

秸秆还田对玉米产量形成及土壤肥力的影响

刘志华,盖兆雪,李晓梅,王宏燕,李 通,丛 聪,马 丽

(东北农业大学 资源与环境学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为有效利用秸秆资源,以研究最佳的秸秆还田方式,以玉米为研究材料,采用大田试验研究秸秆还田方式和数量对下茬作物产量构成因子及土壤肥力的影响。结果表明:鲜秸秆还田表现出对玉米株高、叶面积和产量构成因子(穗重、穗粒重、穗长、穗粗等)的促进作用,同时,半量秸秆还田对玉米产量的作用与腐熟猪粪的作用相当;半量秸秆还田对土壤碱解磷有促进作用,腐熟秸秆还田对土壤碱解氮的含量有一定提升作用。此试验条件下,半量鲜秸秆还田更有利于玉米产量的形成和肥力的提升。

关键词:玉米;秸秆还田;叶面积;株高;产量构成因子;土壤肥力

中图分类号:S513.047

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)07-0042-04

我国是秸秆资源十分丰富的国家,据估计,2006年中国作物秸秆资源数量超过 $7.6 \times 10^9 \text{ t}^{[1]}$,东北春玉米区秸秆燃料比重较高^[2],利用率较低。农作物秸秆因含有大量营养成分成为重要的生物质资源之一^[3],其中,秸秆还田是其利用的重要方式。目前,秸秆还田方式主要有堆沤还田、直接还田、过腹还田和燃后草灰还田4种,其中,前3种为主要的还田方式。

目前,国内关于秸秆还田的研究多集中在秸秆还田可增加土壤有机质、改善土壤理化性质、改良土壤耕性等方面^[4-6],现有研究表明秸秆还田对作物产量有影响^[2,7-9],但结论不一,有的研究结果表明秸秆还田能增加作物产量^[10-11],也有研究认为秸秆还田能导致作物减产^[12]。同时,针对秸秆还田处理对作物产量形成及构成因子的影响尚未完全明确。因此,该研究以玉米秸秆为材料,系统分析玉米产量构成因子的变化与土壤肥力指标的差异,进一步明确秸秆还田对玉米产量构成因子的影响,以探明最佳秸秆还田方式,为进一步推广秸秆还田方式提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地情况

试验于2013年在哈尔滨市东北农业大学试

验基地进行。土壤质地为壤土,0~20 cm耕层的基本肥力状况为:有机质含量 $4.36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮含量 $0.19 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全磷含量 $0.21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮含量 $173 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾含量 $209 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷含量 $18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 材料

供试作物为玉米品种哲单37。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验在普施尿素(每小区施氮 0.78 kg 、磷 0.29 kg 、钾 0.13 kg)的基础上设6个处理,即处理1:未施秸秆对照;处理2:半量鲜秸秆;处理3:半量腐熟秸秆;处理4:全量鲜秸秆;处理5:全量腐熟秸秆;处理6:腐熟猪粪。随机区组设计,每小区重复4次,试验小区长6 m,宽7 m,垄宽70 cm,面积为 42 m^2 ,种植密度为 $5.3 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

玉米收获后,去掉根茬清理田面,以保证各处理秸秆使用量的准确性,玉米秸秆先用秸秆粉碎机铡成2 cm长后翻压掩埋于20 cm土层还田,然后平整土地,常规田间管理。

1.3.2 测定项目及方法 叶片生长动态:从拔节期开始,每小区选择10株生长均匀一致的植株进行调查,每隔10 d测定株高和叶面积并计算叶面积指数,共测定5次,具体计算方法:单株叶面积(cm^2)=长(cm)×宽(cm)×0.75,叶面积指数(LAI)=平均单株叶面积(cm^2)×种植密度(株· hm^{-2})。

成熟期植株自然晾晒15 d,测定产量构成因子指标,包括穗数、穗粒数、穗重、轴重、穗长、穗粗、穗行数、秃尖长度等指标。同时实测小区产量。试验数据采用Excel 2003和SPSS 11.0软件进行处理。

收稿日期:2014-03-07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41301316);黑龙江省科技攻关资助项目(GZ11B105);黑龙江省博士后科研启动金资助项目(LBH-Q13028)

第一作者简介:刘志华(1979-),女,黑龙江省哈尔滨市人,博士,讲师,从事农业生态与土壤生态研究。E-mail: zhihua79@126.com。

通讯作者:王宏燕(1963-),女,黑龙江省哈尔滨市人,教授,博士生导师,从事农业生态研究。E-mail: why220@126.com。

2 结果与分析

2.1 玉米秸秆还田对产量形成的影响

2.1.1 不同秸秆还田处理对玉米株高的影响

从图 1 中可以看出,随着玉米生长时期的延长,玉米株高呈现出“S”增长趋势,即缓慢增长-急速增长-缓慢增长的态势,至抽雄期株高不再增长,进入生殖生长阶段。与未施秸秆对照(处理 1)相比,玉米苗期,半量鲜秸秆处理 2、全量鲜秸秆处理 4 与全量腐熟秸秆处理 5 对玉米株高无显著性影响,但半量腐熟秸秆处理 3 与腐熟猪粪处理 6 对玉米株高有显著抑制作用;在玉米拔节期,半量鲜秸秆处理 2 和全量鲜秸秆处理 4 显著增加玉米株高,其它处理间无显著性差异;在玉米小喇叭口期,半量腐熟秸秆处理 3 显著抑制玉米株高,其余处理间无显著性差异;在大喇叭口期,半量腐熟秸秆处理 3 和全量腐熟秸秆处理 5 显著抑制玉米株高,其余处理间无显著性差异;在抽雄期,半量鲜

