

王圆媛,陈书涛,吴 静,等. 不同品种对冬小麦秸秆分解系数的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):315-318.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.06.103

# 不同品种对冬小麦秸秆分解系数的影响

王圆媛,陈书涛,吴 静,刘义凡

(南京信息工程大学环境科学与工程学院,江苏南京 210044)

**摘要:**选取 6 个品种的小麦秸秆,设置 4 个秸秆添加梯度,测定土壤添加秸秆后  $\text{CO}_2$ -C 的排放总量。结果表明,添加不同品种、不同量小麦秸秆的土壤 C 排放量明显高于未添加秸秆的处理(对照),小麦秸秆的分解增加了土壤 C 的排放;不同品种冬小麦秸秆的分解系数存在较大差异,最高分解系数是最低分解系数的 1.97 倍;冬小麦秸秆的分解系数与土壤 pH 值存在极显著的一元线性回归关系,分解速度快的冬小麦秸秆其对应的土壤 pH 值越高。

**关键词:**品种;冬小麦;秸秆;分解系数;pH 值;土壤;碳排放

**中图分类号:**X712 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)06-0315-03

温室气体排放引起的全球变暖已引起当前世界各国的广泛关注。 $\text{CO}_2$  是最主要的温室气体,大气中  $\text{CO}_2$  浓度出现逐年增加,与全球碳平衡过程密切相关。土壤  $\text{CO}_2$  排放是重要的碳排放源,土壤排放的  $\text{CO}_2$  有相当一部分来自植物残体的分解。农田生态系统中作物秸秆的分解是土壤  $\text{CO}_2$  排放的重要组成部分,了解不同作物秸秆在农田土壤中的分解规律对建立农田生态系统碳循环模型具有一定的参考价值,对合理管理作物秸秆也具有一定的指导作用。目前,国内外研究多集中在水土条件、土壤类型、肥料施用等<sup>[1-6]</sup>对植物残体分解的影响<sup>[7]</sup>,针对农田生态系统中作物秸秆分解系数的研究并不多见,尤其缺乏作物品种对秸秆分解系数影响的研究。本试验通过在农田土壤中添加不同品种的小麦秸秆,观测土壤  $\text{CO}_2$  排放的时间变异规律,分析不同品种冬小麦秸秆的分解系数及其影响因素,从而为更准确地模拟农田生态系统碳平衡、合理管理作物秸秆提供基础数据和理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验在南京信息工程大学农业气象站(32.16°N,118.86°E)试验田进行,土壤 pH 值为 6.3,有机碳和全氮含量分别为 19.4、1.45 g/kg。小麦品种为淮麦 19 号(HM19)、淮麦 20 号(HM20)、淮麦 24 号(HM24)、济麦 22 号(JM22)、温麦 6 号(WM6)和烟龙 9 号(YL9),各品种秸秆 C、N 含量见表 1。

### 1.2 试验设计

以土钻钻取试验地 0~20 cm 表土,剔除土壤中的残根及凋落物等;土壤自然晾干,用研钵磨碎过 2 mm 筛备用;分别称 60 g 土样置于 820 mL、口径为 79 mm 的 75 个广口玻璃瓶中,注入 20 mL 水,使土壤含水量为 25%;将广口瓶置于

表 1 6 个小麦品种秸秆的 C、N 状况

小麦品种	C (g/kg)	N (g/kg)	C/N
HM19	415.5	8.1	51.0
HM20	426.8	7.2	59.3
HM24	419.2	10.0	41.8
JM22	421.1	7.1	59.7
WM6	415.8	9.1	45.6
YL9	411.5	6.6	62.3

25℃ 恒温恒湿箱中培养,并按称重法保持土壤含水量为 25%;培养 9 d,在瓶中分别添加 0.6、1.2、1.8、2.4 g 的各小麦秸秆,设不添加秸秆的处理为对照(CK)。每个处理重复 3 次。

### 1.3 土壤 $\text{CO}_2$ 排放速率的测定

采用美国 Miller 公司产 SoilBox-FMS-1201-04 便携式土壤  $\text{CO}_2$  排放量测量系统,分别在添加秸秆后 1、2、4、6、8、11、17、24、31 d 测定土壤  $\text{CO}_2$  排放速率。测定时通过导管将系统连接到待测玻璃瓶上,根据玻璃瓶内土壤  $\text{CO}_2$  浓度随时间的变化计算出土壤  $\text{CO}_2$  排放速率。累积  $\text{CO}_2$ -C 排放量为添加秸秆后单位质量土壤释放出的碳(C)量,单位为 mg/g。

