

秸秆腐熟还田对中低产田土壤及玉米生长发育的影响

张素梅

(甘肃省平凉市农业科学院, 甘肃 平凉 744000)

摘要: 以玉米品种先玉 335 为指示品种, 以基础田(不施肥)为对照, 采用秸秆直接还田、秸秆腐熟还田、农家肥、短期绿肥、当地常规施肥处理等措施, 研究不同培肥措施对土壤养分、含水量、耕作层温度、玉米生长发育及产量的影响。结果表明, 以施腐熟秸秆 15 000 kg/hm²+不施肥的处理效果最好, 玉米折合产量最高, 为 13 006.7 kg/hm², 较对照基础田(不施肥)增产 43.88%; 纯收益增量最高, 为 7 342 元/hm², 纯收益增长率为 79.05%。施农家肥 15 000 kg/hm²的处理和施腐熟秸秆 7 500 kg/hm²+农家肥 7 500 kg/hm²的处理玉米折合产量较高, 分别较基础田增产 41.00%、40.78%, 纯收益增长率分别为 76.75%、72.86%。秸秆腐熟还田可以显著提高土壤有机质、氮、磷、钾含量及土壤含水量, 对土壤耕作层温度也有显著的提升作用。农家肥和秸秆还田可以促进后茬玉米的生长发育, 促使玉米提前达到旺盛生长期。在玉米整个生育阶段, 秸秆腐熟还田处理能显著提高玉米出苗率和单株叶面积、棒三叶叶面积的增加速率, 优化玉米干物质的积累与分配特性, 提高玉米叶、茎、鞘对籽粒的贡献率, 增加玉米籽粒产量。建议在农业生产上加大力度推广秸秆腐熟还田的推广力度。

关键词: 腐熟秸秆还田; 玉米; 生长发育; 土壤养分; 土壤温度; 土壤含水量

中图分类号: S513; S141.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)03-0029-09

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2017.03.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.03.009)

Effect of Decomposition Straw Returning on Soil of Middle-low Yield Field and Growth and Development of Corn

ZHANG Sumei

(Pingliang Academy of Agricultural Sciences, Pingliang Gansu 744000, China)

Abstract: With a corn cultivar Xianyu 335 as indicator cultivar, and the basis field (no fertilization) as control, by using the straw returning and decomposition straw returning field, farm manure, short-term green manure, local conventional fertilization treatment and taking some other measure, the effects of different fertilization on soil nutrients, moisture content, temperature of cultivation layer, growth and development of corn and yield are studied. The result shows that the effect of applying decomposition straw 15 000 kg/hm²+ No fertilization treatment is the best, corn yield is highest, is 13 006.7 kg/hm², which is 43.88% higher than that of the check basic field; net income increment is highest, is 7 342 yuan /hm², the net income growth rate is 79.05%. The check of applying manure treatment 15 000 kg/hm² and decomposition straw 7 500 kg/hm²+ manure treatment 7 500 kg/hm² of corn yield is higher, which are 41% and 40.78% higher than that of the check basic field, net profit growth rates are 76.75%, 72.86%. The decomposition straw returning can increase moisture of soil organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium content and soil moisture, also significantly enhance the role of soil temperature. The farmyard manure and decomposition straw returning could promote the growth and development of corn, which led to a strong growth period. In the whole growth stage of corn, decomposition straw returning treatment could significantly improve increase rate of the corn germination rate, leaf area and rod leaf area, optimize the dry matter accumulation and distribution characteristics of corn, to improve the contribution rate of corn leaf, stem and sheath to grain, increase the grain yield of corn. The proposed to increase promote efforts of decomposing straw returning in agricultural production.

Key words: Decomposing straw returning; Corn; Growth and development; Soil nutrient; Soil temperature; Soil moisture

我国是传统的农业大国, 玉米是我国种植面积最大的粮食作物, 其产量高低对我国粮食供应

收稿日期: 2016-12-19

作者简介: 张素梅(1981—), 女, 山东菏泽人, 农艺师, 硕士, 主要从事作物栽培及育种研究工作。联系电话: (0)18153636605。E-mail: 271540855@qq.com。

安全有着重要影响。长期以来,为了增强耕地的养分,人们在玉米生产中投入大量化肥,这使得我国的玉米施肥普遍处于过量的状态,且因此引起的养分流失和 N、P 污染对农业生态环境和农业的可持续发展也造成了较大的负面影响^[1]。在我国的现有耕地中,中低产田所占比例较大,改造潜力十分可观,所以中低产田改造作为提高粮食生产的一个重要手段,在保证粮食安全和保护生态环境上具有的双重意义,且我国的农作物秸秆资源丰富,合理而有效的将秸秆资源进行利用,对于进一步改善农田生态环境及保持农业的长期健康、稳定、可持续发展有重要意义^[2-4]。为了解决我国作物秸秆养分资源利用率低和浪费严重与农业生产需要培肥土壤和投入大量氮、磷、钾养分的矛盾,以及探究秸秆腐熟还田的可行性,本研究选择中低产田玉米为研究对象,开展了秸秆腐熟还田综合应用效果研究,现报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试腐熟剂为农富康生物科技公司提供的秸秆腐熟发酵剂。供试尿素(含N46%)由甘肃省刘家峡化工集团有限责任公司生产,普通过磷酸钙(含 P₂O₅ 16%)由甘肃金农肥业有限公司提供,硫酸钾(含K₂O 50%)由中农集团控股股份有限公司提供。供试绿肥品种为紫云英,由甘肃省平凉市农业科学院提供。指示玉米品种为先玉 335,由甘肃省敦煌种业股份有限公司提供。

