

华北还田夏玉米秸秆快速启动腐熟的研究

杨莉琳^{1,2}, 丁新泉¹, 张晓媛³, 刘小京^{2*}

(1. 铜仁学院, 贵州 铜仁 554300; 2. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 农业水资源重点实验室, 河北省节水重点实验室, 河北 石家庄 050021; 3. 河北化工医药职业技术学院, 河北 石家庄 050026)

摘要: 通过连续2年的室内试验和田间试验相结合的方法, 探索玉米秸秆快速腐熟启动的条件。研究结果表明, 土壤是秸秆腐熟的主要载体, 玉米秸秆在有土壤的环境中比相同条件下没有土壤培养100 d的腐熟率高45%。厌氧条件比好氧条件下玉米秸秆腐熟提高1.1~1.3个百分点。施用37.5 kg/hm²腐熟配方E(主效成分为纤维素菌和真菌的菌剂以及保水剂、氮素、和微生物磷钾肥的助剂), 在夏玉米秸秆还田4周和8周时腐解率为23.6%和33.1%, 比不施用腐熟配方的处理高14和17.4个百分点。至下茬小麦收获期, 还田玉米秸秆的腐解率为87.1%~88.4%, 一年后腐解率达94%~99%。与不施用腐熟配方的处理相比, 玉米秸秆腐熟配方可促使小麦的出苗率提高9.7%; 有效分蘖数增加19.5%; 幼苗冻死率降低1.64个百分点; 小麦的株高、穗长和千粒重分别提高0.8 cm、0.25 mm和1.3 g。连续施用腐熟配方E 2年, 可提高冬小麦产量5.2%~12.5%, 提高玉米产量5.7%~10.1%。腐熟配方E是值得在华北平原高产区推广应用的高效腐熟配方。

关键词: 秸秆还田; 微生物; 快速腐解; 菌剂

中图分类号: S141.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257(2015)06-0133-06

我国的玉米秸秆年产量近8亿t, 与发达国家和许多发展中国家相比, 秸秆利用率很低^[1-2]。10多年前, 作物秸秆经常作为农业废弃物焚烧, 不仅烧掉秸秆本身所含的有机质, 而且还破坏了土壤中的部分有机质和有利的土壤微生物^[3-4]。造成了土壤水分蒸发及土壤恶化, 焚烧秸秆产生的浓烟污染空气。近年来, 国内各地出台措施严禁焚烧秸秆, 多数地区落实推广玉米秸秆还田措施, 旨在实现农业废弃物资源化利用。但是, 玉米秸秆粉碎后直接还田, 自然条件下腐解速度缓慢。在华北平原实行冬小麦-夏玉米一年两熟轮作制度, 高产区玉米秸秆每年约13.2~15.7 t/hm², 中低产区7.2~9.5 t/hm², 玉米收获后紧接着种植冬小麦, 而同期气温和地温逐日快速下降, 进入秋冬季节。在干旱且

低温的条件下, 玉米秸秆腐熟缓慢, 大量还田玉米秸秆残留在土壤耕作层, 影响了下茬冬小麦的出苗和生长。田间经常出现小麦缺苗断垄现象。为此, 探索还田夏玉米秸秆快速腐熟技术具有非常重要的意义。

运用秸秆腐熟剂是目前国内外探索应用秸秆还田常用的方法, 腐熟剂多采用现代化学和生物技术, 经过特殊的工艺生产, 富含专性高效微生物菌剂。其特点是专性微生物菌剂在适宜条件下腐解玉米秸秆, 释放养分, 提高土壤肥力^[5-6]。不同腐熟剂的主效菌剂不同, 腐熟效果差异很大^[7-9]。其次, 不同腐熟剂对水分、温度、土壤、光照、环境等要求和反应差异很大^[10]。为此, 本研究旨在探索华北平原高产区冬小麦-夏玉米轮作制度下夏玉米秸秆全量还田后的快速腐熟技术, 通过筛选玉米秸秆高效腐熟剂及探寻相应的配套技术集成, 为保护性耕作技术提供配套的玉米秸秆快速腐熟技术措施。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试秸秆: 选取收获夏玉米时机械粉碎还田的新鲜玉米秸秆, 秸秆长度约5 cm。供试土壤: 河北

收稿日期: 2015-01-20; 最后修订日期: 2015-07-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270521); 国家科技支撑项目(2012BAD05B0202)。

