

八角下脚料、甘蔗滤泥、桐麸联合堆肥的腐熟度指标研究

陈乾平¹, 缪剑华^{1*}, 沈方科², 叶云峰¹, 蒋妮¹

(1. 广西壮族自治区药用植物园, 南宁 530023; 2. 广西大学, 南宁 530005)

摘要: 测定八角下脚料与甘蔗滤泥、桐麸联合堆肥过程中温度、C/N比、种子发芽指数(GI)等腐熟度指标, 研究各项指标在堆肥进程中的变化情况。结果表明: GI可作为八角下脚料与甘蔗滤泥、桐麸联合堆肥评价堆肥腐熟度的主要评价指标。在起始C/N比为31.45条件下进行八角提油下脚料、甘蔗滤泥、桐麸的联合高温好氧堆肥, 堆制21 d和26 d时, 三种腐熟度指标未全部显示堆肥腐熟; 堆制31 d时, C/N比为18.55, T值为0.59(小于0.6), 发芽指数GI为93.7%(大于80%)。从温度、发芽指数和C/N比三个指标均可认为堆肥已达到腐熟。

关键词: 八角下脚料; 堆肥; 腐熟度; C/N比; 种子发芽指数

中图分类号: Q948.11 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2009)06-0822-05

Mature indices of composting transformation co-composting of aniseed marc, filter mud of sugarcane and tung seed meal

CHEN Qian-Ping¹, MIAO Jian-Hua^{1*}, SHEN Fang-Ke²,
YE Yun-Feng¹, JIANG Ni¹

(1. *Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plants*, Nanning 530023, China;

2. *Guangxi University*, Nanning 530005, China)

Abstract: The mature indices of composting transformation during co-composting of aniseed marc, filter mud of sugarcane and tung seed meal were studied by analyzing the pattern of temperature, carbon-to-nitrogen ratio(C/N) and the seed germination index(GI) at different stages. The results were as follows: the seed germination index(GI) were available to evaluate maturity of the co-composting of aniseed marc, filter mud of sugarcane and tung seed meal. The co-composting of aniseed marc, filter mud of sugarcane and tung seed meal at initial carbon-to-nitrogen ratio(C/N) of 31.45 reached mature after composting for 31 days, when the carbon-to-nitrogen ratio(C/N) was 18.55, the seed germination index(GI) was 93.7%.

Key words: aniseed marc; compost; maturity; C/N; seed germination index

堆肥化就是通过人工控制, 在一定的水分、C/N比和通风条件下经过微生物的发酵作用, 将有机物转变为肥料的过程, 堆肥不仅能在微生物作用下通过高温发酵使上述废物中的病原菌无害化、有机物腐殖质化、稳定化, 最终达到腐熟(李国学等,

2001a)。未腐熟的堆肥在施入土壤后的一段时间, 能引起微生物的剧烈活动导致氧的缺乏产生极端厌氧环境, 同时, 未腐熟的堆肥在还原条件下还会产生NH₃、H₂S等有害成分, 会严重影响植物根系的生长。评价堆肥腐熟度的指标主要有以下几大类(李

收稿日期: 2009-06-11 修回日期: 2009-10-20

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2005BA901A09)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of State Tenth Five-Year Plan Project(2005BA901A09)]

作者简介: 陈乾平(1979-), 男, 广西南宁人, 助理研究员, 主要从事土壤与植物营养研究, (E-mail) chenqp79@126.com。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: mjh1962@vip.163.com)

国学等,2001b):(1)化学分析指标(C/N比、水溶性碳、阳离子交换量、pH值、WSC/N-org、化学组成、NO³⁻ and NO²⁻、可降解物质);(2)物理性指标(温度、颜色、气味);(3)微生物指标(指示性微生物、呼吸率、生物量、酶活性);(4)植物性指标(Cress种子发芽率、黑麦草生长、种子发育);(5)光谱分析(固相¹³C NMR、FT-IR、E₄/E₆和-logk);(6)腐殖化度(色谱检验、总腐殖质、HA/FA、腐殖化率(HR)和腐殖化系数(HI))。Zucconi等(1981)认为用生物的方法测定堆肥的毒性是检验正在堆肥的有机质腐熟度的最精确和最有效的方法。