1.2 试验方法

试验于 2014—2016 年在平凉市农业科学院高平试验站实施。地理位置为北纬 35° 18′、东经 107° 32′,当地海拔 1 360 m。试验地为旱塬地,土质为黑垆土^[5]。试验地不同土层土壤养分含量

及 pH 见表 1。

试验共设 8 个处理,即当地常规施肥处理(Tr1)、全量腐熟秸秆+不施肥(Tr2)、1/2 腐熟秸秆+1/2 农家肥(Tr3)、短期绿肥直接翻耕还田(Tr4)、农家肥(Tr5)、全量秸秆直接还田+不施肥(Tr6)、2 倍量腐熟秸秆+不施肥(Tr7)、基础田(不施肥,CK)。试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 30 m²(5 m×6 m)。以上处理中还田秸秆均为玉米秸秆,还田方式为翻耕还田,短期绿肥为紫云英,农家肥施用量 15 000 kg/hm²,秸秆施用量为 7 500 kg/hm²,常规施肥为 N 180 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 75 kg/hm²。试验采用全膜双垄沟播栽培方式,于 4 月 25 日按种植密度 55 050 株/hm² 穴播,每穴 2 粒,8 月 30 日收获。田间管理同当地大田。

1.3 观测指标及方法

在玉米播前和收获后进行土壤取样,深度为 200 cm,每 20 cm 为 1 个层次,每个样为五点采集平均混合而成,测定土壤养分含量(有机质、全氮、全磷、速效钾)、含水量。土壤含水量采用烘干失重法测定。土壤有机质采用重铬酸钾容量法—外加热法测定,全氮采用凯氏蒸馏法测定,全磷采用氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法测定,速效钾采用乙酸铵浸提—火焰光度计法测定^[6-9]。分别于玉米生育期测定玉米出苗率、单株叶面积、棒三叶叶面积和干物质积累量。同时自出苗至收获每天 13:00 时测定 5、10、20、30 cm 土层温度变化情况。玉米收获时按小区单收计产,并计算纯收益。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 和 Spss 19.0 进行数据统计分析。

表 1 试验地基本情况

土层/cm	容重/(g/cm ³)	有机质/(g/kg)	全氮/(g/kg)	全磷/(g/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	pH
0~20	1.29	6.63	0.83	0.65	13.3	648.6	8.4
20~40	1.23	6.46	0.81	0.50	11.9	520.2	8.3
40~60	1.32	6.13	0.74	0.48	4.9	476.5	8.4

2 结果与分析

2.1 秸秆腐熟还田对土壤有机质的影响

由表 2 可知,播前各处理 0~40 cm 土层有机质含量均高于基础田,以处理 Tr7 最高,0~20 cm 土层有机质含量比 CK(基础田)高 50.52%,0~40 cm 土层有机质含量较 CK 平均高 47.00%左右;处理 Tr5 次之,0~20 cm 土层有机质含量为 18.42 g/kg,较 CK 高 39.12%,较处理 Tr1(常规施肥)高 13.63%;处理 Tr3 各土层有机质含量稍高于处理 Tr2,处理 Tr7 比处理 Tr2 各土层有机质含量分别增加 12.09%、4.9%和 12.23%;处理 Tr2 0~20 cm、20~30 cm、30~40 cm 土层的有机质含量分别比处理 Tr6 提高 3.55%、2.40%和 -4.38%。收获

后,土壤有机质不同程度的减少,但各处理均高于 CK(基础田),而施用腐熟秸秆的各处理有机质减少较缓。

2.2 秸秆腐熟还田对土壤全氮的影响

由图 1、图 2 可以看出,播前随着土层深度的增加各处理全氮含量均呈下降的趋势。同层次不同处理在耕作层差异比较明显,特别是 20~40 cm 土层全氮含量差异最大,8 个处理的全氮含量为 0.830 5~1.046 2 g/kg,以处理 Tr7 最高,为 1.046 2 g/kg;处理 Tr5 次之,为 0.955 4 g/kg;其余处理由高到低依次为处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr1、处理 Tr6、处理 Tr4。基础田(CK)最低,为 0.830 5 g/kg。处理 Tr7 较基础田(CK)0~20 cm、20~40 cm、

表 2 不同处理在播前及收获后不同土层的土壤有机质含量^①

g/kg

处理	播前不同土层/cm			收获后不同土层/cm		
	0~20	20~30	30~40	0~20	20~30	30~40
Tr1	16.21 b	15.16 ab	13.01 b	15.05 b	14.07 ab	12.23 b
Tr2	17.78 ab	17.10 a	15.25 ab	16.16 ab	17.01 a	15.04 ab
Tr3	17.53 ab	16.90 ab	14.87 ab	16.21 ab	15.59 ab	13.97 b
Tr4	15.88 b	14.44 b	13.32 b	15.47 b	13.96 b	13.46 b
Tr5	18.42 ab	17.03 ab	16.81 a	17.82 ab	15.84 ab	14.41 ab
Tr6	17.17 b	16.71 ab	15.95 ab	16.28 ab	15.44 ab	14.62 ab
Tr7	19.93 a	17.94 a	17.42 a	18.97 a	17.03 a	16.94 a
CK	13.24 b	12.34 b	11.93 b	12.84 b	12.08 b	10.67 b

