

棉花花铃期氯化胆碱-BF₁ 组合调节产量性状的时空效应研究

李新宇, 王宏武, 蔡红涛, 万 燕, 冯艳波, 汤一卒*

(南京农业大学农业部南方作物生理生态重点开放实验室, 南京农业大学棉花研究所, 南京 210095)

摘要: 试验于2002年和2005年在南京农业大学江浦试验站进行, 研究氯化胆碱单一组合及与多利来(BF₁)复配组合对棉花产量性状调节的时空效应。结果显示, 花铃期常规施用DPC条件下, 于初花期和花后15 d两次单一CC处理显著提高各部位单铃子棉重, 但铃数不增加; CC-BF₁复配组合初花期BF₁处理、花后15 d CC处理(BC)或CC-BF₁混合处理(BBC), 显示极显著提高全株外围和中下部内围单铃子棉重的调节效应, BBC处理可稳定维持花铃期各部位的成铃增长效应, BC处理主要维持中下部即伏桃和早秋桃的成铃增长效应。提出CC处理对以增加铃重为目标管理的适宜性和CC-BF₁复配组合对以提高铃重和增加成铃双重目标管理的适宜性。

关键词: 氯化胆碱; 棉花; 产量性状; 时空调节效应

中图分类号: S562.01 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2009)06-0515-05

Regulating Effect to Yield Characteristics of Cotton with Spraying Combined Choline Chloride-BF₁ During Boll-setting

LI Xin-yu, WANG Hong-wu, CAI Hong-tao, WAN Yan, FENG Yan-bo, TANG Yi-zu*

(MOA Key Laboratory of Crop Physiology & Ecology in Southern China, Cotton Research Institute Of Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The experiment was carried out in Jiangpu Experiment Station of Nanjing Agriculture University in 2002 and 2005, to study regulating effect of yield characteristics of cotton with spraying choline chloride or BF₁ during boll-setting. The boll weight of seedcotton in different position was increased with CC(CC+CC) treatment, BC(BF₁+CC) treatment and BBC(BF₁+BF₁ and CC) treatment. The bolls-setting was increased in different position with BBC treatment, but BC treatment, it was increased to bolls-setting in 1~2 nodes of 1~9 branches and nodes besides 1~2 nodes of 1~4 branches, including those bolls setting in hot days and a few early autumn days. It was obvious that CC treatment is suitable to the regulating objective heavy-producing in increasing the boll weight of seedcotton produced, BC and BBC treatment are suitable to the regulating objective heavy-producing in increasing both boll weight of seedcotton produced and number of boll during boll-setting.

Key words: choline chloride; cotton; yield characteristics; spatio-temporal regulating effect

棉花生长季应用生长调节剂调节株型和生理代谢, 实现增蕾保铃、提高产量、改善品质的目标, 国内外进行了较多的研究, 并主要对DPC的应用开拓了有效的实践^[1-7]。氯化胆碱(choline chloride 简称CC)在多种作物的试验显示能够调节生

理活动、增进光合效率、提高抗氧化能力, 延长叶片功能期^[8-13]。将CC直接应用于棉花生产的研究, 尚处于初始阶段^[14-17]。本试验通过一组调节物与DPC同步施用研究, 评估调节棉花产量性状的时空调节效应。本文试图以棉花常规应用

DPC为基础,探讨应用CC调节产量性状,实现增加铃数、提高铃重的有效调控途径。

1 材料和方法

1.1 试验材料与设计

试验分别于2002、2005年在南京农业大学江浦试验农场进行。供试棉花品种为南农7号。采用塑盘育苗,于4月20日播种,5月30日移栽。大田施肥总纯氮量 $270 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,N:P:K=3:1:3,基肥、花铃肥各占50%。栽植密度 $52.5 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$,采用等行距配置。

试验以盛蕾期、开花期、打顶后7 d叶面喷施DPC(缩节胺,由江苏省激素研究所提供,下同)为条件(CK₂),2002年设计开花期+花后15 d叶面喷施单一CC(产品由上海三爱思试剂有限公司提供,喷施浓度为 $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,下同)、单一BF₁(真菌代谢产物混合液,产品由苏州市多利来生物科技公司提供,喷施浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,下同)、清水(CK₁)处理;2005年设计开花期+花后15 d叶面喷施复配BF₁+CC(BC)、BF₁+BF₁和CC的混合剂(BBC)、清水(CK₁)等处理。两年试验处理均重复3次,随机区组排列,小区面积 49.5 m^2 。