八角(*Illicium verum*)为木兰科(Magnoliaceae)八角属(*Illicium*)植物,是我国南方重要的“药食同源”经济树种,主产于广西西部和南部、福建南部、广东西部,云南东南部和南部也有种植(黄卓民,1994a)。八角果皮、种子、叶都含芳香油,称八角茴香油,用于制造甜香酒、啤酒等食品工业,也是制造牙膏、香皂、香水、化妆品的香料,还是合成雌激素己烷雌酚的原料(黄卓民,1994)。中国八角种植面积、干果产量、茴香油产量分别占世界的78%、80%和80%。目前,提取茴香油后剩余的大量下脚料没有得到有效开发利用,往往作为燃料使用或作为废物随意丢弃,造成资源的大量浪费以及形成突出的环

境问题。八角下脚料由于C/N比较高,因此该单一原料在自然状态堆肥不易达到腐熟。甘蔗滤泥和桐麸均为广西较主要的有机固体废弃物,甘蔗滤泥具有较低的C/N比,而桐麸具有较高的养分含量,甘蔗滤泥和桐麸与八角下脚料联合堆肥将能起到调节肥堆的C/N比,促进肥堆腐熟的作用。目前,尚未发现有关八角提油下脚料堆肥方面的研究报道。因此,本文将八角下脚料与甘蔗滤泥、桐麸按一定比例混合后进行高温好氧堆肥,研究各种指标在堆肥进程中的变化情况,旨为八角下脚料的科学堆肥,以及八角下脚料、甘蔗滤泥、桐麸三种广西重要有机废弃物资源的综合利用提供理论依据和数据参考。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

传统水提法提取茴香油后得到的八角下脚料;甘蔗滤泥来源于广西明阳糖厂;桐麸购自广西南宁全源麸业有限公司;养分含量水平见表1;有机物料腐熟剂由广西大学农学院微生物教研室提供。

1.2 堆肥方法

八角下脚料高温好氧堆肥发酵采用室内堆肥法,实行翻堆通气。肥堆呈长方梯形,长200 cm,宽

表1 堆肥原料养分含量

Table 1 Nutrition content of main material of composting

原料名称 Raw material	全氮 Total N(%)	全磷 Total P(%)	全钾 Total K(%)	总有机碳 TOC(%)	C/N比 C/N ratio
桐麸 Tung seed meal	2.44	0.68	2.45	46.19	18.94
甘蔗滤泥 Filter mud of sugarcane	1.12	1.84	0.27	36.28	32.36
八角提油下脚料 Aniseed marc	0.57	0.25	1.36	47.38	82.83

80 cm,高80 cm。根据有机物料堆肥的最适条件,将肥堆中八角渣:甘蔗滤泥:桐麸干重比设置为4:8:3,经测定混合肥堆中总有机碳和全氮的含量,可计算出此时肥堆C/N比为31.45。将有机物料腐熟剂均匀混入肥堆中。调节堆肥水分至60%。翻堆:当堆体温度超过60℃时翻堆,当堆体温度低于60℃时,间隔4 d翻堆。

1.3 测定项目与方法

(1)测定指标:温度、总有机碳、全氮、种子发芽指数。(2)取样及分析取样:随着堆肥进程,分别在堆制0、6、11、16、21、26、31 d,均匀地从堆体内部取样。样品于阴凉处自然风干,待测。(3)测定方法:温度,堆肥开始的前7 d每天分别于9:00和15:00

测定堆肥温度,从第8天至第31天每天上午9:00测定堆肥温度。在距离堆体最上部约30 cm处取3个测定点,温度计插入堆体30 cm处测温。

全碳采用重铬酸钾氧化法(张梧就等,1989),全氮采用凯氏定氮法测定(中国土壤学会农业化学专业委员会,1983)。

种子发芽指数测定(黄国锋等,2002):取5 g样品加入50 mL蒸馏水充分震荡,30℃条件下浸提1昼夜,过滤。吸取5 mL滤液,加到铺有2张滤纸的9 cm培养皿内。每个培养皿点播50粒饱满的生菜种子于30℃下培养,第48小时测发芽率。对照分别为蒸馏水。

