素有

效性降低; 再则培养料中还加入了一定量的石灰粉, 这增加了土壤中  $\text{Ca}^{2+}$  的活度, 易形成 Ca-P 沉淀。虽然培养料分解有 P 的释放, 但也有 P 的固定, 种菇温室土壤速效 P 含量与非种菇温室土壤速效 P 含量比较差异不明显。总体来讲, 温室土壤速效 P 含量还是比较高的。由于农民有重 N、P 肥, 忽视 K 肥的施肥习惯, 大多数蔬菜又是需 K 较多的作物, 种菇温室土壤速效 K 含量较高, 对蔬菜作物的平衡施肥和土壤供肥水平的全面提高将发挥重要作用。

表 4 种菇与非种菇温室土壤速效 P、速效 K 含量 (mg/kg)

Table 4 Readily available phosphorus and readily available potassium of the soils in greenhouses different in utilization

年限		1 年	3 年	5 年	7 年
种菇	速效 P	80.5	166.0	215.5	
	速效 K	310.0	436.0	570.0	
非种菇	速效 P	82.4	162.5	210.5	235.5
	速效 K	228.0	324.0	430.0	590.0

## 3 讨论

夏秋季种菇对日光温室土壤肥力的提高和对温室土壤质量的改善及对环境的影响是多方面的。虽然利用日光温室夏秋季种菇在当地发展只有 5 年的时间, 但通过本研究结果, 可以总结出夏秋季种菇对温室土壤肥力及土壤环境影响的一般性规律和变化趋势。

温室土壤盐分积累是非常普遍的现象。由于种菇温室土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 含量大大低于非种菇温室  $\text{NO}_3^-$ -N 含量, 温室土壤的含盐量与土壤的  $\text{NO}_3^-$ -N 含量呈极显著正相关<sup>[1]</sup>, 致使夏秋季种菇温室土壤含盐量低于非种菇温室土壤含盐量, 因此夏秋季种菇可缓解和减轻温室土壤积盐危害。种菇温室土壤

pH 值的升高, 笔者的观点是不会造成土壤碱化, 不会造成土壤理化性质的恶化。因为土壤碱化的实质是土壤胶体上的交换性 Na 离子比例升高, 造成土壤 pH 值的升高, 土壤结构破坏、板结和通透性差, 土壤性质恶化。种菇温室土壤表现出的土壤 pH 值升高, 只是由于种菇培养料中添加了石灰粉所致, 并不会增加土壤胶体上的  $\text{Na}^+$  数量。由于当地土壤为黄泛平原石灰性潮土, 土壤本身就含有 10% 左右的  $\text{CaCO}_3$ , 所以种菇温室土壤 pH 值升高为暂时的表现, 不存在土壤碱化威胁, 但也应注意其动态变化。

土壤有机质含量是土壤肥力水平高低的直接指标。温室夏秋季种菇, 由于蘑菇培养料中的秸秆中

木质素含量较高,木质素比易分解的鸡粪等粪肥的腐殖化系数高,因此,种菇温室的周年栽培更有利于腐殖化积累,提高土壤有机质含量,加速温室土壤的培肥熟化,改善土壤结构性、通透性,增强土壤的保肥性和缓冲性能,提高土壤的供肥性能,不仅提高土壤大量元素的供应,还提高土壤微量元素的有效性,同时起到温室 CO<sub>2</sub> 施肥效果<sup>[7]</sup>。土壤有机质含量的提高,可改善温室土壤质量,提高温室土壤抵御污染及抗退化的能力。

温室土壤硝酸盐的积累及危害非常普遍且很严重。温室土壤过高的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量会造成硝酸盐的淋失,污染地下水水质及环境,还会导致蔬菜体内硝酸盐的积累,农产品中硝酸盐含量超标、品质下降,甚至危害人类的身体健康<sup>[1-4, 7, 8]</sup>。种菇温室土壤与非种菇温室土壤比较,其土壤有效 N 含量较高,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量较低,这使种菇温室土壤既有一个较高的供 N 容量和能力,又能防止硝酸盐的过度积累造成对环境的污染、对作物和人体的为害。无论是从提高土壤肥力的角度去认识,还是从环境保护的领域考虑,这都是人们所期望的。

许多国家把作物秸秆作为温室土壤的良好调控剂,使用秸秆改良温室土壤,国内已有报道<sup>[4, 7]</sup>。本文研究表明,温室高温休闲季节种菇,培养料中半腐熟的秸秆在土壤中分解转化,降低了温室土壤含

盐量,缓解和减轻了温室土壤积盐危害,提高了温室土壤有机质含量,加速了温室土壤培肥和熟化;提高了温室土壤的供肥能力;还消除和减轻了温室土壤硝酸盐的过度积累对环境、植物和人体的危害。温室种菇,不仅解决了高效节能日光温室的周年栽培和高效持续利用问题,还为温室土壤质量改善和环境保护探索出了一条新路。

## 参考文献

- 1 吕福堂,司东霞.日光温室土壤盐分积累及离子组成变化的研究.土壤,2004,36(2):208~210
- 2 焦坤,李德成.蔬菜大棚条件下土壤性质及环境条件的变化.土壤,2003,35(2):94~97
- 3 李文庆,张民,李海峰.大棚土壤硝酸盐状况分析.土壤学报,2002,39(2):283~287
- 4 杨丽娟,张玉龙.保护地土壤硝酸盐积累及其调控措施的研究进展.土壤通报,2001,32(2):66~68
- 5 鲁如坤主编.土壤农业化学分析方法.北京:中国农业出版社,1999,125~139
- 6 刘世全,张世熔,伍钧,庞学勇,袁大刚.土壤 pH 与碳酸钙含量的关系.土壤,2002,34(5):279~282
- 7 葛晓光主编.菜田土壤与施肥.北京:中国农业出版社,2002,1,23~120
- 8 刘兆辉,李晓林,祝洪林,胡兆武,江丽华.保护地土壤养分特点.土壤通报,2001,32(5):207~209

## SOIL'S ENVIRONMENTAL QUALITY OF GREENHOUSE SOILS UNDER MUSHROOM CULTIVATION IN SUMMER AND AUTUMN

LV Fu-tang ZHANG Xiu-sheng

(Agricultural College, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252000)

**Abstract** Through research on salt accumulation, variation of pH and nutrient status of heliogreenhouse soils under mushroom cultivation in summer and autumn, it would found that mushroom cultivation affected salt accumulation, soil pH and soil nutrient status. The nutrient status of the soil under mushroom cultivation is characterized by soil NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content ranging in a proper proportion of the soil available nitrogen, which could efficiently prevent excessive accumulation of nitrate in greenhouse soil from polluting the environment and doing harm to the plants and the human health.

**Key words** Mushroom cultivation, Greenhouse, Soil fertility, Soil's environmental quality, Nitrate