

# 玉米秸秆还田配施腐熟剂对冬小麦生长和产量的影响

魏龙雪<sup>1</sup>, 裴艳婷<sup>1</sup>, 张书良<sup>1</sup>, 李文佼<sup>1</sup>, 张洪勇<sup>1</sup>, 董策<sup>2</sup>, 朱金英<sup>1\*</sup>

(1. 德州市农业科学研究院, 山东德州 253000; 2. 邯郸市农业科学院, 河北邯郸 056000)

**摘要** 为探究麦玉轮作区, 玉米秸秆全量还田配施腐熟剂对冬小麦生长的影响, 在玉米秸秆全量还田条件下施用 2 种不同腐熟剂( 蔚蓝生物腐熟剂处理和自配处理)。以秸秆还田不施腐熟剂处理为对照, 研究各处理对冬小麦生长及产量的影响。结果表明, 施用 2 种秸秆腐熟剂均能明显促进冬小麦叶面积、氮素利用率的提高, 且对冬小麦增产效果明显。蔚蓝生物腐熟剂处理、自配处理的氮素利用效率分别比对照高 4.71%、3.50%, 且与对照间差异达显著水平; 蔚蓝生物腐熟剂处理、自配处理的籽粒产量分别比对照高 10.02%、7.35%, 与对照间差异达显著水平。因此, 玉米秸秆还田配施腐熟剂可有效促进冬小麦生长发育, 显著提高籽粒产量。该研究为麦玉轮作区玉米秸秆全量还田后冬小麦生长促进和稳产高产提供一定技术参考。

**关键词** 秸秆还田; 腐熟剂; 冬小麦; 生长; 氮素利用; 产量

**中图分类号** S512.1<sup>+</sup>1 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2023)06-0025-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.06.008



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effects of Straw Returning Combined with Preservative on the Growth and Yield of Winter Wheat

WEI Long-xue, PEI Yan-ting, ZHANG Shu-liang et al (Dezhou Academy of Agricultural Sciences, Dezhou, Shandong 253000)

**Abstract** In order to explore the effects of maize straw returning combined with maturity agent on the growth of winter wheat in wheat-maize rotation area, two different maturity agents of blue biological maturity agent treatment and self-made treatment were applied under the condition of maize straw returning, and the straw returning without maturity agent treatment was used as the CK to study its effects on the growth and yield of winter wheat. The results showed that the application of two straw decomposing agents could significantly promote the leaf area and nitrogen use efficiency of winter wheat, and the yield increase of winter wheat was obvious. The nitrogen use efficiency of T1 and T2 treatments were 4.71% and 3.50% higher than CK, respectively, and the difference was significant compared with CK. The grain yields of T1 and T2 treatments were 10.02% and 7.35% higher than those of CK, respectively, and the two treatments had significant differences between CK. It could be seen that corn straw returning combined with maturity agent could effectively promote the growth and development of winter wheat and significantly improve grain yield. This research provided certain technical reference for the growth promotion and stable and high yield of winter wheat after full-scale maize straw returning in wheat-maize rotation area.

**Key words** Straw returning; Curing agent; Winter wheat; Growth; Nitrogen use efficiency; Yield

作物秸秆是农业生产过程中主要的副产物, 作物吸收的钾素 80% 以上存在于秸秆中<sup>[1]</sup>。我国每年秸秆的保有量约  $8.1 \times 10^{11}$  kg, 折合  $K_2O$   $1.2 \times 10^{10}$  kg<sup>[2]</sup>。但由于秸秆还田后腐解较慢, 养分释放速率跟不上作物需求且妨碍耕作和下茬作物育苗, 自然条件下秸秆还田后腐熟缓慢, 秸秆残留土壤耕层, 加速地下害虫孵化, 提高耕作层土壤碱化度, 严重影响下茬作物生长, 使得我国秸秆还田利用率一直较低。腐熟剂是一种能加速秸秆等有机物料分解、腐熟的生物活体制剂, 因其具有促进秸秆腐解、提高秸秆中的养分释放和利用效率、使用成本低且操作简单等优点, 应用市场前景广阔。然而, 秸秆腐熟剂也存在菌种稳定性差、定殖效率低、与土著微生物竞争生态位、受温度等环境因素影响大等问题<sup>[3]</sup>, 限制了腐熟剂推广应用。为了更加合理科学地运用腐熟剂, 提高秸秆还田利用率, 前人围绕秸秆配施腐熟剂还田的效果做了大量研究<sup>[4-5]</sup>。