发芽指数GI(%)=堆肥浸提液的种子发芽率

×种子根长×100/(蒸馏水的种子发芽率×种子根长)。

2 结果与分析

2.1 物理分析法

物理分析法亦称表观分析法,即将堆肥的某些表观特征归纳为腐熟标准。在物理评价指标中温度较常用,堆肥温度是微生物活动状况的标志,堆温的高低决定堆肥速度的快慢。新鲜的有机固体废弃物中含有大量致病微生物,如大肠杆菌、病毒及寄生虫等,直接影响堆肥的安全性,但这些致病微生物对温度非常敏感,当堆肥的温度高于 55 ℃,并保持 4 d 以上时,大多数病原菌可被杀死(Deportes 等, 1995)。堆肥的最适宜温度在 50~60 ℃之间,城市固体废物堆肥的最适宜温度为 65~70 ℃(Bachp 等,1984)。

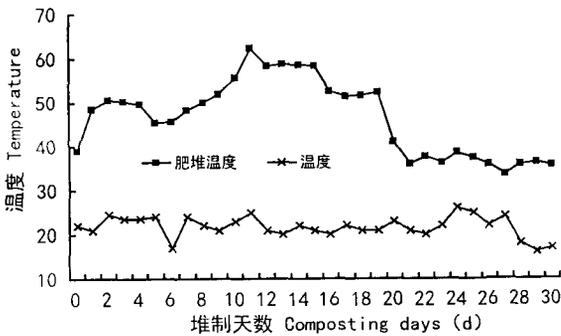


图 1 肥堆温度变化曲线图

Fig. 1 Change of the temperature during composting

从图 1 看出,堆制 2 d 时,堆体温度就已升高到 50 ℃,堆置第 8 天开始,堆体温度开始维持在 50 ℃ 以上,持续时间 14 d,符合相关的卫生标准。Leton 等(1990)认为,堆肥过程中温度应控制在 45~65 ℃ 之间,55~60 ℃ 之间较好。温度过低,杀不死病原菌;温度过高,又会抑制微生物的生长。本试验堆制初期堆体温度上升很快,说明堆体理化性质特别是堆体水分及碳氮比适合微生物生长繁殖,微生物活动强烈,肥堆经升温期很快达到高温期,表现在肥堆堆制 12 d 时温度达到 62 ℃ 的最高值。随着堆肥的进行,肥堆水分被大量消耗,堆制 21 d 后,肥堆温度逐渐自然下降至 35 ℃ 左右,并维持在 35 ℃ 上下较小的范围内,已较接近环境温度,可初步判断堆肥已基本腐熟。