### 1.4 理化性质测定

试验前,用元素分析仪测定秸秆的碳氮含量;培养结束,用 TOC 仪测定土壤水溶性有机碳(DOC),用电位测定法测定土壤的 pH 值。

### 1.5 数据分析

为便于比较土壤  $\text{CO}_2$  排放量与秸秆含碳量,测定得到的  $\text{CO}_2$  排放量均转化为以 C 形式计量的排放量。采用 Excel 2003 绘制图表,并对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 冬小麦秸秆分解过程中土壤 C 的排放规律

由图 1 可见,添加不同品种不同量的小麦秸秆,土壤 C 排放量都明显高于对照,小麦秸秆分解增加了土壤 C 的排放;各处理土壤 C 排放量随培养天数的增加而增加;培养前期,不同处理间的排放量差异较小,随培养天数的增加,各处理间 C 排放差异逐渐增大;整个培养过程中,土壤持续释放  $\text{CO}_2$ ,土壤累积 C 排放量呈增加趋势。

收稿日期:2014-07-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:41375006、41175136);江苏省“青蓝工程”项目。

作者简介:王圆媛(1990—),女,江苏涟水人,硕士,从事生态系统碳氮循环研究。E-mail:wangyuanyuan855@163.com。

通信作者:陈书涛,博士,副教授,主要从事全球变化生物学研究。E-mail:chenstyf@aliyun.com。

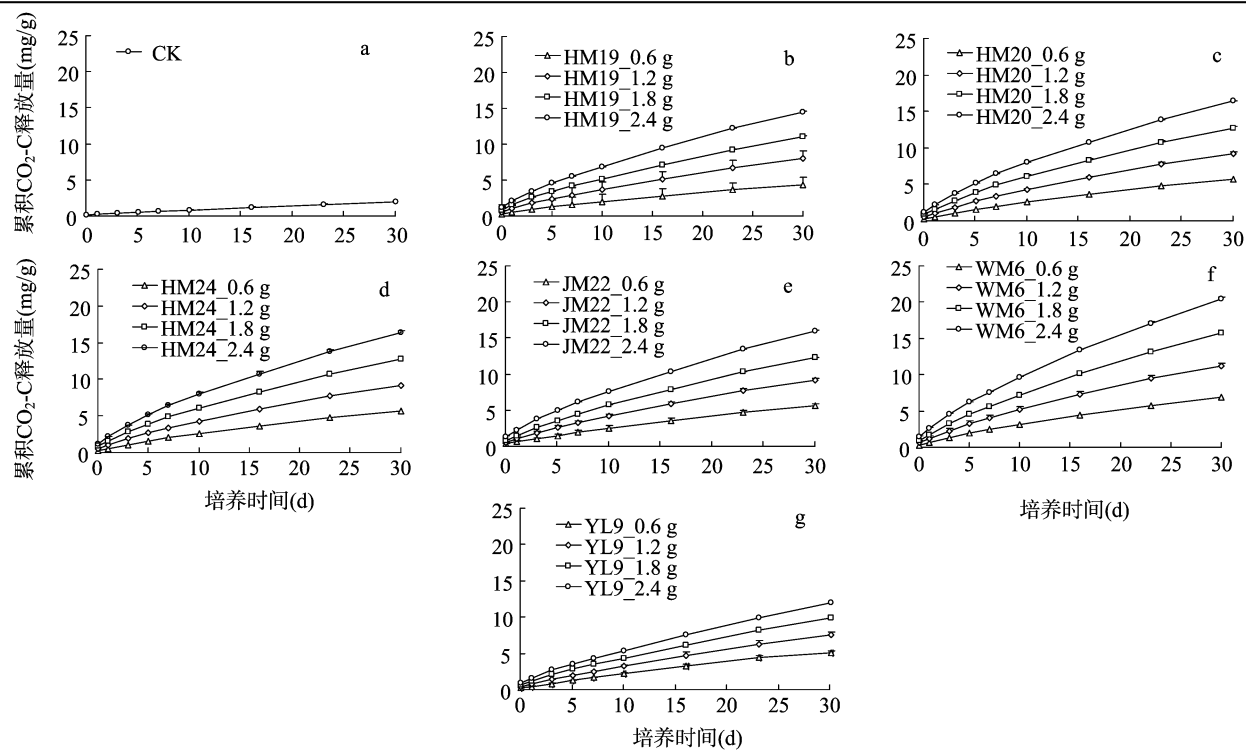


图 a 至图 g 分别表示对照、淮麦 19 号 (HM19)、淮麦 20 号 (HM20)、淮麦 24 号 (HM24)、济麦 22 号 (JM22)、温麦 6 号 (WM6) 和烟龙 9 号 (YL9) 不同添加秸秆量的累积  $\text{CO}_2\text{-C}$  释放量

图1 不同培养天数累积 $\text{CO}_2\text{-C}$ 的释放量

2.2 冬小麦秸秆的分解系数

以土壤  $\text{CO}_2\text{-C}$  排放量为纵坐标,以秸秆添加量为横坐标,得到土壤 C 排放量与秸秆添加量之间的线性回归方程,其斜率即为秸秆分解系数,表示在单位质量土壤上添加单位质量秸秆所释放出的  $\text{CO}_2\text{-C}$  的量。由图 2 可见,土壤累积 C 排放量随秸秆添加量的增加而增大,回归方程决定系数  $r^2$  值

均在 0.99 以上;冬小麦 HM19、HM20、HM24、JM22、WM6、YL9 秸秆的分解系数分别为 5.57、5.49、5.94、5.70、7.52、3.82  $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{g})$ ,冬小麦 HM19、HM20、HM24、JM22 秸秆的分解系数无明显差异,均低于 WM6,高于 YL9;WM6 冬小麦秸秆的分解系数为 YL9 的 1.97 倍。