因此, 秸秆还田后如何促进秸秆快速腐解已成为目前秸秆还田研究的热点。秸秆快速腐熟剂是根据微生物的营养机理而制成的复合菌剂, 可产生大量有益微生物刺激作物生

长, 提高土壤土壤肥力, 减少化肥用量且环境友好, 有助于实现农业可持续发展。目前秸秆腐熟剂主要应用于秸秆腐熟堆肥和秸秆直接还田等方面<sup>[6-7]</sup>。

为探究麦玉轮作区玉米秸秆全量还田对小麦生长发育的影响, 笔者选用 2 种秸秆腐熟剂, 研究不同秸秆腐熟剂对小麦生长、氮素积累和产量的影响, 以期筛选出适于麦玉轮作区秸秆还田的最佳腐熟剂, 为该区秸秆全量还田后促进小麦稳产高产提供技术参考。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验于 2020—2021 年在德州市德城区黄河涯试验地进行。试验地前茬为玉米, 壤土, 地势平坦, 排水方便, 土壤情况如下: 有机质 17.8 g/kg、全 N 0.95 g/kg、速效 N 53.72 mg/kg、速效 P 34.41 mg/kg、速效 K 164.25 mg/kg。施纯 N 240 kg/hm<sup>2</sup>, 5 : 5 基肥追施, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>; P、K 肥全部基施, 旋耕、筑畦、划区, 行距 0.25 m, 条播。其他管理措施同当地高产地块。

**1.2 试验材料** 供试小麦品种为济麦 22。供试腐熟剂包括蔚蓝生物(山东蔚蓝生物科技有限公司生产, 当地同类腐熟剂销售量高)和自配微生物菌剂。供试肥料为尿素(N ≥ 46%)、磷酸二铵(N ≥ 18%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ≥ 46%)和硫酸钾(K<sub>2</sub>O ≥ 50%), 以上腐熟剂、肥料等均购自当地农资超市。

**1.3 试验设计** 试验采用单因素随机区组设计, 共设 3 个处理: 蔚蓝生物(T1 处理)、自配(T2 处理)和秸秆还田不施腐

**基金项目** 德州市科技研发计划项目“秸秆全量还田下德州市潮土秸秆腐熟剂的筛选研究与应用”; 德州市农业科学研究院课题“黄淮海地区玉米秸秆直接全量腐熟还田技术研究示范”。

**作者简介** 魏龙雪(1988—), 女, 山东禹城人, 农艺师, 硕士, 从事作物高产优质栽培与推广研究。\* 通信作者, 正高级农艺师, 硕士, 从事作物高产优质栽培与推广研究。

**收稿日期** 2022-04-27

熟剂处理(CK),3次重复,共12个小区,小区面积 $12\text{ m}\times 15\text{ m}=180\text{ m}^2$ 。

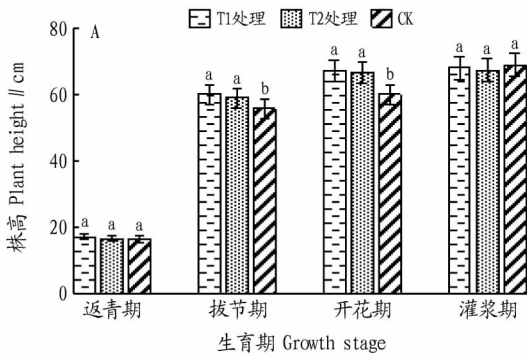
2020年10月25日将前茬收获的玉米秸秆粉碎3~5 cm并配施腐熟剂全量还田,深度0.25 m。2021年10月25日播种冬小麦,翌年6月15日收获。