作者简介: 杨莉琳(1967-), 女, 河北人, 博士, 教授, 主要从事植物营养与环境生态方面的研究。E-mail: yangllin@sjziam.ac.cn。

并列第一作者: 张晓媛(1971-), 女, 河北唐山人, 硕士, 副教授, 主要从事化学分析。E-mail: zhangxyhb@126.com。

通讯作者: 刘小京, E-mail: xjliu@sjziam.ac.cn。

省栾城县中国科学院栾城试验站多年实施小麦-玉米轮作的农田。室内试验取自同一地块 0~20 cm 耕层土壤。2008 年试验开始时共设 10 个处理 (表 1), 包括秸秆腐熟菌剂和助剂, 菌剂的主要成分是纤维素菌、真菌、放线菌和细菌 (表 1), 助剂 1 主要成分是氮素和保水剂, 助剂 2 主要成分是微肥。菌剂: 氮: 保水剂: 微肥的比例为 1:0.5:1.05:0.2。

表 1 不同腐熟配方设计方案

代码	菌剂有效成分	菌剂有效成分	助剂 1	助剂 2
CK			-	-
A	纤维素酶	真菌	-	+
B	细菌	酵母菌	-	+
C	细菌	放线菌	-	+
D	细菌	放线菌	+	+
E	纤维素酶	真菌	+	+
F	细菌	酵母菌	+	+
G	纤维素酶	真菌	+	-
H	细菌	酵母菌	+	-
I	细菌	放线菌	+	-

注: + 为添加, - 为没有添加

1.2 室内试验

室内试验在中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心实验室进行。将表 1 所列的 10 个处理置于室内 4 个控制条件, 无土不透水不透水 (ANW); 无土透气不透水 (AEW); 掺土不透水不透水 (SANW) 和掺土透气不透水 (SAEW)。3 次重复。随机排列。将 2.0 g 风干玉米秸秆装入塑料盒, 按照秸秆:土壤 1:120 的比例掺入取自小麦-玉米轮作地的土壤。腐熟配方用量为 0.4 g, 加蒸馏水调节土壤含水量为 20%~22%。处理 ANW 和 SANW 保鲜膜封口, 处理 AEW 和 SAEW 用通气不透水的进口膜封口。静置于 15℃ 培养室黑暗条件下培养 100 d, 培养期间不添加任何物料。试验结束后取出, 移除封口膜, 立即从土壤中分拣并冲洗净秸秆粘附的泥土。烘干称重, 计算秸秆残留率。

1.3 田间试验

大田试验于 2008 年 10 月~2010 年 10 月在中国科学院栾城生态试验站进行。试验站地理位置 N 37°50', E 114°40', 海拔高度 50.1 m。属中国东部暖温带半湿润季风气候, 年平均气温 12.2℃, 降水量 536.8 mm, 无霜期 200 d 左右。土壤为草甸褐土, 试验前土壤有机质 1.51 g/kg; 全氮 0.10 g/kg, 有效磷 (P) 9.33 mg/kg, 速效钾 (K) 95.6 mg/kg。耕作制度为冬小麦-夏玉米 1 年 2 熟轮作

制, 有灌溉条件。

2008~2009 年的田间试验, 试验前夏玉米秸秆 13.4 t/hm² 全量机械粉碎还田, 田间作业时秸秆粉碎、还田同时进行, 还田后的秸秆基本均匀铺覆在地表, 施肥后旋耕入土。将表 1 的 10 个处理的腐熟配方分别与肥料掺混后撒施在相应试验小区的夏玉米秸秆上。腐熟配方 37.5 kg/hm²; 冬小麦-夏玉米每季 N 100 kg/hm², 基追肥各占 50%, 冬小麦在拔节期追肥, 夏玉米在大喇叭口期追肥。磷肥 (P₂O₅) 70 kg/hm², 全部作基肥于小麦播前一次施入, 基肥用磷酸二铵, 追肥用尿素, 不施钾肥。试验小区顺序排列, 3 次重复, 小区面积 7.2 m×7.2 m。按照当地常规方式, 灌溉 40 mm, 旋耕 2 次, 小麦播种量 262.5 kg/hm²。

