

保护地菌菜套作菌料用量对土壤呼吸速率影响的研究

魏岩岩¹, 张玉龙¹, 杨景荔², 刘 洋¹, 韩琳¹, 金 硕¹

(1. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁省农业资源与环境重点实验室, 辽宁 沈阳 110164; 2. 朝阳县农业技术推广中心 辽宁 朝阳 122000)

摘 要: 采用日光温室番茄架下套种双孢菇小区栽培试验的方法, 研究了 4 种菌料用量(0、25、50、75 t/hm²)与土壤呼吸速率、土壤温度之间的关系。结果表明: 菌菜套作模式能明显提高 5 cm 地温和土壤呼吸速率, 投施菌料的各处理 5 cm 深处土壤温度, 土壤呼吸速率与未施菌料的对照之间差异均达到了 1% 显著水平。当菌料投施量在 48.6~56.4 t/hm² 范围内时, 具有用量少, 地温高, 增产效果好等优点, 应在日光温室内番茄架下套种双孢菇栽培模式中优先选用。

关键词: 菌菜套作; 土壤呼吸速率; 土壤温度; Q₁₀ 值

中图分类号: S 626.06⁺.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2010)05-0072-04

土壤呼吸指土壤产生和向大气释放 CO₂ 的过程。其 CO₂ 来源于土壤微生物、植物根系、土壤动物的呼吸和含碳物质的化学氧化作用^[1]。近年来, 随着对环境问题认识的深化, 人们把土壤呼吸作为土壤碳库的唯一输出途径和大气 CO₂ 的重要来源, 对森林和草地以及农田生态系统的碳循环过程进行了广泛而深入的研究^[2]。而对于保护地生产而言, 栽培设施相对封闭, 作物体数量多、呼吸强烈, 其室内空气中 CO₂ 浓度下降, 往往导致作物的光合效率降低, 目前, 施用“CO₂ 气体肥料”的技术已经成为许多地方增加保护地室内空气中 CO₂ 浓度、提高作物产量的有效措施^[3]。然而, 提高保护地土壤呼吸强度、增加 CO₂ 释放量则应该是保护地栽培蔬菜条件下提高作物光合效率、增加产量的更为有效、经济的途径。

影响土壤呼吸速率的因素主要有温度、水分以及土壤有机质及养分含量、植被类型与地表覆盖状态、风速及耕作措施等多种^[3]。近年来, 随着农业产业结构和种植业内部结构调整, 辽西地区日光温室内菌菜套作面积逐年增加, 以农业增效、农民增收方面收到了良好效果。但就如何优化室内种植模式、合理投入、科学管理方面

还存在着大量急需解决问题。现以保护地小区栽培的方法, 研究菌料投施量对土壤呼吸速率、土壤温度及作物产量的影响, 以期日光温室菌菜套作生产经济适宜菌料投施量、推广菌菜套作技术提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况及供试土壤

试验在位于辽宁西部的朝阳县进行, 位于北纬 40°55′~41°54′, 东经 119°52′~120°47′, 属北温带大陆性半干旱半湿润季风气候, 四季分明, 雨热同季, 年均气温 10℃左右, 年平均日照时数达 2 861.7 h, 太阳总辐射量为 140.7 km²·cm⁻², 无霜期 142~190 d, 降水偏少, 多年平均降水量 450 mm 左右。试验布置在该县贾家店村日光温室内, 土壤为褐土, 该日光温室已经使用 3 a, 其 0~30 cm 土层土壤理化性质见表 1。

表 1 供试土壤基本性状

有机质	pH	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾
/g·kg ⁻¹		/g·kg ⁻¹	/g·kg ⁻¹	/g·kg ⁻¹	/mg·kg ⁻¹	/mg·kg ⁻¹	/mg·kg ⁻¹
22.70	7.98	1.95	1.86	19.60	108.95	283.11	176.83