1.2 测定项目及方法

计数每个小区全部棉株各株有效成铃数计小区铃数;每小区连续定20株,分果节部位挂牌标记伏桃、早秋桃和晚秋桃铃并收获,分单铃称铃

壳、子棉、纤维和种子重量,计算总铃重(铃壳+子棉)、单铃子棉重、子棉经济系数和衣分。剥绒机由上海三林机械厂制造。

2 结果与分析

2.1 CC、BF₁单一组合对产量性状的调节效应

2.1.1 单一组合对产量性状的综合调节效应。

由表1可知,常规施用DPC条件下的CC处理,显示总铃重和单铃子棉重均极显著高于CK₁和CK₂,群体总铃数极显著高于CK₁,但与CK₂差异不显著;BF₁处理显示群体总铃数极显著高于CK₁和CK₂,总铃重和单铃子棉重与CK₁、CK₂差异不显著;CC、BF₁处理子棉和皮棉经济系数均未显示与对照差异,衣分显著低于CK₁和CK₂。CC、BF₁处理子棉产量高于CK₂处理6.32%、9.69%,高于CK₁处理16.53%、20.22%;CC处理子棉增产,显示单铃干物质积累量的极显著提增效应,对平均群体总铃数调节效应不明显;BF₁处理子棉增产,显示群体总铃数极显著提增效应,但对单铃干物质积累量的调节效应不明显。由此可见,CC、BF₁两处理对群体总铃数、单铃干物质积累量调节的提增效应呈现互补现象。两处理显示同步调节棉铃铃壳向子棉的物质转运效应即子棉经济系数差异不明显,种子向纤维的物质转运效率即皮棉经济系数趋降。

表1 花铃期CC、BF₁单一组合处理的棉花产量性状(2002年)

Table 1 Yield characters of cotton with spraying CC, BF₁ during blooming

处理	子棉产量 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	成铃数 /(万个 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	总铃重 /g	单铃子 棉重/g	子棉经济 系数/%	单铃皮 棉重/g	衣分 /%	皮棉经 济系数/%
CC	4288.24bB	95.00bB	5.96aA	4.51aA	75.73a	1.77a	39.23ab	29.69a
BF ₁	4424.03aA	102.74aA	5.68bAB	4.31bAB	75.76a	1.68b	39.06b	29.65a
CK ₁	3679.99dD	87.51cC	5.57bcB	4.20bcB	75.43a	1.67b	39.68a	29.92a
CK ₂	4033.23cC	93.82bB	5.69bAB	4.28bAB	75.51a	1.69b	39.52a	29.73a

注:表中数据后英文小、大写字母分别表示0.05,0.01水平显著性差异,下同。

2.1.2 单一组合对产量性状的时空调节效应。结果进一步显示(表2,表3),CC处理单铃子棉重,伏桃分别较CK₁和CK₂提高了12.93%和6.93%,早秋桃和晚秋桃提高分别达极显著、显著差异水平,10~14台果枝内外围成铃单铃子棉重高于CK₁和CK₂,均达到极显著水平;同步的伏桃即1~4台果枝内外围和5~9台果枝内围果节结铃数较CK₁和CK₂增加分别达极显著差异水平,早秋桃即5~9台果枝外围果节结铃数分别较CK₁和CK₂减少了11.53%和31.11%,晚秋桃即

10~14台果枝外围果节铃数也趋减。表明单一CC处理子棉增产,为各部位铃重的增重效应,并以增加中下部内围和下部外围成铃,降低上部内外围和中部外围成铃维持总成铃数的平衡。BF₁处理伏桃和早秋桃即1~14台果枝内围和1~4台果枝外围果节结铃数,较CK₁和CK₂增加均达极显著差异水平;单铃子棉重、伏桃即1~4台果枝内外围和5~9台果枝内围果节显示提高了7.56%~1.85%,早秋桃即5~9台果枝外围果节和10~14台果枝内围果节成铃趋降,但未达显著