2009~2010 年根据上年研究结果, 重点重复试验处理 CK、A、E、F, 3 次重复。其它施肥、灌溉、耕作等管理措施与上年度相同。

分别于 2009 年和 2010 年 6 月初和 9 月底收获小麦和玉米, 小麦取样面积为 5 m², 玉米取样面积为 10 m²。单打单收, 脱粒风干后考种。

1.4 田间埋袋试验

2008~2009 年埋袋试验。于 2008 年 10 月种麦后埋袋, 将 1.2 所述的室内试验 10 个处理用于大田埋袋试验, 用尼龙网袋取代塑料盒, 于小麦出苗后埋在试验田块的保护区 (不施肥) 的小麦行间, 埋入深度约 15~20 cm。分别在冬小麦和夏玉米的收获期取样。用风干失重法测定秸秆残留量, 计算玉米秸秆的分解率。

2009~2010 年埋袋试验处理, 于 2009 年 10 月种麦后埋袋, 将 1.2 所述的室内试验中 4 个处理 CK、A、E、F 运用于大田埋袋试验, 操作方法与上年相同, 分别在埋袋后 1、2、4、8、23、35 和 49 周取样, 共 7 次。

1.5 统计与分析

所有数据均采用 SAS 8.0 软件进行方差分析和 LSD 检验显著性。

2 结果与分析

2.1 玉米秸秆腐熟条件的筛选

室内试验表明, 在其他条件相同情况下, 玉米秸秆不接触土壤的腐解率显著低于秸秆掺混在土壤中的处理, 在土壤环境中玉米秸秆的腐熟率比没有土壤提高 45%, 可见土壤是玉米秸秆快速腐熟的主

要载体。厌氧条件比好氧条件的秸秆腐熟率平均提高 1.1~1.3 个百分点 (图 1)。10 个处理中, A、E、F 无论是好氧还是厌氧条件下的秸秆残留量均

较低, 在无土条件下, 比 10 个处理的平均腐熟率高 0.1~10.8 个百分点, 在加入土壤条件下, 比 10 个处理的平均腐熟率高 7.6~27.5 个百分点。

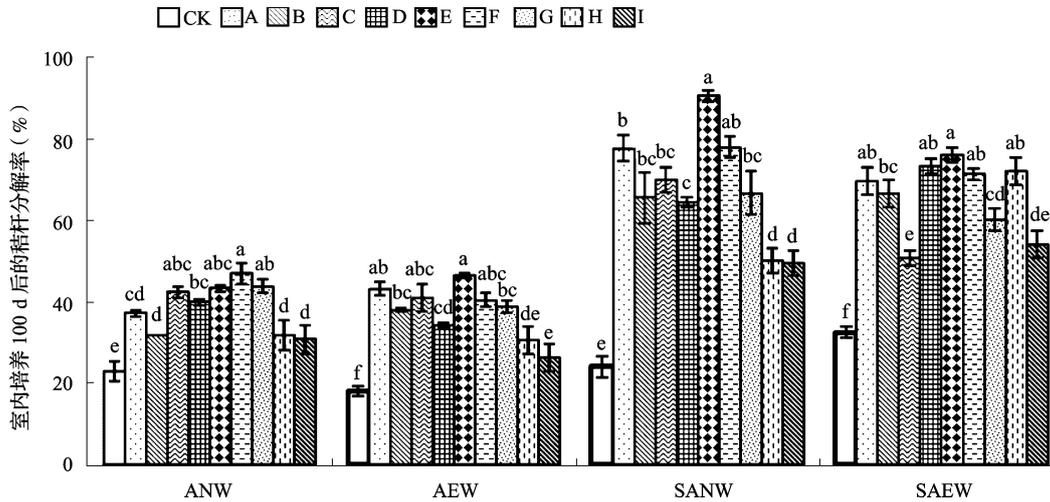


图 1 不同处理不同条件下夏玉米秸秆的腐熟效果

注: 图柱上小写字母不同表示处理间差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.2 玉米秸秆还田后腐熟效率

在 2008~2009 年小麦收获时, 施用腐熟配方的玉米秸秆平均残留率为 11.6%~15.7%, 其中, 处理 A、E、F 的秸秆残留率分别是 12.2%、11.6% 和 12.2%, 低于其它处理。夏玉米收获时, 施用腐熟配方的玉米秸秆平均残留率为 0.6%~2.8%, 其中, 处理 E、F 的秸秆残留率分别比对照低 75.6% 和 78% (图 2, A)。