1.2 试验设计

试验采用单因素设计, 共 4 个处理; 各处理菌料投施量: 0 (对照)、25、50、75 t/hm²。每处理 3 次重复, 共 12 个小区, 小区面积 10 m², 小区随机排列。菌菜套种的蔬菜为番茄, 品种 189; 食用菌为双孢菇。番茄 189 株型高大、生育期长, 采用大垄双行栽植, 即在小行间套作双孢菇, 在大垄上定植 2 行番茄。

菌料的配比如下, 玉米秸 24 kg、干牛马粪 13 kg、尿素 0.5 kg、石膏 0.5 kg、生石灰 0.5 kg、碳酸钾 0.3 kg、过磷酸钙 0.35 kg、饼肥 1 kg, 将配料粉碎混合, 选择通风向阳、排水好、有水源的地方, 采用一次发酵法发酵 20 d 制

第一作者简介: 魏岩岩(1983-), 女, 辽宁本溪人, 在读硕士, 现从事水资源与农业节水方面研究工作。

通讯作者: 张玉龙(1954-), 男, 教授, 博士研究生导师, 现主要从事土壤改良及旱作农业方面的研究工作。E-mail: ylzau@163.com。

基金项目: 辽宁省农业节水关键技术集成与示范资助项目(2008212003); 辽宁省教育厅创新团队资助项目(2007T156); 辽宁省博士启动基金资助项目(20061043)。

收稿日期: 2009-11-23

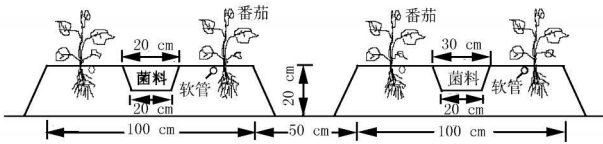


图1 菌菜套作田间栽培示意图

成。番茄移栽前将棚内土壤深翻40 cm 左右,然后按“大垄双行”的要求打垄,垄宽 100 cm,高 20 cm,垄与垄之间的间距 50 cm;垄上开口宽约 30 cm、深 10 cm 的菌料沟用于铺敷菌料(图 1)。大垄垄上栽植 2 行番茄,垄沟内铺菌料套作双孢菇,播种时将双孢菇菌种按每条垄 500 g 菌种的比例直接撒播在菌料表面。

1.3 试验方法

试验于 2009 年 1~4 月进行。1 月 10 日移栽番茄、播种双孢菇;1 月 12 日开始连续观测土壤温度、土壤呼吸速率,至 2009 年 3 月 20 日双孢菇不再出菇为止,观测结束。土壤呼吸速率采用隔离罐碱液吸收法测定^[4]。在 2 株番茄之间选择有代表性地点,将上面覆盖的菌料清走,把直径 14 cm、盛有 NaOH 碱液的培养皿置于距地面高 2 cm 的架托之上,快速将内径 20 cm、高 30 cm 的硬质塑料桶扣在其上,尽量使培养皿处于中间位置,桶口与地面接触线四周用土壤封严,每处理重复 3 次。另在地面上放置一木板,在其上放置 NaOH 碱液培养皿、扣塑料桶,做空白试验。24 h 后取出培养皿,迅速将其中碱液洗入塑料瓶中,密闭带回实验室,用 HCl 滴定,求出剩余的 NaOH 量,再算出 CO₂ 的吸收量。CO₂ 测定每 4 d 进行 1 次,共测定 14 次。地温用曲管地温计观测,选择测定土壤呼吸速率的地点附近埋设,在整个测定期内连续观测 5 cm 深度土壤温度。使用 SPSS13.0 及 Excel 统计软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同菌料用量对土壤呼吸速率的影响