差异水平;晚秋桃铃数和单铃子棉重与 CK₁ 和 CK₂ 持平。表明单一 BF₁ 处理子棉产量增产,全株内围和下部外围成铃数的增加效应,并以增加

下中部内围和下部外围成铃单铃子棉重、降低中上部外围成铃单铃子棉重维持单铃子棉重的平衡。

表 2 CC、BF₁ 单一组合处理对棉花成铃及单铃子棉重调节的时间效应(2002 年)

Table 2 Regulating effect of spraying CC, BF₁ on bolling and boll weight of seedcotton in different season

处理	伏桃 (07-20-08-15)		早秋桃 (08-16-08-25)		晚秋桃 (08-26-09-20)	
	铃数 /(万个·hm ²)	单铃子 棉重/g	铃数 /(万个·hm ²)	单铃子 棉重/g	铃数 /(万个·hm ²)	单铃子 棉重/g
CC	44.64aA	4.63aA	14.35dD	4.68aA	36.01bAB	4.28aA
BF ₁	42.85bAB	4.41bB	23.32aA	4.39bAB	36.57abA	4.04bB
CK ₁	34.16dC	4.10cC	16.22cC	4.32bcB	37.13aA	3.99bB
CK ₂	37.25cB	4.33bcBC	20.83bB	4.41bAB	35.73bcB	4.00bB

表 3 CC、BF₁ 单一组合处理对棉花成铃及单铃子棉重调节的空间效应(2002 年)

Table 3 Regulating effect of spraying CC, BF₁ on bolling and boll weight of seedcotton in different position

产量性状	处理	1~4 果枝		5~9 果枝		10~14 果枝	
		1~2 果节	> 3 果节	1~2 果节	> 3 果节	1~2 果节	> 3 果节
单株铃数/个	CC	3.16abA	1.49abA	2.82bcB	1.74cC	2.62a	0.91bAB
	BF ₁	3.23aA	1.52aA	3.11aA	1.76cC	2.66a	1.10abA
	CK ₁	2.14cC	1.15dD	2.04dD	2.10abAB	2.66a	1.09abA
	CK ₂	2.74bB	1.33cBC	2.40cC	2.23aA	2.59a	1.19aA
单株子棉重/g	CC	4.54aA	4.21aA	4.83aA	4.24aA	4.57aA	4.26aA
	BF ₁	4.28abA	4.03bB	4.69bAB	3.92bcB	4.40abA	3.99bcB
	CK ₁	3.73cB	3.89bcB	4.41cC	3.91bcB	4.22bB	3.91cBC
	CK ₂	4.13bAB	3.98bB	4.44cC	4.08bAB	4.44abA	4.09bAB

由此可见,单一 CC 处理、BF₁ 处理均较对照增产,单一 CC 处理以增加各部位成铃单铃子棉重主效应实现增产,单一 BF₁ 处理以增加全株内围和下部外围成铃数主效应实现增产。单一 CC 处理中上部成铃数较 CK₂ 处理减少,单一 BF₁ 处理中上部成铃单铃子棉重降低;而对应的单一 BF₁ 处理中上部内围成铃数显著高于单一 CC 处理,单一 CC 处理中上部成铃单铃子棉重显著高于单一 BF₁ 处理,鲜见两者中上部成铃数与单铃子棉重之间的调节优势可互补潜力。

2.2 CC-BF₁ 复配组合对产量性状的调节效应

2.2.1 复配组合对产量性状的综合调节效应。常

表 4 花铃期 CC-BF₁ 复配组合处理的棉花产量性状(2005 年)

Table 4 Yield characters of cotton with spraying multiplex CC-BF₁ during blooming

处理	子棉产量 /(kg·hm ²)	总铃数 /(万个·hm ²)	总单铃 重/g	单铃子 棉重/g	子棉经济 系数/%	单铃皮 棉重/g	衣分/%	皮棉经济 系数/%
BC	6132.42bAB	130.20bB	6.04aA	4.71aA	77.98a	1.93aA	40.98a	31.95b
BBC	6342.25aA	139.39aA	5.82bAB	4.55bAB	78.18a	1.87abA	41.10a	32.69a
CK ₁	4277.89dD	100.42dD	5.67cBC	4.26cBC	76.48b	1.75bcB	41.08a	30.86c
CK ₂	4862.91cC	110.27cC	5.63cBC	4.31bcB	76.55b	1.80bAB	41.76a	31.97b