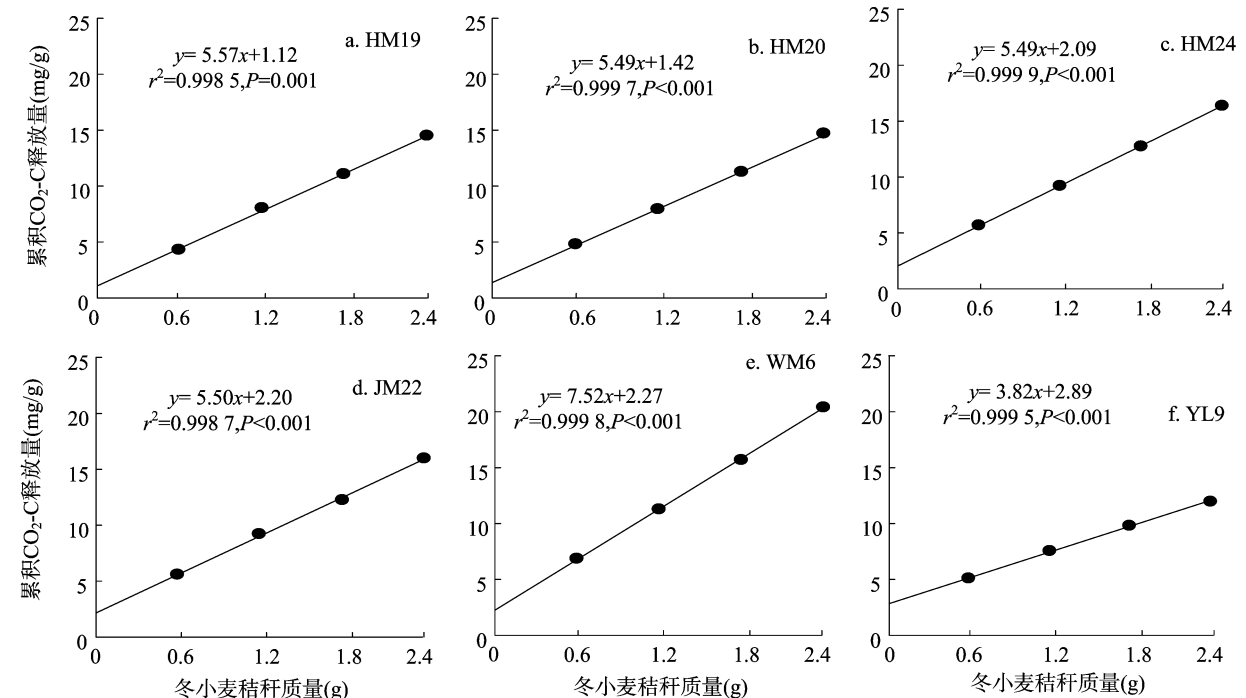


图2 累积  $\text{CO}_2\text{-C}$  释放量与冬小麦秸秆质量的关系

### 2.3 冬小麦秸秆分解系数及土壤 C 排放的影响因素

由图 3 可见,不同冬小麦秸秆的分解系数与培养土壤 pH 值进行回归分析发现,分解系数随土壤 pH 值增大呈线性增加,决定系数  $r^2 = 0.936$ ,  $P$  值达到极显著差异水平,较高 pH 值对应的分解系数较高。这说明在土壤中秸秆分解可提高土壤的 pH 值,土壤 pH 值可作为秸秆分解速率的指示指标。

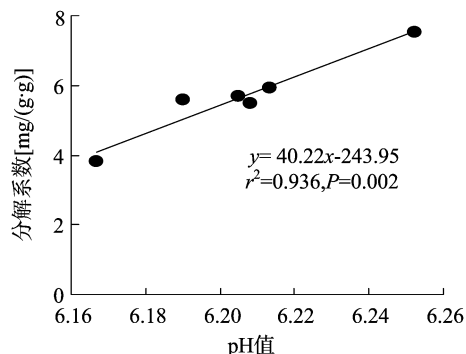


图3 不同品种冬小麦秸秆分解系数与 pH 值的关系

由图 4 可见,将不同秸秆类型、秸秆添加量下所有处理的土壤累积 C 排放量与 DOC 进行回归分析,决定系数  $r^2$  值为 0.906,  $P$  值达到极显著差异水平;土壤 C 排放量随土壤 DOC 含量的增大而呈对数形式增加,较高 DOC 含量对应的土壤排放出的 C 量也较高;土壤中添加的秸秆量越大,由秸秆分解所释放到土壤溶液中的 DOC 含量越高,并且释放到空气中的 C 的量也增大。