

CO₂ 浓度对金针菇生长发育的影响

郭家选 沈元月 钟阳和

(莱阳农学院农学系 莱阳 265200) (中国农业大学应用气象系 北京 100094)

摘要 在人工控制环境条件下研究了 CO₂ 浓度对金针菇(*Flammulina velutipes*)生长发育的影响结果表明,金针菇菌丝正常生长所要求的适宜 CO₂ 浓度为 261.7~2930.5 μmol/L;金针菇子实体原基形成随 CO₂ 浓度升高明显受到抑制,所要求的适宜 CO₂ 浓度范围为 12.3~60 μmol/L;菌蕾形成后为获得优质高产金针菇,应提高环境中 CO₂ 浓度,并控制在 210~600 μmol/L 范围内。

关键词 金针菇 CO₂ 浓度 菌丝 原基 子实体

Effects of CO₂ concentration on the growth and development of *Flammulina velutipes*. GUO Jia-Xuan, SHEN Yuan-Yue (Department of Agronomy, Laiyang Agricultural College, Laiyang 265200), ZHONG Yang-He (Department of Applied Meteorology, China Agricultural University, Beijing 100094). *CJEA*, 2002, 10(1): 21~23

Abstract The effects of different concentrations of CO₂ on the growth and development of *Flammulina velutipes* are studied by controlling environmental conditions. It is shown that the optimal CO₂ concentration for the mycelial growth is 261.7~2930.5 μmol/L, and the primordium formation of *Flammulina velutipes* is significantly inhibited by the increment of CO₂ concentration, the optimal CO₂ concentration of primordium formation is 12.3~60 μmol/L. For attaining excellent quality fruit of *Flammulina velutipes*, the range of CO₂ concentration in environment is 210~600 μmol/L after fruit-body formation.

Key words *Flammulina velutipes*, CO₂ concentration, Mycelia, Primordium, Fruit-body

金针菇属低温型食用菌,商业化周年设施栽培生长环境内的小气候条件是影响其产量和品质的关键因素,特别是 CO₂ 浓度对金针菇生长发育的作用远远超过对其他菌类的影响^[1]。前人关于 CO₂ 浓度对金针菇生长发育的影响作了一定的研究^[2],但缺乏系统性,且子实体生长发育阶段 CO₂ 浓度测定位点无标准化,不同作者所得实验结果相差很大,CO₂ 浓度调控指标也不统一。本实验研究了人工控制环境下 CO₂ 浓度对金针菇菌丝生长、子实体原基形成及其生长发育的影响,探讨了金针菇菌丝生长、子实体原基形成及其生长发育的适宜 CO₂ 浓度范围,为科学制定设施栽培金针菇 CO₂ 浓度调控指标和栽培措施提供理论依据。

1 试验材料与方法

金针菇 J-2 供试菌株由中国农业大学食用菌研究室提供,母种培养基采用斜面试管 PDA 培养基;原种培养基配方为麦粒 10kg,石膏 120g,碳酸钙 30g,含水量 550~600g/kg, pH 中性;栽培种和瓶栽培培养基配方为棉籽壳 78%,麦麸 20%,白糖 1%,石膏 1%,含水量 550~600g/kg, pH 中性。菌丝生长阶段使用瓶栽,在体积 350mL 的栽培瓶内装湿料 180g(折合干料为 72~81g)并高压灭菌 1.5~2h,冷却至 25℃ 于超净工作台上接种(接种量为 5%),并直接在超净工作台上连接好实验装置后移至试验台上进行通气试验,进行 CO₂ 浓度对菌丝生长影响的研究。金针菇子实体生长阶段为袋栽(规格为 17cm×37cm),每袋装湿料 400g,折合干料为 180g。菌丝生长阶段设置 CO₂ 浓度水平处理为 <100 μmol/L、400 μmol/L、1200 μmol/L、2000 μmol/L、4000 μmol/L、6200 μmol/L 和 8200 μmol/L,3 个重复,温度、湿度、光照和 pH 值等均控制在适宜范围内。金针菇子实体生长阶段设 7 个处理,每个处理均设 5 个重复。处理方法为每个菌袋装湿料 400g(折合干料为 180g),占聚丙烯塑料袋体积的 1/3,在室温 20℃ 黑暗条件下菌丝长满菌袋后,折叠余下的 2/3 高度使袋口离基质表面高度如表 1 进行出菇管理。金针菇出菇期间控制空气相对湿度(RH)为 85%~95%,气温为 9~11℃,光照为 25lx。菌丝生长阶段利用改装串并联通气栽培试验装置获得不同 CO₂ 浓度水平处理,试验装

置见文献[5],用聚乙烯管链状间隔连接7~9个空锥形瓶和6~8个栽培瓶,在链的2节末端锥形瓶内放入200mL清水,以保持整个试验过程中稳定的相对湿度。以气泵(通气量为50mL/min)驱使经碱石灰吸收过CO₂的无菌空气,从链的一端进入而从另一端出,CO₂浓度随链长度的增加由进气端向出气端逐步提高。