2.2.2 复配组合对产量性状的时空调节效应。如表 5 和 6 所示,BC 和 BBC 处理均极显著增加伏桃、早秋桃和晚秋桃的成铃数,即比 CK₁、CK₂ 极显著增加了 1~14 台果枝内外围成铃数,BBC 处理早秋桃和晚秋桃即 1~14 果枝外围果节成铃数又极显

规施用 DPC 条件下的 CC 与 BF₁ 复配处理的调节产量性状效应如表 4 所示。CC 与 BF₁ 复配组合 BBC、BC 处理显示较 CK₁、CK₂ 处理极显著增加成铃数和单铃子棉(皮棉)重的双重效应,子棉产量较 CK₂ 处理增加 30.44%、26.10%,较 CK₁ 处理增加 48.26%、43.35%,增产效应较单一 CC、BF₁ 处理提高 24.12、19.78 个百分点和 31.73、23.13 个百分点。BBC 处理显示成铃数、子棉产量高于 BC 处理,总铃重和单铃子棉重低于 BC 处理;复配组合两处理衣分显示与单一 CC、BF₁ 处理低于对照的相同趋势,但子棉经济系数、皮棉经济系数和单铃皮棉重显示高于对照趋势。

著高于 BC 处理,BC 处理花后 15~20 d 出现成铃增长效应高于 BBC 处理。BC 和 BBC 处理均提高伏桃、早秋桃和晚秋桃单铃子棉重,即提高下部内外围成铃和中上部外围成铃的单铃子棉重,中上部内围成铃单铃子棉重增加效应不明显。

表5 CC-BF₁ 复配组合处理对棉花成铃及单铃子棉重调节的时间效应(2005年)Table 5 Regulating effect of spraying multiplex CC-BF₁ on bolling and boll weight of seedcotton in different season

处理	伏桃(07-20-08-15)		早秋桃(08-16-08-25)		晚秋桃(08-26)	
	铃数 /(万个·hm ⁻²)	单铃子 棉重/g	铃数 /(万个·hm ⁻²)	单铃子 棉重/g	铃数 /(万个·hm ⁻²)	单铃子 棉重/g
BC	87.19aA	4.75aA	40.52bB	4.54bAB	2.49bB	4.14bAB
BBC	86.07aA	4.63abA	49.75aA	4.71aA	3.57aA	4.38aA
CK ₁	72.42bcB	4.42bAB	26.86dD	4.04cC	1.13cC	3.99bcB
CK ₂	75.85bB	4.37bcB	33.59cC	4.40bcB	0.83dD	4.00bcB

表6 CC-BF₁ 复配组合处理对棉花成铃及单铃子棉重调节的空间效应(2005年)Table 6 Regulating effect of spraying multiplex CC-BF₁ on bolling and boll weight of seedcotton in different position

产量性状	处理	1~4 果枝		5~9 果枝		10~14 果枝	
		1~2 果节	>3 果节	1~2 果节	>3 果节	1~2 果节	>3 果节
铃数 /(万个·hm ⁻²)	BC	18.57abA	16.12bB	33.46aA	24.01bB	26.59aA	11.47bB
	BBC	19.19aA	19.35aA	29.79bB	29.77aA	26.32aA	14.98aA
	CK ₁	18.04bAB	11.50dC	23.53dD	17.77dD	23.22bB	8.00cC
	CK ₂	16.45cC	15.36cB	28.16cC	20.03cC	22.59bB	7.67cC
单铃子棉重/g	BC	4.71aA	4.56aA	4.78aA	4.53aA	4.62ab	4.12bAB
	BBC	4.63aA	4.51aA	4.78aA	4.54aA	4.74a	4.36aA
	CK ₁	4.43bB	3.99bAB	4.36bAB	3.99bcB	4.44b	3.83cB
	CK ₂	4.38bB	3.95bAB	4.70aA	4.12bAB	4.70a	3.58dBC