因此,易分解的秸秆分解到土壤溶液中的 DOC 量相对较多,释放到空气中的 C 量也相对更大。

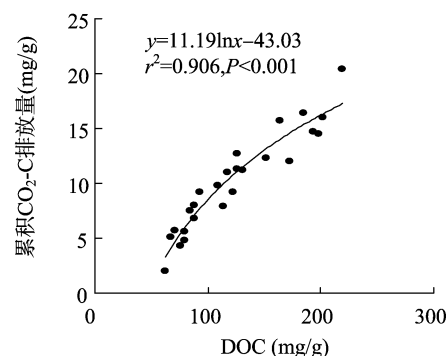


图4 冬小麦秸秆累积CO<sub>2</sub>-C释放量与土壤水溶性有机碳含量的关系

### 3 结论与讨论

在秸秆分解过程中,添加不同品种不同量的小麦秸秆,土壤 C 排放量明显高于对照,小麦秸秆的分解增加了土壤的 C 排放。在培养试验前期,不同处理间排放量差异较小,随培养天数的增加,各处理间 C 排放差异逐渐增大。不同品种的冬小麦秸秆分解系数存在较大差异,最高分解系数是最低分解系数的 1.97 倍。冬小麦秸秆分解系数与土壤 pH 值存在极显著的一元线性回归关系,冬小麦秸秆分解速度越快,土壤 pH 值会越高,说明土壤 pH 值可作为秸秆分解速率的指示指标。

针对有机物料分解的研究主要集中在环境因子对物料分解的影响<sup>[8-17]</sup>,如王允青等研究不同秸秆还田方式下作物秸秆的腐解特征,认为填埋秸秆的分解速度快于露天施用秸