① 表中数据为 3 a 平均值,不同小写字母表示处理间 0.05 水平上差异显著,下表同。

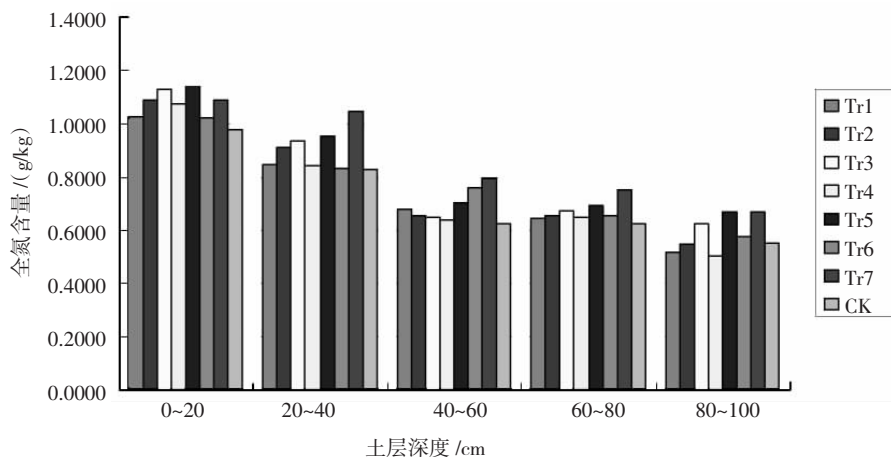


图 1 不同处理播前的土壤全氮含量

40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 土层的全氮量分别提高分别 11.23%、25.97%、27.06%、20.11% 和 21.42%，较常规种植模式处理 Tr1 分别提高 5.94%、23.20%、17.82%、15.96% 和 29.33%。处理 Tr2 与处理 Tr7 相比，施用量加倍，各层次全氮含量均有不同程度的提高；处理 Tr7 和处理 Tr6 相比也有不同幅度的提高。同一个处理不同层次之间的降低幅度差异比较大，处理 Tr7 在 20~40 cm 土层和 40~60 cm 土层下降幅度最大，以后各层次之间趋于平缓。施用化肥(处理 Tr3)和不施用化肥处理(处理 Tr1)的全氮含量差异不显著。从收获后的结果可以看出，不同处理土壤氮的消耗量和后期肥力，秸秆腐熟还田处理氮的剩余量较其余处理多，农家肥及常规施肥处理间差异不明显。

2.3 秸秆腐熟还田对土壤全磷的影响

由播前与收获后各土层全磷含量(图3)可以看出，播前各处理 0~20 cm 土层土壤全磷含量均高于基础田，以处理 Tr1 最高，为 0.837 9 g/kg；处

理 Tr5 次之，为 0.837 6 g/kg；再次为处理 Tr7、处理 Tr2、处理 Tr6、处理 Tr3、处理 Tr4；基础田(CK)为最低。20~40 cm 土层的土壤全磷含量处理 Tr1 明显高于其余处理，40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 土层各处理差异不明显。在收获后期，0~20 cm 土层以处理 Tr5 为最高，较播种前降低 3.17%；处理 Tr7 次之，土壤全磷含量为 0.754 0 g/kg；处理 Tr1、处理 Tr2、处理 Tr3、处理 Tr6 差异不大，介于 0.669 9~0.691 4 g/kg。而在 20 cm 以下土层，处理 Tr1 变化最大，由播种前的 0.816 3 g/kg 降为收获后 0.554 7 g/kg，其余处理收获后较播种前同层次变化不明显，特别是处理 Tr7 播前与收获后基本没有差异。绿肥还田处理 Tr4 收获后全磷含量变化最为明显。

2.4 秸秆腐熟还田对土壤速效钾的影响

由图4可以看出，播前土壤速效钾含量 0~20 cm 土层以处理 Tr1 最高，为 0.837 6 g/kg；处理 Tr5 次之，其余处理从高到低依次为处理 Tr2、处理 Tr3、处理 Tr7、处理 Tr6、处理 Tr4、CK。20~