将试验期间 14 次测得的土壤呼吸速率取平均值作为各处理的土壤呼吸速率,其大小顺序为 25 t/hm² 菌料处理 (183.75 mg · m⁻² · h⁻¹) > 50 t/hm² 菌料处理 (186.32 mg · m⁻² · h⁻¹) > 75 t/hm² 菌料处理 (179.52 mg · m⁻² · h⁻¹) > 对照 (163.93 mg · m⁻² · h⁻¹) 处理,且以 50 t/hm² 菌料处理增加土壤呼吸效率效果最为明显,比对照增加 13.66%。对各处理的土壤呼吸速率进行方差分析,结果表明,投施菌料的各处理与对照间均达到了 1% 显著水平,且各投施菌料处理之间也都达到了 5% 显著水平(表 2),这说明番茄套作该食用菌,施用菌料会引起土壤呼吸速率显著变化。不同菌料用量与土壤呼吸速率之间数量关系可用二次方程表达:

$y = -0.009448x^2 + 0.91796x + 163.874$ ($F =$

$2\ 203.8033^{**}$)。式中 y 为土壤呼吸速率 (mg · m⁻² · h⁻¹), x 为菌料施用量 (t · hm⁻²)。另,求得菌料投施量为 48.6 t/hm² 时,土壤呼吸速率达最大值 186.2 mg · m⁻² · h⁻¹。

表 2 不同菌料量下土壤呼吸速率

处理 / t · hm ⁻²	土壤呼吸速率/ mg · m ⁻² · h ⁻¹			平均土壤 呼吸速率 / mg · m ⁻² · h ⁻¹	比对照增加 / %
	重复	重复II	重复III		
0	164.39	159.83	167.57	163.93 cB	—
25	180.21	178.67	183.37	180.75 abA	12.09
50	188.35	184.56	186.04	186.32 aA	13.66
75	179.58	175.76	183.23	179.52 bA	9.51

注:表中土壤呼吸速率为相同处理 3 次重复的平均值;小写字母和大写字母分别代表整个试验时期、不同处理间的 5% 和 1% 显著水平的差异性。

2.2 不同菌料用量对土壤温度的影响

试验期间 25、50、75 t · hm⁻² 菌料处理的 5 cm 深处土壤温度日平均值分别为 13.46、14.85、16.30℃,均高于未施用菌料的对照菌料处理 (12.81℃)。由表 3 可以看出,在施用菌料的 3 个处理中以 75 t · hm⁻² 菌料处理增温效果最为明显,其次为 50 t · hm⁻² 菌料处理,分别比对照增温 27.24% 和 15.93%,25 t · hm⁻² 处理下的增温效果最小,较对照增加 5.07%。5 cm 深处地温投施菌料处理与对照、投施菌料的各处理之间差异均达到了 1% 显著水平。这表明菌菜套作模式下投施菌料可以显著增加地温,在试验菌料用量范围内地温增加效果随投施用量的增加而增大,二者间数量关系可用线性方程表达:
 $y = 0.047627x + 12.5707$ ($F = 78.1775^{**}$)。式中, x 为菌料用量 (t · hm⁻²), y 为 5 cm 深处土壤温度 (℃)。

表 3 不同菌料用量处理 5 cm 深土壤温度差异比较

处理 / t · hm ⁻²	5 cm 深处地温/℃			平均地温 /℃	比对照增温 / %
	重复	重复II	重复III		
0	12.81	12.90	12.70	12.81aA	—
25	13.49	13.40	13.50	13.46bB	5.07
50	14.85	14.80	14.90	14.85cC	15.93
75	16.30	16.31	16.32	16.31dD	27.24

注:表中 5 cm 地温数据为相同处理 3 次重复的平均值;小写字母和大写字母分别代表同一测定时期、不同处理间的 5% 和 1% 显著水平的差异性。

2.3 土壤呼吸速率与土壤温度的关系

大量研究结果表明,绝大多数情况下土壤温度与土壤呼吸速率之间关系可以用指数模型来表示^[5],由表 4 可以看出,菌菜套作模式下土壤呼吸速率与 5 cm 深处土壤温度之间关系亦可用指数函数表示, $y = aebx$ 。式中, y 为土壤呼吸速率 (mg · m⁻² · h⁻¹), x 为 5 cm 深处的土壤温度 (℃), a 和 b 常数。在 4 个处理中以 50 t/hm 处理的相关系数最大,达到 0.955,表明该试验条件下投施该数量的菌料其分解与矿化过程更多地依赖于 5 cm 深处的土壤温度(地温)。