菌丝生长期定期平行观测各处理CO₂浓度和菌丝日生长量,利用GXH-305A型和QGD-07型红外CO₂分析仪测定各处理栽培瓶两侧空锥形瓶内的CO₂浓度,测定流量为500mL/min,持续时间为45~60s,以二者平均值作为其间处理栽培瓶内的CO₂浓度值,每24h观测1次,且在栽培瓶上每日定时标记菌丝生长前缘位置,以2次标记间的长度为菌丝日生长量。子实体生长期间隔2d测定1次菌袋内的CO₂浓度。子实体形成以前测定位点为离基质表面2cm处,子实体形成以后测定位点为菌盖表面处。观测金针菇子实体原基形成,原基形成量用形成原基的面积占基质表面积百分比表示,记录子实体菌盖直径、菌柄长度和粗度,各处理取每个重复内的子实体5个求其平均值作为最终结果。

2 结果与分析

2.1 CO₂浓度对金针菇J-2菌丝生长的影响

相对低的CO₂浓度气体环境有利于金针菇菌丝的健壮快速生长,表2为CO₂浓度对金针菇菌丝在发菌期内生长的影响。实验结果表明,在供O₂充分CO₂浓度低的环境下菌丝日生长量最大,且随着CO₂浓度的升高而菌丝日生长量呈降低趋势,但菌丝健壮生长的CO₂浓度范围并不是菌丝生长最快的CO₂浓度范围。第1个栽培瓶内CO₂浓度较低(85.9~772.8μmol/L),菌丝日生长量最大,但菌丝相对较为细弱稀疏,而菌丝粗壮致密的栽培瓶内CO₂浓度相对较高。综合考虑菌丝日生长量和菌丝生长势,初步确定金针菇菌丝生长阶段适宜的CO₂浓度范围为261.7~2930.5μmol/L。

表2 CO₂浓度对金针菇J-2菌丝在发菌期内生长的影响^a

Tab.2 The effects of CO₂ concentration on mycelium growth of *Flammulina velutipes* in colonizing period

项目 Items	栽培瓶序号 Culture bottle number						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
CO ₂ 浓度/μmol·L ⁻¹	85.9~772.8	261.7~1463.8	570.4~2930.5	1435.2~7752.7	1827.8~8178	3373.4~8178	3373.4~8178
日均生长量/cm·d ⁻¹	0.50	0.48	0.42	0.39	0.336	0.33	0.30
菌丝生长势	++	+++	+++	++	++	++	+

^a表中-表示菌丝生长势较弱,++表示菌丝生长势一般,+++表示菌丝生长势旺盛。

2.2 CO₂浓度对金针菇生殖生长的影响

CO₂浓度对金针菇J-2子实体原基形成的影响。高CO₂浓度气体环境明显抑制金针菇原基的形成,CO₂浓度对金针菇J-2子实体原基形成的影响实验结果表明,在60~1760μmol/L的CO₂浓度范围内,随着处理CO₂浓度的升高,形成的原基数量呈递减趋势,60μmol/L的CO₂浓度水平形成的原基数量最多,几乎占整个基质表面的100%,CO₂浓度上升为600μmol/L时其原基形成量下降了50%,CO₂浓度为1760μmol/L时其原基形成量比60μmol/L浓度水平下降了91.7%(见表3)。由此可见,子实体原基形成期间需O₂量较大,CO₂浓度控制在<60μmol/L的浓度水平下为宜。

CO₂浓度对金针菇子实体经济性状的影响。不同水平的CO₂浓度气体环境对金针菇子实体菌盖扩展、菌柄加粗伸长生长及菌柄基部颜色的影响作用不同,CO₂浓度对金针菇经济性状的影响实验结果表明,随着

表1 金针菇J-2子实体生长阶段CO₂浓度处理水平

Tab.1 The treatment level of CO₂ concentration in the fruit-body period of *Flammulina velutipes*

项目 Items	处理 Treatments						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
套袋高度/cm	3	8	10	13	16	21	21*
CO ₂ 浓度/μmol·L ⁻¹	60	100	160	190	210	600	1760

*该处理袋用棉塞封口,其余各处理敞口,且口上覆1张报纸。

表3 CO₂浓度对金针菇J-2子实体原基形成的影响

Tab.3 The effects of different CO₂ concentration on primordium formation

项目 Items	处理 Treatments						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
套袋高度/cm	3	8	10	13	16	21	21*
CO ₂ 浓度/μmol·L ⁻¹	60	100	160	190	210	600	1760
原基形成量/%	100	75	75	75	75	50	8.3

处理 CO₂ 浓度的升高而金针菇 J-2 子实体菌盖直径越来越小,以 60 μmol/L 的 CO₂ 浓度下菌盖直径最大(为 1.57cm)且开伞;CO₂ 浓度为 1760 μmol/L 时菌盖直径最小(为 0.42cm),高浓度的 CO₂ 对金针菇 J-2 子实体菌盖扩展有明显的抑制作用(见表4)、在相对低的 CO₂ 浓度范围内,随着 CO₂ 浓度的升高而金针菇 J-2 子实体菌柄的长度呈