秆<sup>[15]</sup>;黄耀等研究温度和水分对水稻和小麦秸秆分解的影响,发现温度有效地促进了秸秆分解,水分过多或过少会造成淹水或干旱状态,会导致秸秆的分解速度下降<sup>[16]</sup>;Parton 等根据 11 种一年生植物残体的分解进行测定,结果表明,可用植物残体初始木质素含量和氮含量的比值确定该物料的易分解比例<sup>[17]</sup>,而黄耀等则认为,不同植物残体的分解常数可用全氮含量及木质素含量的线性组合来定量表示<sup>[7]</sup>。在以往研究中,人们大多关注不同有机物料种类对其分解速度的影响,而针对作物品种对秸秆分解影响的研究尚不多见。不同作物品种在株高、碳氮含量、吸收养分能力等方面的差异可能会造成作物秸秆分解时表现出不同的分解速度,本研究证实了不同品种作物秸秆的分解系数存在差异。基于此,在建立农田生态系统土壤碳平衡模型时,不仅要考虑不同作物种类分解系数的差异,还要考虑作物品种之间分解系数的差异,以使模拟结果更符合实际情况。

### 参考文献:

- [1] Lloyd J, Taylor J A. On the temperature dependence of soil respiration [J]. Functional Ecology, 1994, 8(3): 315 - 323.
- [2] Reichstein M, Bednorz F, Broll G, et al. Temperature dependence of carbon mineralization: conclusions from a long - term incubation of subalpine soil samples [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32(7): 947 - 958.
- [3] Parshotam A, Saggarr S, Searle P L, et al. Carbon residence times obtained from labelled ryegrass decomposition in soils under contrasting environmental condition mental conditions [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32(1): 75 - 83.
- [4] 黄东迈, 朱培立, 王志明, 等. 旱地和水田有机碳分解速率的探讨与质疑 [J]. 土壤学报, 1998, 35(4): 482 - 492.
- [5] Kwabiah A B, Voroney R P, Palm C A, et al. Inorganic fertilizer enrichment of soil: effect on decomposition of plant litter under subhumid tropical conditions [J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 30(3): 224 - 231.
- [6] Ågren G I, Bosatta E, Magill A H. Combining theory and experiment to understand effects of inorganic nitrogen on litter decomposition [J]. Oecologia, 2001, 128(1): 94 - 98.
- [7] 黄耀, 沈雨, 周密, 等. 木质素和氮含量对植物残体分解的影响 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(2): 183 - 188.
- [8] Chambers J Q, Higuchi N, Schimel J P, et al. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central amazon [J]. Oecologia, 2000, 122(3): 380 - 388.
- [9] Cheshire M V, Bedrock C N, Williams B L, et al. The immobilization of nitrogen by straw decomposing in soil [J]. European Journal of Soil Science, 1999, 50(2): 329 - 341.
- [10] Bending G D, Turner M K, Jones J E. Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2002, 34(8): 1073 - 1082.
- [11] Georgieva S, Christensen S, Petersen H, et al. Early decomposer assemblages of soil organisms in litterbags with vetch and rye roots [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2005, 37(6): 1145 - 1155.
- [12] 李新举, 张志国, 李贻学. 土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响 [J]. 土壤学报, 2001, 38(1): 135 - 138.

陈明江,高庆生,曲浩丽,等. 县域秸秆燃料化利用模式分析与发展建议[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):318-320.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.06.104

# 县域秸秆燃料化利用模式分析与发展建议

陈明江<sup>1</sup>,高庆生<sup>1</sup>,曲浩丽<sup>1</sup>,陈永生<sup>1</sup>,王 燕<sup>2</sup>

(1. 农业部南京农业机械化研究所,江苏南京 210014;2. 南京连弛生物能源有限公司,江苏南京 210022)

**摘要:**县域秸秆燃料化利用模式的优势在于建立了完善的运作机制,涵盖了秸秆从收集、储运、加工到利用的整个产业链。对该模式的结构和特点进行分析,为进一步降低秸秆收储成本、提升秸秆利用率、增加秸秆利用价值提出建议。

**关键词:**秸秆;燃料化利用;县域;结构;特点

**中图分类号:** X712 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)06-0318-03

生物质能是仅次于煤炭、石油和天然气的第四大能源,在世界能源系统中占有重要地位<sup>[1-2]</sup>。中国是一个农业大国,每年秸秆理论资源量约为8.2亿t<sup>[3]</sup>。江苏省秸秆资源量位居全国第四,年产秸秆约0.4亿t。2012年,秸秆综合利用量达0.324亿t,综合利用率约81%,其中能源化利用秸秆0.1105亿t,占综合利用量的34.1%,折合标煤约500万t<sup>[4]</sup>。