#### 1.4 测定项目与方法

**1.4.1 产量及其构成因素。**分别于小麦返青期、拔节期、开花期和灌浆期测定小麦株高,采用卷尺以小麦植株顶部至根基部的高度为基准测定株高。成熟前,每小区选具代表性样点2 m双行,统计有效穗数;成熟后,每小区选取代表性麦穗50个,统计穗粒数;每小区选具代表性样点 $4\text{ m}^2$ 进行单独人工收获、脱粒、晾晒,调整含水量至13%得到籽粒产量。

**1.4.2 氮素利用的测定。**采用凯氏定氮法测定各器官氮素含量,计算地上部氮素积累量:

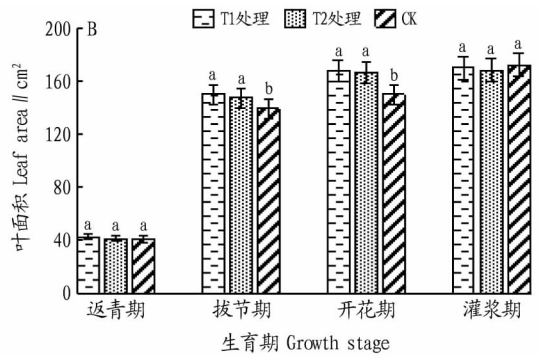
氮素利用效率=籽粒产量/成熟期植株氮素积累量



**1.5 数据处理** 采用Excel 2007进行数据、图形处理;采用DPS 19.05数据处理系统(LSD法)进行差异显著性检验;采用Excel 2007绘制图表。

#### 2 结果与分析

**2.1 不同处理对小麦株高和叶面积的影响** 秸秆还田配施腐熟剂可改善土壤水肥状况,进而促进小麦的生长发育。由图1可知,拔节期各处理小麦株高、叶面积均迅速增加,但在开花期之后增长缓慢。返青期各处理间株高、叶面积差异不显著。拔节期和开花期T1和T2处理株高和叶面积与不施腐熟剂对照间差异显著,但T1、T2处理间差异不显著。灌浆期各处理株高未达显著差异水平;T1和T2处理灌浆期叶面积与对照间差异不显著,T1、T2处理间差异不显著。拔节期T1、T2处理株高分别比CK高7.8%、5.9%,叶面积分别比CK高21.59%、18.44%;开花期T1、T2处理株高分别比CK高11.83%、11.06%,叶面积分别比CK高11.17%、7.50%。



注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著。

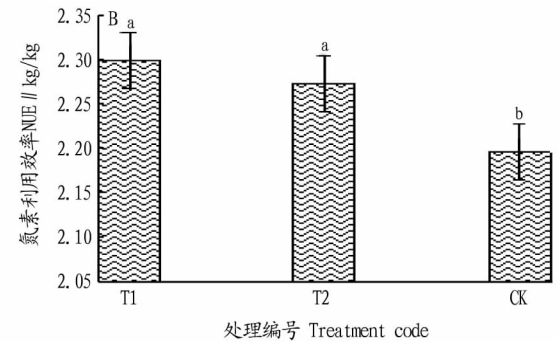
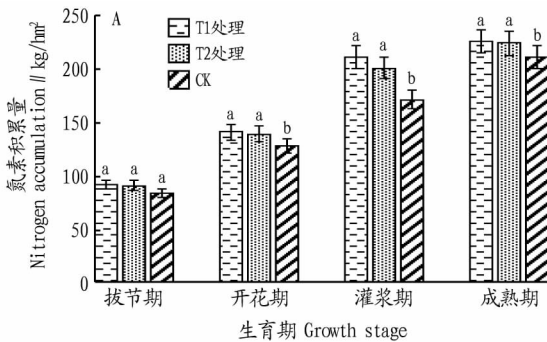
Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level.