经验参数 Q_{10} 值表示温度每升高 10℃ 土壤呼吸速率的变化量,常用来表达土壤呼吸速率对温度的敏感

性^[5-9]。研究采用目前较常用的模型 $Q_{10} = e^{10b}$ 求算这一参数; 式中 b 为土壤呼吸与温度关系指数模型 $y = ae^{bx}$ 中的被称为温度反应系数的经验常数。使用土壤呼吸速率与 5 cm 深处土壤温度关系指数回归方程中的 b 值求出 Q_{10} 值, 从表 4 可以看出, Q_{10} 值在 1.27~1.50 之间, 平均为 1.33, 与他人研究结果基本相同^[3]。随着投施菌料量的增加, Q_{10} 值呈现逐步增加的趋势, 表明土壤呼吸随着菌料投施量增加而变得更加敏感。

表 4 不同处理 5 cm 深处土壤温度对土壤呼吸速率影响的回归模型

菌料用量 /t·hm ⁻²	指数方程		Q_{10} 值
	公式	相关系数 r	
0	$y = 119.87 \pm 0.0242x$	0.861**	1.27
25	$y = 133.12 \pm 0.0240x$	0.840**	1.27
50	$y = 127.77 \pm 0.0249x$	0.955**	1.28
75	$y = 91.558 \pm 0.0404x$	0.931**	1.50

注: 式中 y 为土壤呼吸速率($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), x 为 5cm 深处土壤温度($^{\circ}\text{C}$); ** 为 1% 显著水平($n=14$, $t_{0.01}=0.612$)。

2.4 不同菌料用量对番茄和双孢菇产量的影响

不同菌料用量处理下, 双孢菇、番茄产量范围分别为 $9.0 \times 10^4 \sim 16.2 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $54.2 \times 10^4 \sim 82.6 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 且均随着菌料用量的增加呈先增加后降低趋势; 番茄、双孢菇产量与菌料投施量之间数量关系可以分别用下式表达:

$y_{\text{番茄}} = -0.004767x^2 + 0.7305x + 54.3875$

$(F = 241.0832^*)$;

$y_{\text{双孢菇}} = -0.0045x^2 + 0.507967x - 0.00917$

$(F = 36404.8421^{**})$ 。

式中, x 为菌料投施量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$), $y_{\text{番茄}}$ 和 $y_{\text{双孢菇}}$ 分别为番茄、双孢菇产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), 曲线均可用二次方程很好地表达。对上两式求导并令 $y'(x) = 0$, 求得当投施菌料用量为 $76.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $56.4 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 番茄和双孢菇产量分别达最大值 82.4×10^4 、 $14.3 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。主要是由于菌料施用量不同土壤呼吸速率各异, 而土壤呼吸速率与保护地室内空气中的 CO_2 浓度直接相关, 致使菌料用量影响了作物的产量。

3 结论与讨论

在栽培作物施用有机肥的适宜用量范围内, 其它条件相同, 土壤呼吸速率都是随着土壤有机物料的施用量的增加而增加^[4]。番茄套种双孢菇, 投施的菌料覆盖在土壤表面, 可改善根际土壤湿度、温度、透气度, 提高其有机物质含量, 使根际土壤的 C/N 比发生变化, 促进根际土壤生物活性的提高^[3]。该研究土壤呼吸速率随投施菌料用量的增加而加快, 当菌料施入量达 $48.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时达到最大值 $186.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; 此后随着菌料施入量的增加土壤呼吸速率开始下降, 可能是在垄沟内投施菌料, 土壤中碳源增加, 双孢菇生长、菌料腐解释放的热量