生物质能转化利用的方式多种多样(图1)。秸秆固化成型燃料加工技术,是在一定温度和压力作用下,利用木质素充当黏合剂,将松散的秸秆、树枝和木屑等农林生物质压缩成棒状、块状或颗粒状的成型燃料。压缩后的成型燃料体积缩小1/8~1/6<sup>[5]</sup>,方便运输和贮存,能源密度相当于中质烟煤,燃烧特性明显得到改善,提高了利用效率。因此,秸秆固化成型技术既可以改变农村生活用能结构和方式,又能够降低直接燃烧秸秆对环境所造成的污染,具有很高的经济效益和生态效益。

## 1 县域秸秆燃料化利用模式结构分析

农业部南京农业机械化研究所在项目实施过程中,围绕秸秆燃料化利用产业,重点研究秸秆的收集、加工装备和利用技术,提高秸秆收集、加工效率,降低劳动强度,减少收集、加工成本,提升利用价值,逐步探索出一套“县域秸秆燃料化利用模式”(图2),并开展了应用研究。与传统秸秆燃料化利用

模式相比,该模式覆盖了从秸秆收集到成型燃料加工、利用和伴生产品的深加工利用全程,更有利于充分调动各方资源积极性和实现经济效益。

### 1.1 秸秆收集

秸秆的收集采用分散收储模式(图3)<sup>[6-7]</sup>。遵循“两不找”原则,即承租人 not 找农户,农户 not 找承租人。农户自行将稻麦秸秆收拢集中,经纪人(收储中介)上门收购秸秆,将秸秆收集后交给秸秆加工专业户(秸秆加工厂承租人),经纪人(收储中介)的劳动报酬由秸秆加工专业户支付。

### 1.2 产品加工点的设立

以村为单位设立秸秆成型燃料加工厂,投资商提供成型燃料加工设备和厂房。专业户对加工厂进行承包,以“物换物”的方式支付租金。同时,投资商与秸秆加工专业户签订协议,超额完成成型燃料加工额度由投资商进行奖励。以镇为单位设置秸秆颗粒气化电站,进行秸秆发电,以县为单位设置伴生产品加工厂,对秸秆煤炭气化过程中产生的木焦油和木醋酸等副产品进行再加工。

### 1.3 资金与设备来源

该运行模式主体主要可分为运营商(投资商)、农户、秸秆加工专业户、秸秆利用企业等,由运营商(投资商)提供设备或资金,秸秆加工专业户对秸秆加工厂进行承租,农民可以用秸秆换成成型燃料,也可以折算成现金,秸秆加工专业户以成型燃料替代现金支付加工厂租金。

### 1.4 产品的销售去向

**1.4.1 生物质电厂** 秸秆加工厂的主要产品有秸秆块、秸秆颗粒,秸秆块主要销往各类电厂、水泥厂、造纸厂和各种单位锅炉,秸秆颗粒成型燃料主要用于气化电站。根据江苏省目前秸秆资源可利用量,考虑到秸秆收购半径的限制,江苏省可建秸秆电厂的装机容量约为1500MW<sup>[8]</sup>。由于国家政策规

收稿日期:2014-07-09

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2012430、BE2014730)。

作者简介:陈明江(1984—),男,江苏高邮人,助理研究员,主要从事生物质转化利用装备研究。E-mail:cmj\_cn@163.com。

通信作者:陈永生,研究员,主要从事生物质转化利用装备研究。E-mail:cys003@sina.com。

[13] 陈兴丽,周建斌,刘建亮,等. 不同施肥处理对玉米秸秆碳氮比及其矿化特性的影响[J]. 应用生态学报,2009,20(2):314-319.

[14] 陈兴丽,周建斌,王春阳,等. 黄土高原区几种不同植物残落物碳、氮矿化特性研究[J]. 水土保持学报,2010,24(3):109-112,126.

[15] 王允青,郭熙盛. 不同还田方式作物秸秆腐解特征研究[J]. 中

国生态农业学报,2008,16(3):607-610.

[16] 黄 耀,刘世梁,沈其荣,等. 环境因子对农业土壤有机碳分解的影响[J]. 应用生态学报,2002,13(6):709-714.

[17] Parton W J, Schimel D S, Cole C V, et al. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands[J]. Soil Science Society of America Journal, 1987, 51(5):1173-1179.