在 2009~2010 年的田间埋袋试验 (图 2, B) 表明, 处理 A、E、F 在还田后 4 周的秸秆残留率分

别比对照降低 7.3、14 和 2 个百分点, 在还田后 8 周的秸秆残留率分别比对照低 15.4、17.4 和 12.4 个百分点。可见, 处理 E 能明显快速启动腐熟反应。到 36 周小麦收获时, 处理 A、E、F 的玉米秸秆残留率分别为 15.5%、12.9% 和 16.7%, 比对照降低 4、7 和 3 个百分点。施用后 53 周, 即下一季夏玉米收获时, 处理 A、E、F 的秸秆残留率分别是 1.6%、0.9% 和 2.3%, 比对照处理秸秆残留率低 1.4、2.7 和 1 个百分点。综合 2 年田间埋袋试验结果, 以配方 E 的腐熟效果优于其他处理。

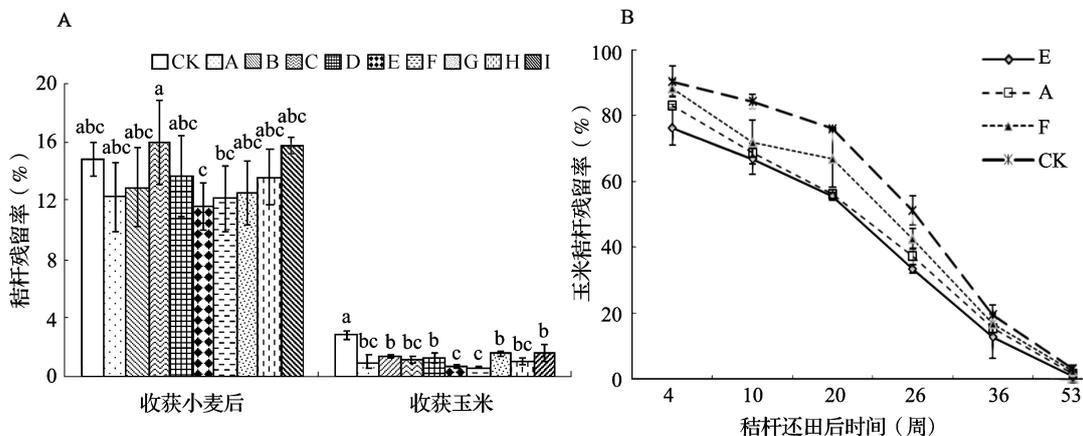


图 2 不同腐熟处理的夏玉米秸秆还田后的腐熟效果 (A 为 2008~2009 年; B 为 2009~2010 年)

2.3 玉米秸秆腐熟处理对下茬冬小麦生长的影响

连续 2 年的大田试验结果表明, 不同处理对下茬冬小麦的生长性状及产量影响显著, 从 2009

年小麦考种综合结果 (表 2) 分析, 处理 A、E 和 F 对下茬冬小麦的生长及产量性状的效果总体优于其他处理。在 2010 年的田间试验表明, 施用腐

熟处理 A、E、F 小麦幼苗的生长发育以及抗寒性优于对照 CK (表 3, 图 3)。3 个腐熟处理间的冬小麦的基本苗没有差异, 比对照提高 9.7%; 腐熟处理 E、A、F 的有效分蘖数分别比处理 CK 提高 19.5%、17% 和 3.7%。2009 年 12 月, 华北平原遭遇了 30 年不遇的大雪灾情, 导致该地区冬小

麦幼苗冻伤严重。小麦返青期田间调查结果显示, 施用玉米秸秆腐熟配方可显著提高冬小麦幼苗的抗寒性, 幼苗冻死率比对照降低 0.9 ~ 1.64 个百分点, 在 3 个腐熟处理中, 处理 E 的冬小麦幼苗死亡率最低 (表 3, 图 3)。

表 2 不同腐熟处理对下茬冬小麦产量性状的影响

项目	A	B	C	D	E	F	G	H	I	CK
株高 (cm)	73.1ab	72.8b	73.2ab	72.7b	73.8a	73.3ab	72.3bc	72.4bc	71.8c	73.0abc
穗长 (cm)	6.29ab	6.29ab	6.22b	6.11c	6.47a	6.34ab	6.23b	6.15bc	6.11c	6.22b
千粒重 (g)	44.5ab	44.3ab	43.6ab	42.1b	45.2a	44.4ab	43.9ab	43.4ab	41.9b	44.2ab