递增趋势,以 60 μmol/L 的 CO₂ 浓度水平下菌柄长度最小,以 600 μmol/L 水平下最大,当 CO₂ 浓度达到 1760 μmol/L 时其菌柄生长开始受抑制,这与 Plunkett B. E.^[7] 的实验结果相近。

表4 CO₂浓度对金针菇 J-2 子实体经济性状的影响Tab 4 The effects of different CO₂ concentration on the fruit-body economic characters

处 理 Treatments	CO ₂ 浓度/μmol·L ⁻¹ CO ₂ concentration	菌 盖 Pileus		菌 柄 Stipe			
		直 径/cm Diameter	是否开伞 Open or not	直 径/cm Diameter	长 度/cm Length	颜 色 Color	黑根长度/cm The length of black stipe
I	60	1.570	是	0.614	11.208	黑	4.6
II	100	1.213	否	0.605	11.450	黑	3.1
III	160	1.060	否	0.664	11.580	黑	3.0
IV	190	0.920	否	0.716	12.020	黑	2.5
V	210	0.880	否	0.672	12.200	黄	0
VI	600	0.800	否	0.660	14.020	黄	0
VII	1760	0.420	否	0.280	13.130	浅黄	0

不同 CO₂ 浓度对金针菇 J-2 子实体菌柄直径大小也有一定的影响,1760 μmol/L 高浓度水平下其菌柄直径最小,190 μmol/L CO₂ 浓度水平下其菌柄直径最大(为 0.716cm),其余各处理无明显差异。此外随着处理 CO₂ 浓度的升高,金针菇子实体菌柄基部颜色从深到浅,CO₂ 浓度 ≤ 190 μmol/L 时其菌柄基部变黑,60 μmol/L CO₂ 浓度水平下其黑根最长为 4.6cm,210 μmol/L CO₂ 浓度水平下菌柄基部为黄色,1760 μmol/L CO₂ 浓度水平下其菌柄基部为浅黄色。综合以上结果,按照对 1 级鲜金针菇经济性状的要求,金针菇 J-2 子实体生长期间 CO₂ 浓度控制在 210 ~ 600 μmol/L 范围内较适宜,否则将形成菌柄细弱、黑根、开伞的劣质菇。

3 小结与讨论

陈士瑜^[2]、杨新美^[4]等曾引用大多数食用菌子实体生长阶段要求 CO₂ 浓度 ≤ 40 μmol/L,并认为 40 μmol/L 以上的 CO₂ 浓度将对子实体产生毒害作用。陈国良^[1]曾研究发现在 50.6 μmol/L CO₂ 浓度水平下紫灵芝畸形呈鹿角状。但以上 CO₂ 浓度指标并未指出测点位于何处。本实验研究发现金针菇子实体生长期间菌盖表面、菌柄中部和菌柄低部均存在明显的 CO₂ 浓度梯度,由于 GXH-305A 型 CO₂ 红外分析仪进行测定时仪器本身要求需要一定的流量和体积,加上测定部位体积的局限性,该实验结果只能大体反映子实体生长期间不同部位存在明显的 CO₂ 浓度梯度这一规律但不精确,因此有必要规定统一的子实体生长的 CO₂ 浓度测点位置,以便于使用统一的 CO₂ 浓度上限指标进行食用菌设施栽培的自动化气体调控,以提高调控效果。

金针菇属好气性真菌,CO₂ 浓度是控制其子实体形成和发育的关键环境因素之一,且原基形成和子实体生长发育所要求的适宜 CO₂ 浓度生物学指标的差异很大,故在金针菇栽培中应考虑这两个生长阶段对 CO₂ 浓度变化的敏感性问题,根据金针菇商品菇标准对 1 级金针菇经济性状的要求,调控 CO₂ 浓度在其正常生长的适宜范围内。在原基形成期为获得发生整齐、出菇量多的菇蕾,距基质表面 2cm 处的 CO₂ 浓度应控制在 12.3 ~ 60 μmol/L 之间,不宜过高,而在子实体生长发育期间菇蕾形成以后菌盖表面处的 CO₂ 浓度应控制在 210 ~ 600 μmol/L 的范围内,以达到抑制菌盖开伞促进菌柄伸长的目的,从而获得优质高产金针菇。

参 考 文 献

- 1 陈国亮. 对紫灵芝生长的影响. 食用菌, 1992 (4): 18
- 2 陈士瑜. 食用菌生产大全. 北京: 中国农业出版社, 1988
- 3 娄隆后, 朱慧真, 周璧华编著. 食用菌生物学及栽培技术. 北京: 中国林业出版社, 1984
- 4 杨新美. 中国食用菌栽培学. 北京: 中国农业出版社, 1988
- 5 郭家选, 钟阳和等. CO₂ 浓度对食用菌生长发育影响的研究进展. 生态农业研究, 2000, 8(11): 45 ~ 48
- 6 郭家选, 钟阳和. CO₂ 浓度对 4 种食用菌菌丝生长影响. 食用菌学报, 2001, 8(11): 24 ~ 29
- 7 Plunkett B E., Nutritional and other aspects of fruit-body formation in pure cultures of *Colybox velutipes* (Curt.) Fr. Ann. Bot. n. s., 1953, 17: 193 ~ 217