使地温升高, 从而增加了土壤微生物量、促进了土壤呼吸的进行。当菌料投施量过大时, 使土壤中的 C/N 比过高, 影响微生物的活动, 反而抑制了土壤呼吸作用, 需要进一步试验加以验证。

温度和水分是土壤呼吸的主要限制因子^[9]。土壤含水量不是土壤呼吸的主要限制因子, 只有在干旱与缺水现象发生或土壤含水量过饱和的情况下, 温度、土壤水分才对土壤呼吸共同起作用^[7-8]。日光温室內灌水相对充足, 因此重点考察温度对土壤呼吸的影响。菌菜套作模式下, 双孢菇菌料覆盖在蔬菜作物番茄的垄沟内, 在菌株生长、有机物料分解过程中产生热量, 地温也随之高于无双孢菇栽培地块, 且二者呈极显著线性相关关系($F = 78.1775^{**}$)。在施用菌料的 3 个处理中, 以 $75 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 菌料处理增温效果最为明显, 其次为 $50 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 菌料处理, 分别比对照增温 27.24% 和 15.93% , $25 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 处理下的增温效果最小, 较对照增加 5.07% , 即土壤温度随着投施菌料量的增加而增加。

用生物材料覆盖, 对土壤有较好的培肥改良作用, 有利于改善土壤的生态环境从而促进植物的生长^[9]。番茄架下套种双孢菇模式, 其番茄、双孢菇产量均显著高于对照, 究其原因可能是投施菌料促进了土壤呼吸速率的加快, 所释放的 CO_2 对番茄的光合作用有明显的促进作用; 而番茄光和作用释放的 O_2 又满足了双孢菇菌丝体和子实体的呼吸需求, 从而有效提高了农产品产量与质量。

从地温、土壤呼吸速率、作物的增产效果等多种因素评价, 当菌料投施量在 $48.6 \sim 56.4 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 范围内时, 增加地温效果好, 增产幅度大; 这一技术参数可在当地日光温室番茄架下套种双孢菇栽培模式中应用。

参考文献

[1] Meng F Q, Guan G H, Zhang Q Z et al. Seasonal variation in soil respiration under different long-term cultivation practices on high yield farmland in the North China Plain [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2006, 26(6): 992-999.

[2] 潘志勇, 吴文良, 牟子平, 等. 不同秸秆还田模式和施氮量对农田 CO_2 排放的影响 [J]. 土壤肥料, 2006(1): 14-16.

[3] 诸葛玉平, 张旭东, 刘启. 长期施肥对黑土呼吸过程的影响 [J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 391-394.

[4] Luo Y, Wall S, Hui D, et al. Acclimatization of soil respiration to warming in a tall grass prairie [J]. Nature, 2001, 413: 622-625.

[5] 刘久俊, 方升佐, 谢宝东, 等. 生物覆盖对杨树人工林根际土壤微生物、酶活性及林木生长的影响 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1204-1210.

[6] 黄昌勇. 土壤学 [M]. 北京: 农业出版社, 1980.

[7] Smith V R. Soil respiration and its determinants on a sub-Antarctic island [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35: 77-91.

[8] 陈全胜, 李凌浩, 韩兴国, 等. 典型温带草原群落土壤呼吸温度敏感性 与土壤水分的关系 [J]. 生态学报, 2004, 24(4): 831-836.