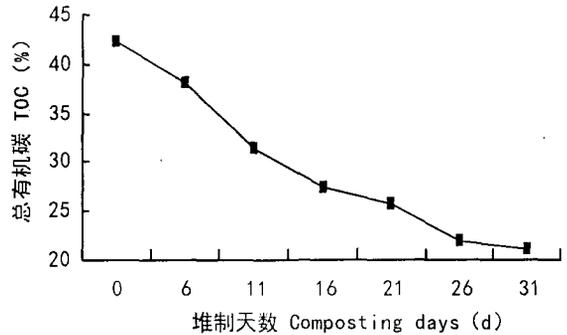


图 2 肥堆总有机碳含量的变化曲线图

Fig. 2 Change of the total organic carbon during composting

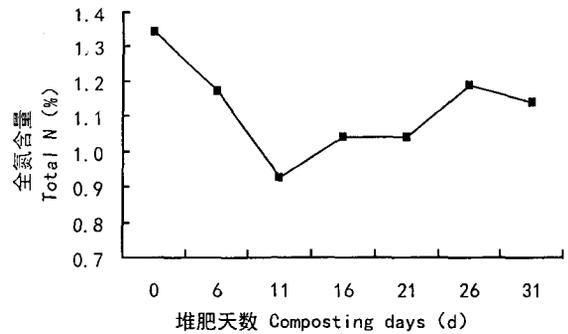


图 3 肥堆全氮含量变化曲线图

Fig. 3 Change of the total nitrogen during composting

2.2 化学分析法

化学分析法指通过分析堆肥产品的某些化学指标来判断堆肥的腐熟度,常用的指标是 C/N 比。堆肥过程中,微生物的新陈代谢和细胞物质的合成需要大量的营养元素和微量元素,碳在微生物新陈代谢过程中约有 2/3 变成二氧化碳而被消耗掉,其余主要用于细胞质的合成,所以堆肥材料中碳素物质为微生物活动提供能源和碳源(武汉大学等,1987)。在好氧堆肥过程中,微生物将有机物转化成为 CO₂、生物量(biomass)、热量和腐殖质(黄得扬等,2004),有机物在微生物作用下以 CO₂、NH₃ 等形式挥发,总有机碳和全氮的绝对量及总干物重呈逐渐减少趋势。从图 2 看出,堆肥开始时肥堆总有机碳含量为 42.19%,堆制 31 d 时总有机碳含量降到 21.09%,比原来降低 50.01%。

从图 3 看出,全氮含量的变化规律与总有机碳变化(图 2)不同,其趋势是先下降,再回升。总的来看,全氮含量在堆制前后略有下降。堆肥开始时的全氮含量为 1.241%,全氮下降阶段(0~16 d)与发

酵的高温(50℃以上)阶段基本一致,这一阶段微生物活动旺盛,消耗氮的速率明显大于总干物质下降速率,导致了全氮相对含量的下降;当进行至17~31 d时,全氮含量呈逐渐回升趋势,这可能是由于在堆肥过程中有机物的矿化分解,CO₂的损失以及水分的蒸发引起干物质的减少而引起的(Inoko等,1979)。堆肥后期固氮菌的固氮作用也有助于堆肥产品全氮量的增加(Bishop等,1983)。

堆肥过程中,碳为微生物的生长提供了能源和碳源,氮主要用于细胞原生质的合成,所以有机物料的C/N比对分解速度有重要影响,堆肥过程中起始时最佳C/N比为25左右,过高可供消耗的碳元素多,氮素养料相对缺乏,微生物生长受到限制,有机物分解速度就慢,发酵过程就长(贺琪等,2005)。Zuconni等(1981b)建议采用 $T=(\text{终点 C/N 比})/(\text{起始 C/N 比})$ 来评价城市垃圾堆肥的腐熟度,不同原料堆肥腐熟后的T值变化不大,在0.5~0.7之间,可认为堆肥腐熟。Morel等(1985)则认为当T值小于0.6时堆肥达到腐熟。从图4看出,堆肥开始时C/N比为31.45,在堆肥过程中,C/N比总体呈逐渐降低趋势,当堆制26 d时,C/N比为18.39,T值0.58,当堆制31 d时,C/N比为18.55,T值为0.59,堆制26 d和31 d的T值均小于0.6,从T值的指标可判断,堆制26 d后堆肥达到腐熟。

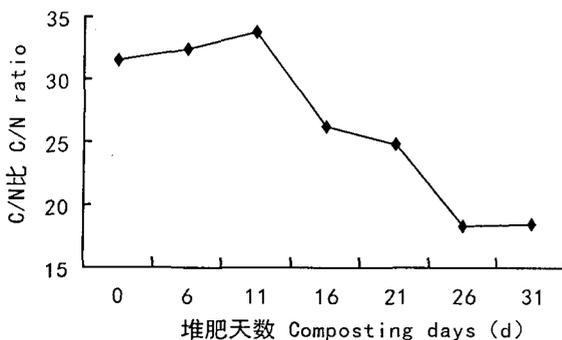


图4 肥堆C/N比变化曲线图

Fig. 4 Change of the ratio of total organic carbon to total nitrogen during composting

2.3 植物生长分析法

仅用化学分析方法评价腐熟度仍显不足,需结合生物分析的方法来进行评价。由于堆制的有机肥料是通过放线菌、细菌等复合菌种经发酵后得到的,复合菌种发酵机理和产物很复杂,其中是否有生物毒素的产生以及其是否对植物有影响,可通过种子发芽率指数 $[GI(\%) = \text{堆肥浸提液} \times$

种子根长 $\times 100 / (\text{蒸馏水的种子发芽率} \times \text{种子根长})$ 来进行初步的判断。从理论上说, $GI < 100\%$,就判断是有毒植物毒性。李国学等(2001c)认为GI在前20 d迅速增长,30 d后植物毒性就几乎完全消失了。在所有状况下,当发芽指数GI达到80%~85%时,这种堆肥就可以认为是没有植物毒性或者说堆肥已腐熟了。