由上述结果可见,CC 与 BF₁ 复配的 BBC、BC 处理显示较 CK₁、CK₂ 处理极显著增加成铃数和单铃子棉(皮棉)重的双重效应,即在增加各部位成铃数的同时,提高下部内外围成铃和中上部外围成铃的单铃子棉重,实现超越单一 CC 处理的增加各部位成铃单铃子棉重增产主效应或单一 BF₁ 处理的增加全株内围和下部外围成铃数增产主效应,显示其优势互补的增产调节效应较单一 CC、BF₁ 处理的增产效应提高 19.78~31.73 个百分点。且复配的 BBC、BC 处理对子棉、皮棉经济系数和单铃皮棉重高于对照的调节效应,优于单一 CC、BF₁ 处理。

3 讨论

3.1 本试验常规施用 DPC 条件下,开花后无论单一施用 CC 调控或 CC 与 BF₁ 复配调控,均显示 CC 处理后 15~20 d 内成铃数和单铃子棉重同步增长。在延续两次单一施用 CC 调控条件下的单铃子棉重增长效应甚至可维持整株的棉铃,但其中上部的成铃数减少效应平衡了处理后 15~20 d 内成铃数的增长效应。表明单一施用 CC 处理仅可利用增加单铃子棉重的主调控效应,可见该结果对以增加铃重为主要栽培目标的创高产棉田类型具有应用意义。

3.2 本试验常规施用 DPC 条件下,单一 CC 处

理显示增加各部位成铃单铃子棉重的同步效应为中上部成铃数趋减少,单一 BF₁ 处理显示增加全株内围和下部外围成铃数的同步效应为降低中上部成铃的单铃子棉重,复配的 BBC、BC 组合处理则显示极显著增加各部位成铃数和增加下部内外围、中上部外围单铃子棉(皮棉)重的双重效应,即较单一 CC 或 BF₁ 处理的调节互补效应。由此可认定 BBC、BC 组合调节对以增加成铃数、或以增加铃重、或以同步增加成铃数和铃重为栽培目标的创高产棉田类型均具应用意义。鉴于本试验结果限于节枝比 4 左右的 5.25 万株·hm⁻² 密度条件,结果对我国目前抗虫杂交棉 3.0 万株·hm⁻² 以下密度的第 5、6 以外果节单铃子棉(皮棉)重的增重效应尚需深入研究。

3.3 本试验两次单一 CC 处理和 CC-BF₁ 复配组合 BC、BBC 处理均表现衣分稍降低趋势,其生理代谢机理尚需进一步研究。对单一 CC 处理和 CC-BF₁ 复配组合处理 CC 或 BF₁ 施药配比浓度可能对产量及品质性状的调节效应也需进一步研究。

参考文献:

- [1] 李宗霆,周 燮.植物激素及其免疫检测技术[M].南京:江苏科学技术出版社,1996:203.
LI Zong-ting, Zhou-xi, Plant hormones and their immunoassays[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Tech-