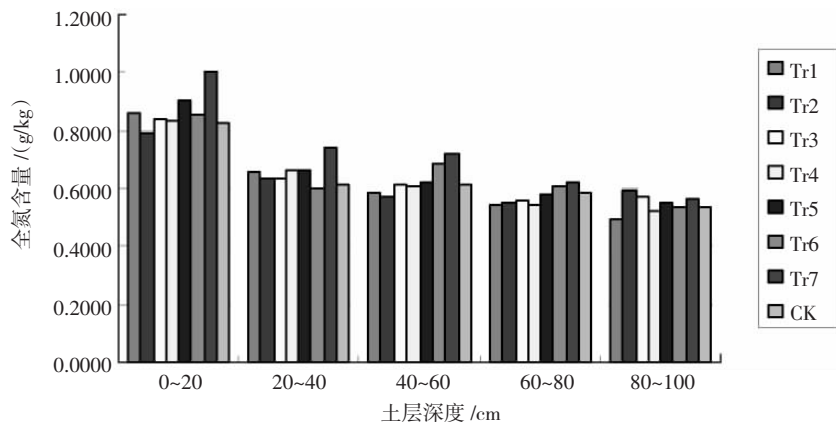


图2 不同处理收获后的土壤全氮含量

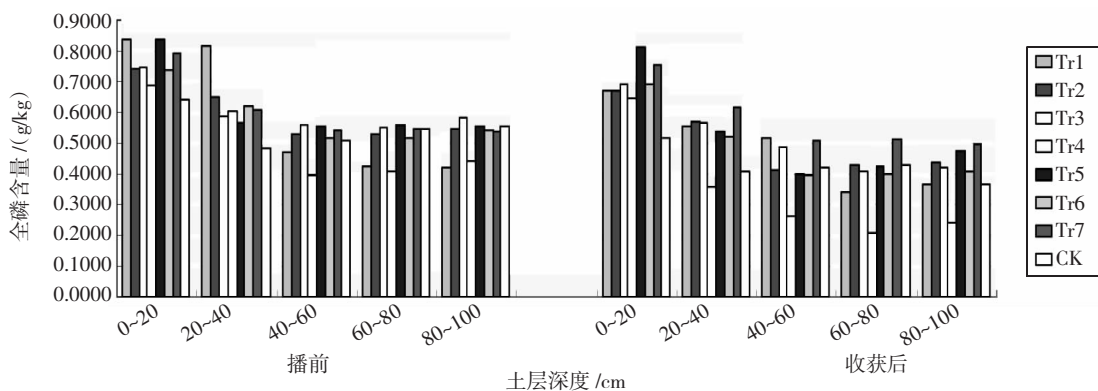


图3 不同处理播前和收获后土壤全磷含量

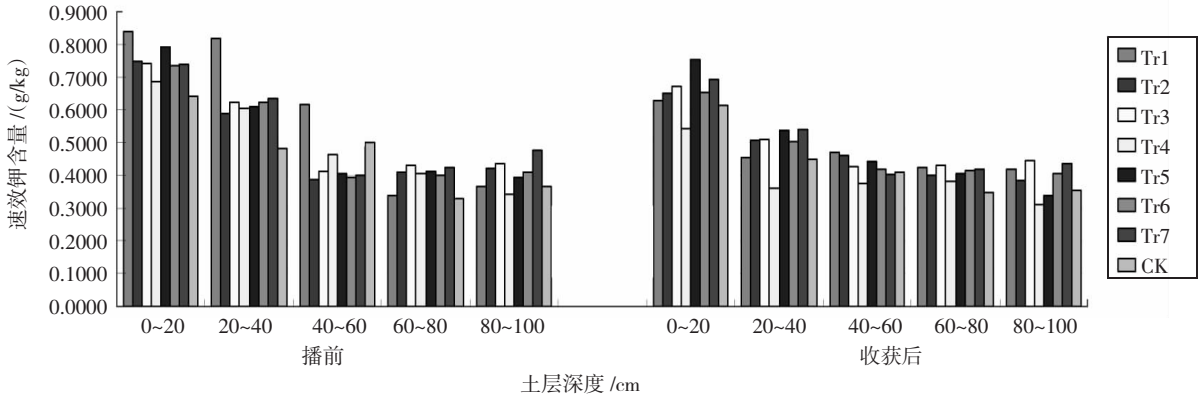


图 4 不同处理播前和收获后土壤速效钾含量

40 cm 土层以处理 Tr1 最高，为 0.816 3 g/kg，基础田 (CK)最低，其余 6 个处理由高到低依次为处理 Tr7、处理 Tr3、处理 Tr6、处理 Tr5、处理 Tr4、处理 Tr2。在 60 cm 以下土层，处理 Tr1 和 CK 基本持平，其余处理明显高于处理 Tr1。收获后 0~20 cm 土层速效钾含量以处理 Tr5 最高，为 0.754 0 g/kg；处理 Tr7 次之，为 0.692 1 g/kg；处理 Tr4 最低，为 0.544 1 g/kg。20~40 cm 土层速效钾含量以处理 Tr7 最高，为 0.539 4 g/kg，其余处理从高到低依次为处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr6、处理 Tr1、处理 Tr4。总的来说，在 0~60 cm 土层，变化最大的为处理 Tr1，每个层次平均下降 0.238 8 g/kg，下降率为 47.9%；而在 60 cm 以下土层，速效钾含量较播前有小幅度的提高；处理 Tr7、处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr2 稍高于处理 Tr1。在 40 cm 以下土层，相对于播前均呈增加的趋势，处理 Tr4 各土层较播前均有所降低。

2.5 秸秆腐熟还田对土壤硝态氮、氨态氮的影响

由图 5 和图 6 可以看出，各处理 0~80 cm 土层中的硝态氮含量均高于 CK (基础田)。施用化肥处理的土壤剖面中的硝态氮含量明显升高，表明施用化肥对土壤中硝态氮含量有明显影响，但过量施用化肥会引起硝态氮在根区以下土层的无效累积，甚至可能会对地下水造成污染。施用秸秆和农家肥处理对土壤表层硝态氮的影响不明显，但较深土壤层次中施用农家肥的处理硝态氮含量明显高于秸秆还田的处理。表层土壤由于氧气充足，硝化作用强烈，铵等速效氮经硝化作用后随水进入较深层次的土壤。各处理对土壤剖面中铵

态氮含量的影响较小，土壤表层中基本没有差异，施农家肥处理的铵态氮含量明显高于秸秆还田的处理，且腐熟秸秆还田处理高于秸秆直接还田处理；2 倍量腐熟秸秆还田处理高于农家肥处理，但差异都不明显。分析表明，0~80 cm 土层土壤剖面中的硝态氮含量明显高于铵态氮的含量，为土壤中无机氮的主要组成部分。