注: 数据后字母不同表示处理间差异显著 (P < 0.05), 下同。

表 3 不同腐熟配方对下茬冬小麦幼苗的影响

处理	基本苗 ($\times 10^6/\text{hm}^2$)	分蘖数 ($\times 10^6/\text{hm}^2$)	有效蘖 ($\times 10^6/\text{hm}^2$)	冻死率 (%)
A	3.4a	6.0ab	5.3ab	2.25b
E	3.4a	6.2a	5.5a	2.16c
F	3.4a	5.6b	4.7b	2.81b
CK	3.1b	5.4b	4.6b	3.80a



图 3 2009 年 11 月 4 日拍摄的施用腐熟配方 E 与对照 CK 下冬小麦出苗情况

从 2009 年 11 月初拍摄的照片 (图 3) 可以看出, 施用玉米秸秆腐熟配方后, 下茬冬小麦出苗整齐, 苗全、苗壮, 为冬小麦越冬和抗逆打下了良好基础, 而不施用腐熟配方的对照 (CK) 严重影响冬小麦出苗, 地表可见大量的尚未变色的还田夏玉米秸秆, 田间冬小麦缺苗断垄现象严重。

2.4 玉米秸秆腐熟处理对后季作物产量的影响

2009 年的作物产量结果 (图 4, A) 表明, 处理 C 的小麦和玉米产量均低于对照, 处理 I 与对照产量差异没有达到显著性水平 (P > 0.05), 其余腐熟处理的冬小麦和夏玉米的产量比 CK 产量有所增加, 但差异显著性有别。

2010 年的作物产量结果表明, 施用腐熟配方 A、E 和 F 的处理, 冬小麦产量比对照分别提高 11.5%、12.5% 和 5.2%; 施用腐熟配方 E、F 的处理玉米产量与对照没有显著差异, 但腐熟处理 A 的夏玉米产量比其他 3 个处理低 5.7% ~ 10.1% (图 4, B)。综合 2 年大田试验的作物产量结果, 腐熟处理 E 对 2 年 4 季作物产量均优于其他处理。

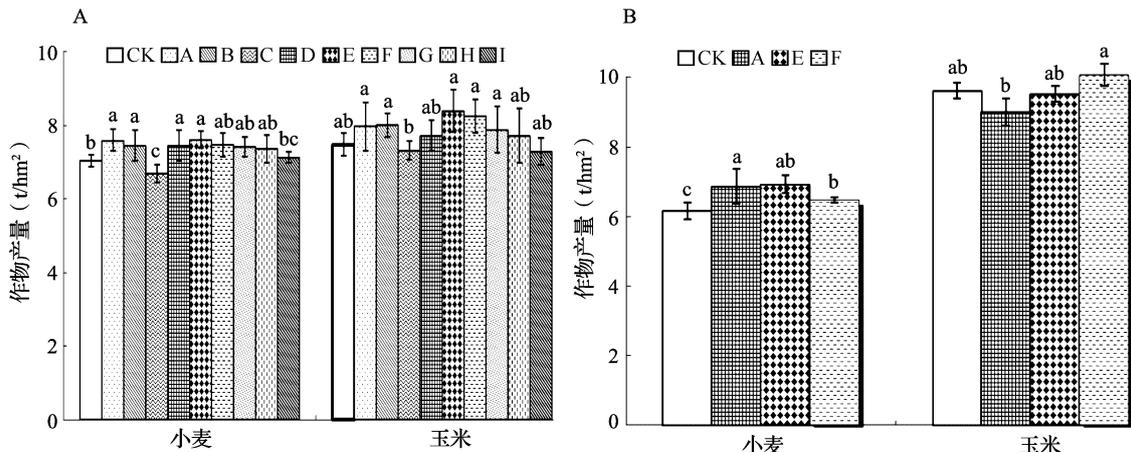


图 4 不同腐熟处理对作物产量的影响 (A 为 2008 ~ 2009 年, B 为 2009 ~ 2010 年)