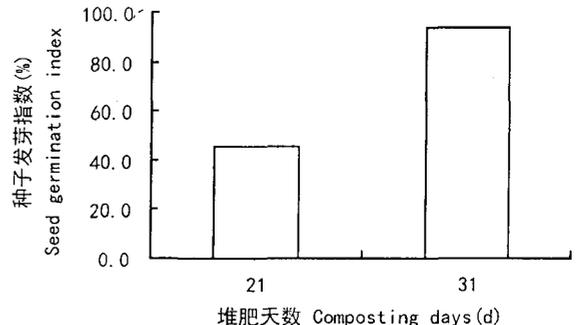


图5 发芽指数GI在堆肥期间的变化

Fig. 5 Change of seed germination index during composting

从图5看出,堆制21 d时,发芽指数GI为45.6%,而堆制堆肥31 d时,发芽指数GI已上升至93.7%,这可能是与发酵剂中的微生物产生的生物毒素[由生物体(动植物、菌体等)产生的各种毒素],主要包括饲料毒素和霉毒素抑制了种子的萌发,而随着堆肥时间的推移,至腐熟时发酵剂所产生的有害物质含量降低或转化成了其它无害物质。堆制31 d时,发芽指数GI达到了80%以上,可认为堆肥对植物基本无毒性。

3 讨论

八角提油下脚料与甘蔗滤泥、桐麸在干重比为4:8:3的比例下进行高温好氧堆肥试验,结果表明,在堆制21 d时,肥堆温度逐渐自然下降至35℃左右,并维持在35℃上下较小的范围内,已较接近环境温度,可初步判断堆肥已基本腐熟;而此时,T值 $[T=(\text{终点 C/N 比})/(\text{起始 C/N 比})]$ 为0.78,仍然大于0.6,可以认为堆肥未腐熟;发芽指数为45.6%,说明堆肥中仍含有抑制植物生长的有害物质。当堆制26 d时,C/N比为18.39,T值为0.58,当堆制31 d时,C/N比为18.55,T值为0.59,堆制26 d和31 d的T值均小于0.6,从T值可判断,堆制26 d后堆肥达到腐熟;当堆制31 d时,发芽指数

GI为93.7%,已大于80%。此时,从温度、发芽指数和C/N比三个指标均可认为堆肥已达到腐熟。

从以上结果看出,应用不同的指标进行八角提油下脚料与甘蔗滤泥、桐麸联合堆肥腐熟度评价时,得到不同的评价结果,这可能是由于堆肥的腐熟度受很多因素的综合影响,单个化学指标的评价只能片面地反映某个阻碍因素的作用,从而难以准确评价有机固体废物堆肥的腐熟度。考虑到堆肥产品最终将用作有机肥进行作物的生产,如果堆肥含有植物毒性物质,将对植物的生长产生抑制作用,也就无法作为肥料应用,而种子发芽指数GI综合反映了堆肥产品的植物毒性,被认为是最敏感、最可靠的堆肥腐熟度评价指标(杨国义等,2003)。

八角提油下脚料与甘蔗滤泥、桐麸联合堆肥可以种子发芽指数GI为堆肥腐熟度主要评价指标,C/N比指标和温度等指标可作为辅助评价指标;在八角提油下脚料与甘蔗滤泥、桐麸在干重比为4:8:3,肥堆起始C/N比为31.45的条件下进行高温好氧堆肥,当堆制31d时,堆肥达到腐熟。

参考文献:

- 中国土壤学会农业化学专业委员会. 1993. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,79
- 李国学,张福锁. 2001. 固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M]. 北京:中国农业出版社,19,139
- 张栢就,龚元石,李小编. 1995. 土壤与植物营养研究动态(第3卷)[M]. 北京:中国农业出版社,319-349
- 武汉大学,复旦大学. 1987. 微生物学[M]. 北京:高等教育出版社,357
- 黄卓民. 1994. 八角[M]. 北京:中国林业出版社
- Huang GF(黄国锋), Wu QT(吴启堂), Meng QQ(孟庆强), et al. 2002. Substance changes and maturity evaluation during pig manure composting(猪粪堆肥化处理的物质变化及腐熟度评价)[J]. *J South China Agric Univ(Nat Sci Edi)*(华南农业大学学报·自然科学版), 23(3):1-4
- Bachp D, Shoda M, Kubot AH. 1984. Rate of composting of dewatered sewage sludge in continuously med isothermal reactor [J]. *J Fermentation Tech*, 6285-292
- Bishop PL, Godfrey C. 1983. Nitrogen transformations during sludge composting [J]. *Biocycle*, 24:34-39
- Deportes I, Benoit Guyod J, Zmirou D. 1995. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review[J]. *Sci Total Environ*, 172:197-222
- He Q(贺琪), Li GX(李国学), Zhang YN(张亚宁). 2005. N loss and its characteristics during high temperature composting(高温堆肥过程中的氮素损失及其变化规律)[J]. *J Agro-Environ Sci*(农业环境科学学报), 24(1):169-173
- Huang DY(黄得扬), Lu WJ(陆文静), Wang HT(王洪涛). 2004. Microbiological mechanism of organic solid wastes composting(有机固体废物堆肥化处理的微生物学机理研究)[J]. *Tech Equipment Environ Pollution Control*(环境污染治理技术与设备), 5(1):12-18
- Inoko A, Miyamatsu K, Sugahara K, et al. 1979. On some organic constituents of city refuse composts produced in Japan[J]. *Soil Sci Plant Nutr*, 25:225-234
- Morel TL, Conlin F, Germon J, et al. 1985. Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost[M]//Gasser JKR. *Composting of Agricultura land Other Wastes*. London & New York: Elscier Applied Science Publishers, 56-72
- Yang GY(杨国义), Xia ZW(夏钟文), Li FB(李芳柏). 2003. Effect of different bulking agents on the maturity of pig manure composting(不同填充料对猪粪堆肥腐熟过程的影响)[J]. *Soil Fertilizer*(土壤肥料), 22(3):29-33
- Zucconi F, Pera A, Forte M, et al. 1981. Evaluating toxicity of immature compost[J]. *Biocycle*, 22:54-57
- darin(*Citrus unshiu* marc.) fruit(柑橘果实遮光处理对发育中的果实光合产物分配、糖代谢与积累的影响)[J]. *Acta Phytophysiol Sin*(植物生理学报), 27(6):499-504
- Hang L(杭玲), Su GX(苏国秀), Xia YS(夏阳升), et al. 2003. Cultivation of tissue cultured seedlings of *Momordica grosvenori* (罗汉果组培苗栽培技术)[J]. *Guangxi Agric Sci*(广西农业科学), (6):70-72
- He KJ(何科佳), Wang ZY(王中炎), Wang RC(王仁才). 2007. Effects of overhead shading in summer on growth and development of Kiwifruit(夏季遮荫对猕猴桃生长发育的影响)[J]. *Hunan Agric Sci*(湖南农业科学), (1):41-43
- Li XZ(李晓征), Hao RM(郝日明), Ren Y(任燕). 2006. Effects of shading on growth and photosynthetic characteristics of *Daphni phyllum macropodum* in different ages(遮荫处理对不同苗龄交让木的生长和光合特性的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), 26(5):499-502
- Liu JL(刘金磊), Li DP(李典鹏), Huang YL(黄永林), et al. 2007. Dtermination of mogrol glycosides from fruits of *Siraitia grosvenorii* in different growing ages by HPLC(HPLC法测定不同生长期罗汉果甙II E, III, V的含量)[J]. *Guihaia*(广西植物), 27(4):665-668
- Makapugay HC, Dhammika Nanayakkara NP, Soejarto DD, et al. 1985. High-performance liquid chromatographic analysis of the major sweet principle of Lohankuo fruits[J]. *Agric Food Chem*, 33:348-350
- Yan XF(阎秀峰), Wang Y(王洋), Guo SL(郭盛磊), et al. 2004. Seasonal variations in biomass and salidroside content in roots of *Rhodiola sachalinensis* as affected in gauze and red film shading(遮荫和红膜处理对高山红景天根生物量和红景天甙含量季节变化的影响)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 15(3):382-386

(上接第888页 Continue from page 888)