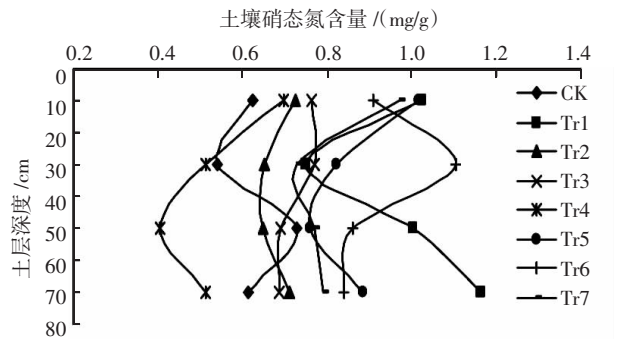


图 5 土壤硝态氮含量

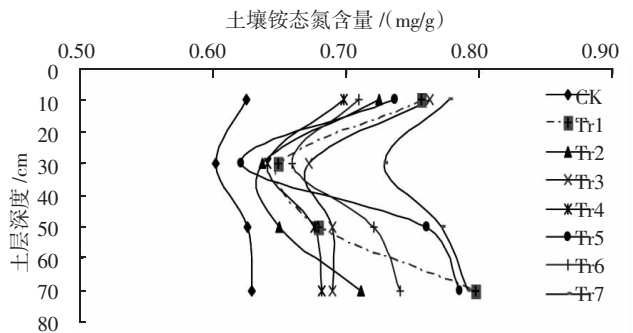


图 6 土壤铵态氮含量

2.6 不同处理对土壤耕作层温度的影响

不同处理在 5 cm、10 cm、20 cm、30 cm 土层测量的温度见表 3。从表 3 可以看出，不同处理下苗期至收获期温度差异较为明显。同一处理，随

表 3 不同处理不同时期不同土层的温度变化

℃

处理	5月测定土层深度/cm				6月测定土层深度/cm				7月测定土层深度/cm				8月测定土层深度/cm			
	5	10	20	30	5	10	20	30	5	10	20	30	5	10	20	30
Tr1	22.3b	20.5b	19.3ab	18.5ab	23.2b	22.5b	20.5b	19.2ab	23.0ab	22.2ab	20.8ab	19.7ab	19.5ab	19.6ab	18.8ab	18.1ab
Tr2	25.4ab	22.5ab	19.7ab	18.5ab	25.4ab	24.4ab	21.0ab	19.6ab	23.1ab	22.0ab	20.4ab	19.4ab	19.9ab	19.1ab	18.6ab	18.1ab
Tr3	25.3ab	22.4ab	19.4ab	18.3ab	25.2ab	24.3ab	21.0ab	19.3ab	23.0ab	21.7ab	19.6ab	19.1ab	19.7ab	18.9ab	18.0ab	17.7b
Tr4	22.2b	20.2b	19.5ab	18.0ab	23.5b	22.3b	20.4b	19.2ab	22.7b	21.9ab	21.0ab	19.3ab	19.6ab	19.5ab	19.0ab	17.6b
Tr5	25.1ab	22.0ab	19.3ab	18.2ab	25.1ab	24.2ab	20.7b	19.2ab	22.9b	21.7ab	20.0ab	19.2ab	19.1ab	18.4b	18.1ab	17.7b
Tr6	25.3ab	22.1ab	19.4ab	18.3ab	25.1ab	24.0ab	21.3ab	19.2ab	23.0ab	21.7ab	20.3ab	19.5ab	19.9ab	19.2ab	19.0ab	18.4ab
Tr7	26.3a	23.5a	21.8a	19.9a	26.9a	25.0a	22.1a	20.9a	24.1a	23.3a	21.7a	20.8a	20.9a	20.2a	19.5a	19.0a
CK	22.1b	20.1b	19.2ab	17.5b	23.6b	22.1b	20.1b	19.0ab	22.4b	21.9ab	21.0ab	19.5ab	19.9ab	19.4ab	18.8ab	17.5b

着深度的增加, 温度均呈下降的趋势, 并随着深度的增加不同层次之间温度下降幅度呈减少的趋势; 不同处理之间, 各时期均以处理 Tr7 为最高, 差异幅度为 1.0~4.2℃; 处理 Tr2 在 5—6 月不同土层温度稍低于 Tr7, 但 7 月至收获期温度基本与处理 Tr3 一致; 处理 Tr5 在全生育期的变化曲线基本与处理 Tr3 一致, 5 cm 土层温度在 20℃ 以上。各处理较 CK(基础田)均有不同程度的提高, 绿肥还田处理 Tr4 与 CK 在各时期同一层次之间温度差异不显著, 差异幅度为 0.1~0.4℃。在生育后期, 各处理温度提升较为缓慢。对比处理 Tr6 和处理 Tr2 可以看出, 在 7 月下旬至收获, 处理 Tr6 温度等同或稍高于处理 Tr2。

2.7 秸秆腐熟还田对土壤含水量的影响

从表 4 可知, 播种前处理 Tr1 和 CK(基础田)的土壤含水量基本接近, 其余处理较基础田均有不同程度提高。0~20 cm 土层含水量以处理 Tr5 最高, 为 175.6 g/kg; 其次是处理 Tr3, 为 174.3 g/kg。20~40 cm 土层含水量以处理 Tr7 最高, 为 180.0 g/kg; 其次是处理 Tr6, 为 178.1 g/kg。40~60 cm 土层含水量以处理 Tr7 最高, 为 178.4g/kg; 其次是处理 Tr5, 为 167.6 g/kg。60~80 cm 土层含水量以处理 Tr3 最高, 为 169.1 g/kg; 其次是处理 Tr2, 为 167.6 g/kg。80~100 cm 土层含水量以处

理 Tr5 最高, 为 167.6 g/kg; 其次为处理 Tr2, 为 166.6 g/kg。处理 Tr5 的 40~100 cm 土层含水量基本相似, 为 167.0 g/kg 左右; 处理 Tr3 的 40~100 cm 土层含水量较基础田也有小幅度的提高, 处理 Tr6 的 40 cm 以下土层含水量同基础田相近; 处理 Tr7 的 40 cm 以下土层含水量差异比较大。