图1 不同处理对小麦株高(A)和叶面积(B)的影响

Fig.1 Effects of different treatments on plant height and leaf area of wheat

**2.2 不同处理对小麦氮素利用的影响** 由图2A可知,随着小麦生育期的推进,各处理小麦植株氮素积累量均逐渐增加。拔节期各处理植株氮素积累量无显著差异,开花期、灌浆期和成熟期T1、T2处理间差异不显著,但与对照间差异达显著水平。开花期T1、T2处理的氮素积累量分别比对照高

10.39%、9.13%;灌浆期T1、T2处理的氮素积累量分别比对照高23.23%、17.42%;成熟期T1、T2处理的氮素积累量分别比对照高7.14%、6.23%。由图2B可知,各处理氮素利用效率表现不一,T1、T2处理间差异不显著,但与对照间差异达显著水平,T1、T2处理的氮素利用效率分别比对照高4.71%、3.50%。



注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著。

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level.

图2 不同处理对小麦氮素利用的影响

Fig.2 Effects of different treatments on nitrogen utilization of wheat

**2.3 不同处理对小麦产量及其构成因素的影响** 秸秆腐熟剂促进玉米秸秆的腐熟分解,改善土壤肥力,进而促进产量及其构成因素的相应提高。由表 1 可知,T1、T2 处理的产量及其构成因素(有效穗数、穗粒数、千粒重)与对照间均有显著差异,但二者间无显著差异;T1、T2 处理的籽粒产量分别比对照高 10.02%、7.35%。

**2.4 产量与影响因素间的相关性分析** 由表 2 可知,小麦籽粒产量与株高间呈负相关,但相关性不显著;与氮素利用率和有效穗数间呈极显著正相关;小麦籽粒产量与叶面积、穗粒数和千粒重间呈正相关,但相关性不显著。由此可见,小麦籽粒产量的提高主要归因于有效穗数和氮素利用率。

表 2 产量与影响因素间的相关性分析

Table 2 Correlation analysis between yield and influencing factors

| 因素<br>Factor                  | 株高<br>Plant height | 叶面积<br>Leaf area | 氮素利用率<br>Nitrogen use efficiency | 有效穗数<br>Number of productive ear | 穗粒数<br>Kernels per spike | 千粒重<br>1 000-grain weight | 籽粒产量<br>Grain yield |
|-------------------------------|--------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|
| 株高 Plant height               | 1                  |                  |                                  |                                  |                          |                           |                     |
| 叶面积 Leaf area                 | -0.91              | 1                |                                  |                                  |                          |                           |                     |
| 氮素利用率 Nitrogen use efficiency | -0.68              | 0.92             | 1                                |                                  |                          |                           |                     |
| 有效穗数 Number of productive ear | -0.74              | 0.95 *           | 1.00 * *                         | 1                                |                          |                           |                     |
| 穗粒数 Kernels per spike         | -0.91              | 1.00 * *         | 0.93                             | 0.96 *                           | 1                        |                           |                     |
| 千粒重 1 000-grain weight        | -0.89              | 1.00 * *         | 0.94                             | 0.96 *                           | 1.00 * *                 | 1                         |                     |
| 籽粒产量 Grain yield              | -0.68              | 0.92             | 1.00 * *                         | 1.00 * *                         | 0.92                     | 0.93                      | 1                   |

注: \* 表示在 0.05 水平显著相关; \* \* 表示在 0.01 水平极显著相关。  
Note: \* indicated significant correlation at 0.05 level; \* \* indicated extremely significant correlation at 0.01 level.