华北地区改良日光温室蝴蝶兰商品化生产技术

陈超, 田立民, 王桂兰, 李小六, 乔永旭, 李兴杰

(唐山师范学院 生命科学系 河北 唐山 063000)

中图分类号: S 629 文献标识码: B 文章编号: 1001—0009(2010)05—0075—03

蝴蝶兰以其体态轻盈、花朵硕大、花色丰富、观赏期长等非凡特色,被人们誉为“洋兰皇后”,是当今国际花坛中的名花,深受全世界各国人民的喜爱。蝴蝶兰的自然花期一般在每年的3月份前后,此时开花,其商品价值会大大降低。因此,人工调控蝴蝶兰的开花期,使之能够在春节等节假日前及时开花,从而增加蝴蝶兰的商品价值,是实现蝴蝶兰商品化生产的必然选择。近年来我国蝴蝶兰产业的发展十分迅速,蝴蝶兰生产正朝着规模化、工厂化方向发展。由于蝴蝶兰运输成本较高,而且不耐运输,因此适于区域化生产。华北地区气候较为适合蝴蝶兰的生产,与南方相比虽生产成本略高,但花期长,品质好,与东北地区相比,生产成本则大幅下降。而且此地区有大量规格较高的日光温室,如进行加温、降温改造,推广潜力巨大。因此利用简易温室条件生产高档商品兰花的栽培技术具有很大的实用价值。

第一作者简介:陈超(1966-),男,博士,教授,现从事观赏植物细胞工程及植物资源利用方向的研究工作。E-mail: chchao410@sina.com.

基金项目:河北省科技厅生物工程资助项目(04547008D-2)。

收稿日期:2009-11-16

1 适应蝴蝶兰栽培需要的普通日光温室改造

1.1 在温室四周添加圆翼形暖气管

暖气管距地面20 cm,温室北墙及南面每4 m暖气管用2 m长寸管连接。温室北墙也可采用方形暖气片,每1.2 m连接暖气片用1 m长寸管连接,温室南面用1.2寸管的方式连接。

1.2 加装苗床

用石棉瓦搭建苗床,床高25 cm,长×宽=4.9 m×1.8 m,床距50 cm,距南面暖气管20 cm,距北面暖气管50 cm。

1.3 冬天温室内加二层幕

冬天为加强保温效果,在温室南坡1.5 m处,北墙2 m处之间加二层幕,二层幕用换下的旧棚膜。南坡1.5 m处至南面暖气管外地面加双层塑料布。

1.4 春、夏、秋季温室外加遮阳网

为调整光照,在温室上方每隔10 m架设钢梁,钢梁距塑料表面60~80 cm,钢梁用钢丝固定于两侧山墙上,上面悬挂固定遮阳网。选用遮光率75%的遮阳网。

从多个周期的使用来看,普通日光温室经一系列的改造,基本上能满足蝴蝶兰生长的需要。其最大的优势是投资少,运行成本低。由于可单栋独立控制,对不同条件的处理和花期调控是很方便的。经改造的日光温

Effects of Different Dose of the Fungus on Soil Respiration Rate in Protected Field

WEI Yan-yan¹, ZHANG Yu-long¹, YANG Jing-li², LIU Yang¹, HAN Lin¹, JIN Shuo¹

(1. Soil and Environmental College of Shenyang Agricultural University, Key Laboratory of Agricultural Resource and Environment Liaoning Shenyang, Liaoning 110161; 2. Agricultural Technology Promotion Center, Chaoyang, Chaoyang, Liaoning 122000)

Abstract: The studies of the relationship between the soil respiration rate and soil temperature at 5 cm depth with dose of the fungus feeding (0, 25, 50, 75 t/hm²) under tomato intercropping mushroom cultivation mode in the greenhouse. The results showed that this cultivation mode could significantly increase the soil temperature at 5 cm depth and the soil respiration rate, and the differences of the soil temperature at 5 cm depth and soil respiration rate between with and without the fungus feeding were all over 1%, which were at significance level. When the fungus feeding was between 48.6~56.4 t/hm², it appears the advantage at lower using, more effective and higher soil temperature, which was can be preferred use in greenhouse.

Key words: tomato intercropping mushroom cultivation mode; soil respiration rate; soil temperature; Q₁₀ values