收获后 0~20 cm 土层含水量由高到低依次为处理 Tr7、处理 Tr6、处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr1、处理 Tr4、CK, 变化幅度为 128.2~159.3 g/kg, 处理 Tr7 较 CK 蓄水率提高了 24.2%。20~40 cm 土层含水量由高到低依次为处理 Tr7、处理 Tr6、处理 Tr5、处理 Tr2、处理 Tr3、处理 Tr1、处理 Tr4、CK, 变化幅度为 120.3~164.9 g/kg, 处理 Tr7 较 CK 蓄水率提高了 37.1%。40~60 cm 土层含水量由高到低依次为为处理 Tr7、处理 Tr6、处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr1、处理 Tr2、CK、处理 Tr4, 变化幅度为 127.1~162.6 g/kg, 处理 Tr7 较 CK 蓄水率提高了 26.4%。60~80 cm 土层含水量由高到低依次为处理 Tr7、处理 Tr6、处理 Tr5、处理 Tr4、处理 Tr1、处理 Tr3、CK、处理 Tr2, 变化幅度为 136.9~168.2 g/kg, 处理 Tr7 较 CK 蓄水率提高了 20.3%。80~100 cm 土层含水量由高到低依次为为处理 Tr7、处理 Tr6、处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr1、处理

表 4 各处理播前和收获后不同土层土壤含水量

g/kg

处理	播前不同土层/cm					收获后不同土层/cm				
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
Tr1	163.6	165.5	167.4	159.2	159.8	135.2	135.4	135.5	143.3	141.4
Tr2	170.9	167.1	167.4	167.6	166.6	146.4	142.4	131.4	136.9	143.2
Tr3	174.3	162.4	165.2	169.1	165.8	156.1	142.0	135.9	141.2	144.3
Tr4	167.5	166.0	162.1	160.3	164.5	133.0	131.7	127.1	145.5	141.2
Tr5	175.6	174.9	167.6	166.6	167.6	155.7	157.2	153.5	158.9	157.7
Tr6	169.0	178.1	165.4	165.7	159.4	157.1	160.7	159.4	159.4	159.0
Tr7	171.9	180.0	178.4	161.6	162.3	159.3	164.9	162.6	168.2	162.3
CK	166.2	160.6	160.3	163.2	161.9	128.2	120.3	128.6	139.8	131.8

Tr4、CK，变化幅度为 131.8 ~ 162.3 g/kg，处理 Tr7 较 CK 蓄水率提高了 23.1%。

2.8 秸秆腐熟还田对玉米生长发育的影响

2.8.1 对玉米出苗率的影响 由图 7 可以看出，不同处理对玉米出苗率有明显的差异，各处理玉米出苗率由高到低依次为处理 Tr5、处理 Tr7、处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr1、处理 Tr4、CK、处理 Tr6。其中以处理 Tr5 最高，比 CK(基础田)高 3.52 个百分点；处理 Tr7 次之，比 CK(基础田)高 3.31 个百分点；处理 Tr3 和处理 Tr2 分别比 CK(基础田)高出 2.99 个百分点和 2.03 个百分点；处理 Tr5 比处理 Tr3 高出 0.53 个百分点；处理 Tr3 比处理 Tr2 高出 0.96 个百分点。即农家肥、腐熟秸秆对玉米出苗具有一定的促进作用，秸秆直接还田对玉米出苗有一定的抑制作用。

2.8.2 不同处理对玉米叶面积的影响 由图 8 可以看出，不同处理对单株叶面积及棒三叶叶面积

变化具有明显影响^[10]。7 月 15 日(抽雄后)单株叶面积各处理均明显高于基础田，其中处理 Tr7、处理 Tr5 和处理 Tr3 分别比 CK(基础田)高 22.67%、22.67%和 21.33%。与处理 Tr1(常规施肥)相比可以看出，处理 Tr7 和处理 Tr5 明显高于处理 Tr1；处理 Tr4 稍高于 CK(基础田)，与处理 Tr1 基本一致。对棒三叶叶面积的影响趋势基本与单株叶面积相同，处理 Tr7 最高，较 CK(基础田)提高 12.4%；其余处理由高到低依次为处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr6、处理 Tr1、处理 Tr4、CK；与处理 Tr1(常规施肥)相比，处理 Tr7、处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr6 均稍高于处理 Tr1(常规施肥)，分别较处理 Tr1 提高 8.91%、8.14%、3.10%、1.94%、1.91%。