3 讨论与结论

近 10 年来,我国大部分地区实施了玉米秸秆还田措施,由于玉米秸秆还田后初期难以快速腐解^[11-12],对下茬冬小麦出苗造成障碍。为此,国内许多地方采用秸秆先堆腐再还田^[7]。为了达到玉米秸秆快速腐熟的目的,有研究者做了将腐熟剂直接喷洒到玉米秸秆上的试验^[13]。本项目实施前,有专家提出要求设计一种快速腐熟的制剂,在收获玉米谷穗前直接喷洒到植株上。所以,本研究设置了相关室内和田间试验。研究表明,腐熟剂在土壤中对玉米秸秆的腐熟率比脱离土壤环境的腐熟效果显著提高,说明土壤是玉米秸秆腐熟的主要载体,离开土壤环境,无论添加任何腐熟剂,都有单一性,难以与土壤中复杂的微生物菌群相媲美,腐熟剂中的主效菌群也只有通过依附于土壤环境,或是与土壤中其它微生物协同作用于秸秆才能更好更快地启动腐解反应。所以,玉米秸秆还田翻耕入土是促进秸秆快速腐熟的主要条件之一。本研究表明,厌氧条件下秸秆的腐熟率高于好氧条件,这是国内外农业生产中秸秆堆腐的重要原因^[7,9],但是本研究表明,即便堆腐,也一定要掺混土壤,才能促进秸秆腐熟。同时,堆腐过程不仅费工、费力,而且占地、耗时,堆腐过程中散发的气味也影响周围大气环境。由此建议,玉米秸秆机械粉碎直接还田,要翻耕入土并采取镇压措施,为秸秆快速腐熟和小麦出苗创造条件。

国内市售腐熟剂种类较多,但是在不同地区,由于气候和土壤环境条件的不同,现有腐熟效果差异较大^[6-10]。一个好的腐熟配方,不仅在于腐熟率和腐熟效果的提高,更重要的是早期能快速启动腐熟反应,促进下茬作物出苗和生长、抗逆,增加土壤肥力^[14-15],提高产量^[16-18]。本试验在现有市售腐熟剂中添加了相应的助剂配方,重点探索了秸秆腐熟所需的主效菌剂、土壤水分、温度、碳氮比等。不同土壤环境中的对秸秆腐熟的主效菌群存在差异,在华北地区土壤中,增加纤维素菌和真菌并在缺磷土壤中补充生物磷钾肥可明显促进秸秆快速腐熟。华北地区播种冬小麦后是中秋季节,随后气温和降雨量均快速下降,保持土壤水分和温度是秸秆腐熟的必要条件,本研究通过增加保水剂,调节碳氮比,为提高微生物活性创造条件。经过 2 年 5 个室内和田间试验的

研究,从 9 个腐熟处理中筛选出 E,即菌剂有效成分是纤维素酶、真菌助剂 1 (氮素和保水剂)和助剂 2 (微肥)组成的 E 处理。该处理在玉米秸秆粉碎直接还田后,与肥料同时撒施入土壤中,不仅快速启动腐熟反应,而且对下茬作物冬小麦的出苗、抗冻、产量以及作物生长期间玉米秸秆在田间的腐熟效果均达到了显著水平。推荐作为华北平原冬小麦-夏玉米轮作制度下玉米秸秆还田的首选腐熟配方。

参考文献:

- [1] 吕慧卿,李日强,董良利,等.一株秸秆分解菌的分离及酶活力测定[J].山西农业科学,2004,32(2):53-56.
- [2] 徐国伟,常二华,蔡建.秸秆还田的效应及影响因素[J].耕作与栽培,2005,1:6-9.
- [3] 刘天学,纪秀娥.焚烧秸秆对土壤有机质和微生物的影响研究[J].土壤,2003,35(4):347-348.
- [4] 张晋京,窦森.灼烧土中玉米秸秆分解期间胡敏酸、富里酸动态变化的研究[J].吉林农业大学学报,2002,24(3):60-64.
- [5] 王建武,冯远娇,骆世明.Bt玉米秸秆分解对土壤酶活性和土壤肥力的影响[J].应用生态学报,2005,16(3):524-528.
- [6] 李庆康,王振中,顾志权,等.秸秆腐解剂在秸秆还田中的效果研究初报[J].土壤与环境,2001,10(2):124-127.
- [7] 郑明强,李仕敏.不同腐解剂对玉米秸秆腐解效果试验初报[J].贵州农业科学,2001,29(6):23-25.
- [8] 姚良同,丁延芹,刘尧,等.玉米秸秆低温快速腐熟菌的筛选、鉴定及效果试验[J].山东农业科学,2008,3:85-87.
- [9] 匡恩俊,迟凤琴,宿庆瑞,等.3种腐熟剂促进玉米秸秆快速腐解特征[J].农业资源与环境学报,2014,5:432-436.
- [10] Zaccheo P, Cabassi G, Ricca G, et al. Decomposition of organic residues in soil: experimental technique and spectroscopic approach [J]. Organic Geochemistry, 2002, 33: 327-345.
- [11] 张蓓.碳氮比及腐熟菌剂对玉米秸秆发酵的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2012.
- [12] 徐竹英.腐熟剂在玉米秸秆还田中的应用效果[J].农业技术与装备,2012,24:72-74.
- [13] 冷麟良.秸秆喷施快速腐熟剂后还田对玉米生长及产量的影响[D].长春:吉林农业大学,2012.
- [14] 慕兰,孙笑梅,王立河,等.不同秸秆腐熟剂在玉米秸秆粉碎还田中的应用效果研究[J].现代农业科技,2013,16:215-216.
- [15] 潘剑玲,代万安,尚占环,等.秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J].中国生态农业学报,2013,21(5):526-535.
- [16] 殷丽萍,丁峰,邹忠,等.不同种类秸秆腐熟剂应用效果