3 结论与讨论

秸秆还田配施腐熟剂能缩短秸秆腐熟时间,改善土壤水肥条件,对植株生长发育具有促进作用<sup>[8]</sup>。姜珊珊等<sup>[9]</sup>研究指出,秸秆还田撒施有机物料腐熟剂对济麦 22 出苗率及叶片 SPAD 值无显著影响,有机物料腐熟剂可提高秸秆降解率,可增加小麦叶面积,与该研究结果一致。

该研究选用的秸秆腐熟剂均可安全应用于田间生产,利于小麦生长,这与邱燕等<sup>[10-11]</sup>研究结果相似,这是由于秸秆全量还田配施腐熟剂可更好地改善土壤微生态,进而提高微生物活性,加速秸秆腐解,为小麦生长发育提供充足的养分,进而提高小麦叶面积、氮素利用率和产量<sup>[12]</sup>。

麦玉轮作区玉米秸秆全量还田后,秸秆腐解不彻底会严重影响小麦生长及土壤水肥状况,该试验中 T1、T2 处理的秸秆腐熟剂均可有效促进小麦叶面积和氮素利用率的提升,对小麦生长发育和增产增收有显著效果,故而该研究对麦玉轮作区玉米秸秆还田生产操作具有一定的参考价值。

表 1 不同处理对小麦产量及其构成因素的影响

Table 1 Effects of different treatments on yield and its component factors of wheat

| 处理编号<br>Treatment code | 有效穗数<br>Effective panicles | 穗粒数<br>Kernels per spike//粒 | 千粒重<br>1 000-grain weight//g | 籽粒产量<br>Grain yield kg/hm <sup>2</sup> |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| T1                     | 45.02 a                    | 40.75 a                     | 42.09 a                      | 507.72 a                               |
| T2                     | 44.91 a                    | 41.34 a                     | 42.17 a                      | 495.39 a                               |
| CK                     | 42.87 b                    | 37.13 b                     | 41.47 b                      | 461.49 b                               |

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。  
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

参考文献

[1] 毕于运,王亚静,高春雨.中国秸秆资源综合利用的系统构成及总体趋势[J].中国农业资源与区划,2010,31(4):35-38.  
[2] 李书田,金继运.中国不同区域农田养分输入、输出与平衡[J].中国农业科学,2011,44(20):4207-4229.  
[3] 勉有明,李荣,侯贤清,等.秸秆还田配施腐熟剂对砂性土壤性质及滴灌玉米生长的影响[J].核农学报,2020,34(10):2343-2351.  
[4] 管方圆,刘琛,傅庆林,等.添加秸秆对水稻产量和土壤碳氮及微生物群落的影响[J].农业工程学报,2022,38(2):223-230.  
[5] 蒋亚琴,司学刚,张运栋,等.3 种秸秆腐熟剂的应用研究[J].安徽农业科学,2019,47(16):90-92.  
[6] 张经廷,张丽华,吕丽华,等.还田作物秸秆腐解及其养分释放特征概述[J].核农学报,2018,32(11):2274-2280.  
[7] 陈娟,易婷,叶英林,等.秸秆腐熟剂的研究进展及发展趋势[J].湖南农业科学,2021(2):108-110.  
[8] 杨恒山,萨如拉,邵继承,等.不同质地土壤细菌多样性对玉米秸秆还田配施腐熟剂的响应[J].土壤通报,2019,50(6):1352-1360.  
[9] 姜珊珊,李光艳,吴斌,等.有机物料腐熟剂对玉米秸秆降解及小麦生长的影响[J].山东农业科学,2019,51(12):63-66.  
[10] 邱燕,张杰,黄文静,等.秸秆腐熟剂在小麦-玉米轮作方式上的应用研究[J].农业技术与装备,2022(1):159-161.  
[11] 何鑫,宋瑜,王书功,等.秸秆腐熟剂的构建及其在秸秆堆肥还田中的作用[J].现代农业研究,2020,26(8):27-29.  
[12] 付帅,刘晓明,马阳,等.氮素形态对强筋和中筋小麦产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2022,28(1):83-93.