2.8.3 不同处理对玉米干物质积累的影响 干物质的积累是作物籽粒产量的基础^[11]。2015 年对不同处理吐丝期至成熟期地上部分干物质积累量进

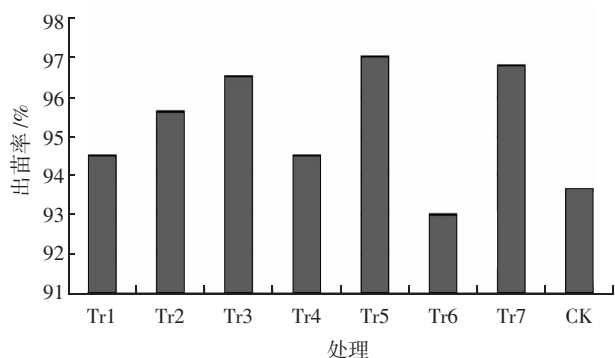


图 7 不同处理对玉米出苗率的影响

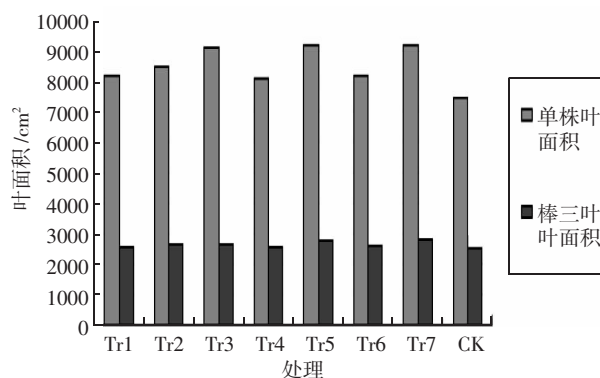


图 8 不同处理对单株叶面积和棒三叶叶面积的影响

行了测定(图9), 结果表明同时期不同处理较基础田均有不同的程度的提高, 吐丝期处理 Tr7、处理 Tr5、处理 Tr3、处理 Tr2 和处理 Tr6 分别比 CK (基础田) 高 33.14%、32.56%、27.91%、24.42% 和 19.19%, 较处理 Tr1(常规施肥)分别高 17.44%、16.92%、12.82%、9.74%和 5.13%; 灌浆期以后玉米干物质积累动态基本一致, 干物质积累量由高到低依次为处理 Tr5、处理 Tr7、处理 Tr3、处理 Tr2、处理 Tr6, 但处理 Tr4 在灌浆期以后干物质积累量较处理 Tr1(常规施肥)明显降低。

从不同器官干物质积累量测定结果(图10)可以看出, 随着生育时期的推进, 玉米叶、茎、鞘的干物质分配比率逐渐降低, 而穗部逐渐增大, 即干物质分配呈前期扩源后期增库的变化规律。秸秆还田和农家肥对玉米各处理干物质分配具有促进作用。玉米吐丝期, 农家肥处理和秸秆还田处理穗部干物质分配高于常规施肥处理 Tr1, 为 3.16% ~ 8.42%, 较 CK(基础田)高 12.94% ~

21.17%。灌浆期和蜡熟期处理 Tr5、处理 Tr7、处理 Tr3、处理 Tr2 穗部干物质分配均高于处理 Tr1, 增幅为 4.00% ~ 12.80%, 较 CK (基础田)高 5.52% ~ 25.42%。由于玉米灌浆期之后, 处理 Tr5、处理 Tr7、处理 Tr3、处理 Tr2 处于快速增长阶段, 穗部干物质分配明显加快, 至完熟期穗部干物质分配量基本相当, 但都明显高于 CK(基础田), 增幅为 28.93% ~ 44.69%, 高于处理 Tr1(常规施肥) 4.25% ~ 7.44%。处理 Tr5 和处理 Tr7 基本相当, 稍高于处理 Tr3 和处理 Tr2; 处理 Tr2 较处理 Tr6 提高 1.01%。

2.8.4 不同处理对玉米产量及纯收益的影响 不同处理的玉米籽粒产量结果(表5)表明, 以处理 Tr7(倍量秸秆腐熟还田)折合产量最高, 为 13 006.7 kg/hm², 较 CK(基础田)增产 43.88%; 处理 Tr5 次之, 为 12 746.7 kg/hm², 较 CK (基础田)增产 41.00%; 处理 Tr3 居第 3, 为 12 726.7 kg/hm², 较 CK (基础田)增产 40.78%; 其余处理为 10 040.0 ~ 12 490.0 kg/hm², 较 CK (基础田)增产 11.06% ~ 38.16%。纯收益增量以处理 Tr7 (倍量秸秆腐熟还田)最高, 为 7 342 元 /hm², 纯收益增长率为 79.05%; 处理 Tr5 次之, 为 7 128 元 /hm², 纯收益增长率为 76.75%; 处理 Tr3 居第 3, 为 6 766 元 /hm², 纯收益增长率为 72.86%; 其余处理为 3 338 ~ 6 177 元 g/hm², 纯收益增长率为 35.94% ~ 66.50%。各种秸秆还田处理之间, 处理 Tr7 和处理 Tr5 的折合产量、纯收益及纯收益增长率均明