- 对比研究 [J]. 现代农业科技, 2009, 4: 59 - 63. 124 - 127.
- [17] 李庆康, 王振中, 顾志权, 等. 秸秆腐解剂在秸秆还田中的效果研究初报 [J]. 土壤与环境, 2001, 10 (2):
- [18] 杨振兴, 周怀平, 关春林, 等. 秸秆腐熟剂在玉米秸秆还田中的效果 [J]. 山西农业科学, 2013, (4): 354 - 357.

Study on the quick decomposing for summer maize straw residues

YANG Li-lin^{1,2}, DING Xin-quan¹, ZHANG Xiao-yuan³, LIU Xiao-jing^{2*} (1. Tongren University, Tongren Guizhou 554300; 2. Key Laboratory of Agricultural Water Resources, Hebei Key Laboratory of Agricultural Water-Saving, Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang Hebei 050021; 3. Hebei Chemical & Pharmaceutical Vocational Technology College, Shijiazhuang Hebei 050026)

Abstract: A large amounts of summer maize straw residues were produced every year in North China Plain, where winter wheat and summer maize were rotated within a year, i. e. winter wheat was grown during October-June, followed by summer maize during June-September. During the recent decades, Maize cob was harvested and the straw residues was mechanically smashed and simultaneously incorporated into the soil before growing winter wheat. However, it is difficult for the maize straw residues to decompose quickly as the weather turned cold soon after late October. The straw residues adversely influenced the seedling and growth of winter wheat in field. By combining of laboratory and field experiments for two consecutive years, in this study, the effects of nine agents used in North China Plain and the influence factors of quickly decomposition for summer maize straw residues was examined. Besides of decomposition agents for straw residues, the results showed that soil was the main carrier for decomposing maize straw residues. The decomposing rate of maize straw residues improved 45% in soil than that of without soil, and increased 1.1 to 1.3 percentage points in aerobic condition than anaerobic condition on maize straw residues decomposition. When the agent E (one of the nine agents, is the most efficient decomposer for summer maize straw residues) was applied at 37.5 kg/hm², the decomposition rate was 23.6% and 33.1% after maize straw was returned to field 4 weeks and 8 weeks, respectively, and increased by 14 and 17.4 percentage points than that of the control, which with no decomposing agent. When agent E was added, maize straw residues were decomposed 87.1% ~ 88.4% at the stage of harvest wheat, and 94% ~ 99% at the stage of harvest of summer maize for next season, which was almost a whole year later. Compared with the control of without decomposing agent, adding the agent E increased wheat germination rate by 9.7%, improved the numbers of effective tiller by 19.5%. Whereas, it decreased the death rate of seedlings resulted from frozen damage by 1.64 percentage points. Besides, the agent E increased by 0.8 cm, 0.25 mm and 1.3 gram in wheat height, spike length and 1 000 grains, respectively, Therefore, adding the agent E significantly improved the yield of winter wheat by 5.2% ~ 12.5%, and summer maize by 5.7% ~ 10.1% after continuously applied to soil for two years, which was worthy for applying in North China Plain for decomposing maize straw residues.

Key words: straw residues returning; microorganism; quick decomposition; microbial inoculum