- nology Publishing House, 1996, 203.
- [2] 段留生, 田晓莉. 作物化学控制原理与技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2005; 217-218.
DUAN Liu-sheng, Tian Xiao-li. Chemical regulating principle and technology in crop[M]. Beijing: China Agricultural University Publishing House, 2005; 217-218.
- [3] 马空军, 孙月华, 马凤云. 植物生长调节剂在棉花上的应用现状[J]. 新疆大学学报: 自然科学版, 2002, S1: 8-10.
MA Kong-jun, Sun Yue-hua, Ma Feng-yun. Apply current of plant growth regulator in cotton[J]. Journal of Xinjiang University: Natural Science Edition, 2002, S1: 8-10.
- [4] 何钟佩. 作物激素生理及化学控制[M]: 北京: 中国农业大学出版社, 1997; 43-51.
HE Zhong-pei. Crop hormones physiology and chemistry-regulating[M]. Beijing: China Agricultural University Publishing House, 1997; 43-51.
- [5] 齐 华, 肖祖荫. 几种新型植物生长调节剂对棉花产量和品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1994, 25(4): 386-391.
QI Hua, Xiao Zu-yin. Effects of several new types of plant growth regulator on the quality and yield of cotton[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1994, 25(4): 386-391.
- [6] 陈明灿, 孔祥生. 植物生长调节剂对棉花生育的调控及产量效应[J]. 湖北农学院学报, 1999, 19(4): 302-304.
CHEN Ming-can, Kong Xiang-sheng. Effects of plant growth regulator on regulating growth and yield of cotton[J]. Journal of Hubei Agricultural College, 1999, 19(4): 302-304.
- [7] 何 冰, 许鸿源, 何若天. 氯化胆碱对干旱胁迫下玉米幼苗叶片膜结构保护机制的研究[J]. 广西农业生物科学, 1999, 18, 4(2): 253-257.
HE Bing, Xu Hong-yuan, He Ruo-tian. Preliminary research on choline chloride on increasing drought resistance in maize seedlings[J]. Journal of Guangxi Agriculture and Biological Science, 1999, 18, 4(2): 253-257.
- [8] 梁煜周, 何若天. 氯化胆碱对低温胁迫下稻苗的保护作用[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(1): 31-35.
LIANG Yu-zhou, He Ruo-tian. Protective effect of choline chloride on rice under chilling stress at seedling stage[J]. Chinese Journal of Rice Science, 1999, 13(1): 31-35.
- [9] 季玉龙, 刘世名, 陈靠山, 等. 氯化胆碱对小麦幼苗叶片在渗透胁迫下的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002(1): 60-63.
JI Yu-long, Liu Shi-ming, Chen Kao-shan, et al. Effects of CC on the leaf of wheat seedlings under osmotic stress[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2002(1): 60-63.
- [10] 张 燕, 方 力, 李天飞, 等. 氯化胆碱浸种对烟草幼苗某些生理特性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(2): 164-166.
ZHANG Yan, Fang Li, Li Tian-fei. Effects of seed soaking in choline chloride solution on some physiological characteristics of tobacco seedlings[J]. Plant Physiology Communications, 2004, 40(2): 164-166.
- [11] 盛瑞艳, 李鹏民, 薛国希, 等. 氯化胆碱对低温弱光下黄瓜幼苗叶片细胞膜和光合机构的保护作用[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2006, 32(1): 87-93.
SHENG Rui-yan, Li Peng-min, Xue Guo-xi, et al. Choline chloride protects cell membrane and the photosynthetic apparatus in cucumber seedling leaves at low temperature and weak light[J]. Acta Phytobiologica Sinica, 2006, 32(1): 87-93.
- [12] 祁春苗, 张秀月, 赵会杰. 氯化胆碱对旱地黄叶片渗透调节物质与光合的影响[J]. 河南农业科学, 2007, (1): 86-88.
QI Chun-miao, Zhang Xiu-yue, Zhao Hui-jie. Effects of choline chloride on osmolytes and photosynthesis of *Rehmannia glutinosa* under drought stress[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2007, (1): 86-88.
- [13] 杨安中. 氯化胆碱与赤霉素混合处理棉花种子效应的研究[J]. 棉花学报, 2000, 12(2): 112.
YANG An-Zhong. Study on the effects of choline chloride and gibberel in mixture pretreatment on the cotton seeds[J]. Acta Gossypii Sinica, 2000, 12(2): 112.
- [14] 李伶俐, 杜远仿, 李 文. 氯化胆碱对棉花产量及某些酶活性的影响[J]. 棉花学报, 2000, 12(6): 330-331.
LI Ling-li, Du Yuan-fang, Li Wen. Effect of choline on yield and some enzyme activity of cotton[J]. Acta Gossypii Sinica, 2000, 12(6): 330-331.
- [15] CLIFFORD P E, Offler C E, Patrick J W. Growth regulators have rapid effects on photosynthate unloading from seed coats of *Phaseolus vulgaris* L. [J]. Plant Physiol, 1986, 80: 635.
- [16] SHASHIREKHA M N, Rajarathnam S, Bano Z. Effects of supplementing rice straw growth substrate with cotton seeds on the analytical characteristics of the mushroom[J]. Pleurotus Florida, 2005, 2: 255-259. ●