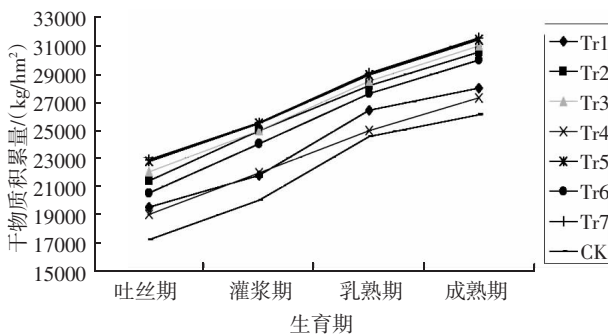


图 9 不同处理玉米的干物质积累动态

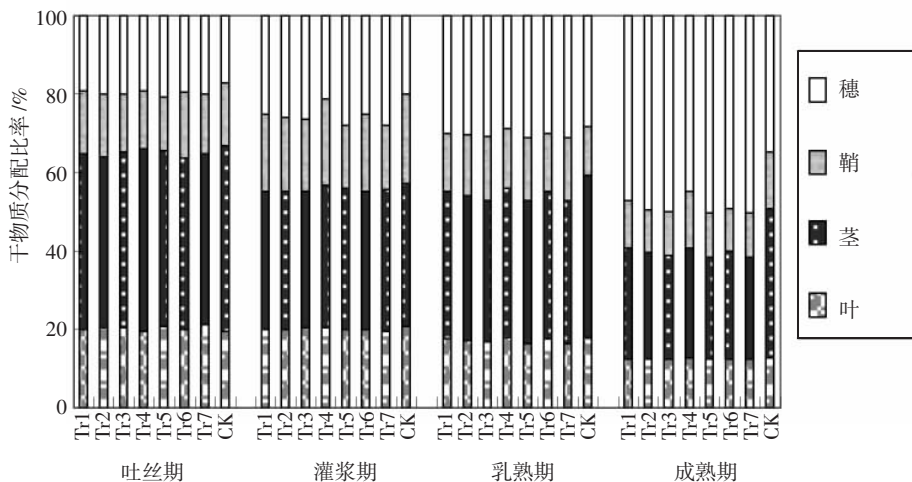


图 10 不同处理玉米各器官干物质分配比率

表5 不同处理的玉米产量结果及纯收益

处理	小区平均产量 (kg/30 m ²)	折合产量 (kg/hm ²)	较CK增产 (t/hm ²)	增产率 /%	纯收益增量 (元/hm ²)	纯收益增长率 /%
Tr1	37.47ab	12 490.0	3 450.0	38.16	6 177	66.50
Tr2	36.37b	12 123.3	3 083.3	34.11	5 616	60.47
Tr3	38.18a	12 726.7	3 686.7	40.78	6 766	72.86
Tr4	30.12d	10 040.0	1 000.0	11.06	3 338	35.94
Tr5	38.24a	12 746.7	3 706.7	41.00	7 128	76.75
Tr6	33.88c	11 293.3	2 253.3	24.92	5 089	54.80
Tr7	39.02a	13 006.7	3 966.7	43.88	7 342	79.05
CK	27.12e	9 040.0				

显著高于其余处理；处理 Tr3 高于处理 Tr2，处理 Tr2 高于处理 Tr6。

3 结论

以玉米品种先玉 335 为指示品种，以基础田（不施肥）为对照，采用秸秆直接还田、秸秆腐熟还田、农家肥、短期绿肥、当地常规施肥处理等措施，研究不同培肥措施对土壤养分、土壤含水量、耕作层温度、玉米生长发育及产量的影响。结果表明：以施腐熟秸秆 15 000 kg/hm²+ 不施肥的处理效果最好，玉米折合产量最高，为 13 006.7 kg/hm²，较基础田（不施肥）增产 43.88%，纯收益增量最高，为 7 342 元/hm²，纯收益增长率为 79.05%。施农家肥 15 000 kg/hm² 的处理和施腐熟秸秆 7 500 kg/hm²+ 农家肥 7 500 kg/hm² 的处理玉米折合产量较高，分别较基础田增产 41.00%、40.78%，纯收益增长率分别为 76.75%、72.86%。由此可看出，不同培肥措施均可培肥地力，提高保水保肥能力，增加后茬作物产量；秸秆腐熟还田优势较为明显，可以显著提高土壤有机质、氮、磷、钾含量及土壤含水量，对土壤耕作层温度也有显著的提升作用，比秸秆直接还田效果更为突出。农家肥和秸秆还田可以促进后茬玉米的生长发育，促使玉米提前达到旺盛生长期。在玉米整个生育阶段，秸秆腐熟还田处理能显著提高玉米出苗率和单株叶面积、棒三叶叶面积的增加速率，优化玉米干物质的积累与分配特性，提高玉米叶、茎、鞘对籽粒的贡献率，增加玉米籽粒产量。建议在农业生产上加大秸秆腐熟还田的推广力度。

参考文献：

- [1] 黄国勤. 江南丘陵区农田循环生产技术研究—江西农田作物秸秆还田技术与效果[J]. 耕作与栽培, 2008(3): 1-2; 18.
- [2] 杨文钰, 王兰英. 作物秸秆还田的现状和展望[J]. 四川农业大学学报, 1999, 17(2): 211-216.
- [3] 康端礼, 李继明. 玉米秸秆还田对旱地土壤肥水及马铃薯的影响[J]. 甘肃农业科技, 2013(10): 24-26.
- [4] 王智琦, 马忠明, 张立勤. 固定道垄作沟灌适宜秸秆覆盖量及冬灌量研究[J]. 甘肃农业科技, 2011(7): 27-29.
- [5] 郑琪, 柳发财, 张铠鹏, 等. 陇东旱塬区 14 个高粱新品种(系)在两种不同种植模式下的引种表现[J]. 甘肃农业科技, 2016(8): 32-38.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [7] 柳琳. 庄浪县不同等级耕地土壤养分研究初报[J]. 甘肃农业科技, 2016(10): 42-44.
- [8] 马孝慧, 于建梅, 丁作法. 康乐县耕层土壤肥力状况调查初报[J]. 甘肃农业科技, 2011(5): 48-53.
- [9] 贺生兵, 曹文亮, 潘晓燕. 敦煌市耕层土壤养分现状分析研究[J]. 甘肃农业科技, 2013(1): 11-13.
- [10] 李红, 周连第, 张有山, 等. 秸秆还田对土壤蓄水保肥及作物产量的影响[J]. 中国农村水利水电, 2002(1): 36.
- [11] 白永新, 王早荣, 钟改荣, 等. 玉米高配合力亲本自交系、杂交种棒三叶的性状分析及叶面积的相关性研究[J]. 玉米科学, 1999, 7(2): 24-26.

(本文责编: 郑立龙)