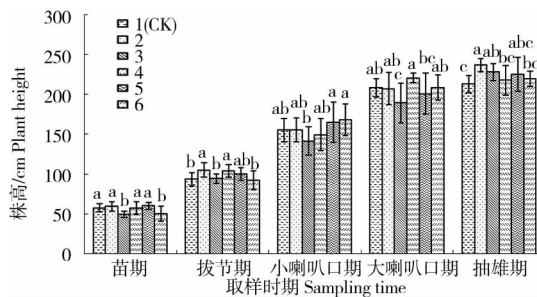


图 1 不同秸秆处理玉米各时期株高的变化
Fig. 1 The change of plant height within different treatments in maize growth period

秸秆处理 2 和半量腐熟秸秆处理 3 对玉米株高有显著促进作用,其余处理间无显著性差异。说明在短期的不同秸秆处理方式对下茬玉米的株高产生了影响。

2.1.2 不同秸秆还田处理对玉米叶面积的影响

从表 1 中可以看出,不同秸秆还田方式对玉米叶面积存在影响。与未施秸秆对照(处理 1)相比,半量鲜秸秆处理 2 显著促进各时期玉米叶面积,与腐熟猪粪处理 6 间无显著性差异($P>0.05$),说明半量鲜秸秆处理能够促进玉米的生长,其效果与施用腐熟的猪粪效果相当;半量腐熟秸秆处理 3、全量鲜秸秆处理 4 显著增加玉米抽雄期叶面积,其余测定时期与未施秸秆对照差异不显著;全量腐熟秸秆处理 5 与未施秸秆对照(处理 1)差异未达到显著水平。添加秸秆各处理中,半量鲜秸秆处理 2 的玉米叶面积为最高,说明半量鲜秸秆处理对玉米叶面积的增加更为有利;同样数量鲜秸秆与腐熟秸秆处理相比较,在玉米营养生长前期(苗期、拔节期和小喇叭口期),半量鲜秸秆处理 2 显著高于半量腐熟秸秆处理 3,玉米营养生长后期二者无显著性差异,全量鲜秸秆处理 4 与全量腐熟秸秆处理 5 在玉米营养生长前期(苗期、拔节期)无显著性差异,但随着生育时期的延长,全量鲜秸秆处理 4 较全量腐熟秸秆处理 5 玉米叶面积显著增加。

综合分析,半量秸秆还田更有利于玉米叶面积的增加,同时,鲜秸秆处理较腐熟秸秆处理对玉米叶面积增加的优势更明显。

表 1 不同秸秆还田处理对玉米叶面积的影响

Table 1 Effects of straw returned on leaf area of maize

处理 Treatments	叶面积/cm ² Leaf area				
	苗期 Seedling stage	拔节期 Elongation stage	小喇叭口期 Little bell stage	大喇叭口期 Big bell stage	抽雄期 Tasseling stage
1(CK)	1481.0±208.2 bc	2095.3±182.7 b	3211.5±210.7 bc	3340.7±230.0 bc	3352.4±200.0 b
2	1994.7±364.8 a	3220.1±631.6 a	3985.3±476.2 a	3948.7±423.4 a	4022.7±101.5 a
3	1508.2±290.9 bc	2305.1±11.4 b	3448.4±20.4 b	3480.0±33.8 abc	3781.6±205.4 a
4	1146.0±86.8 c	2332.6±279.2 b	3401.5±148.3 b	3860.1±134.4 ab	3937.2±266.7 a
5	1374.9±64.7 bc	2095.7±159.6 b	2847.3±101.7 c	3070.1±28.7 c	3084.0±9.0 b
6	1648.3±210.4 ab	3172.1±438.4 a	3597.5±323.7 ab	3666.5±496.9 ab	3864.1±413.5 a

注:表中数值为平均值±标准差;同列中不同字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。下同。

Note: Data was Mean ± SD; Different letters are significant difference at $P<0.05$. The same below.

2.2 玉米秸秆还田对产量及构成因素的影响

从表 2 中可以看出,与未施秸秆对照相比,所测定的产量构成因子只有半量腐熟秸秆处理 3 下的穗行数和全量腐熟秸秆处理 5 下的穗粗受到显著影响($P<0.05$),其它处理的穗重、轴重、穗粒

重、穗长、穗粗、穗行数、秃尖长度及产量与对照均未有显著性差异,说明短期秸秆还田处理条件下对玉米的产量没有显著影响,同时,对产量构成因子中的穗粒重、穗重、轴重、穗长和秃尖长度也未有显著影响($P>0.05$);但不同秸秆还田处理间

存在显著差异:全量鲜秸秆处理 4 的玉米产量显著高于全量腐熟秸秆处理 5,且全量腐熟秸秆处理在所有处理中产量最低,与玉米叶面积的表现一致(见表 1),说明全量腐熟秸秆处理对玉米的生长不利。

虽然秸秆还田处理对玉米产量未有显著性影响(见表 2),但进一步分析可以看出,不同秸秆还田方式对玉米产量构成因子的影响存在显著差异:全量腐熟秸秆处理 5 与半量鲜秸秆处理 2、全量鲜秸秆处理 4 的穗重、穗粒重、轴重、穗长、穗粗都存在显著性差异,同时全量腐熟秸秆处理 5 与全量鲜秸秆处理 4 的产量存在显著性差异($P <$

0.05),这进一步验证了短期全量腐熟秸秆处理不利于玉米产量的形成和积累。

2.3 玉米秸秆还田对成熟期土壤肥力的影响

从表 3 可知,与未施秸秆对照相比,施用秸秆促进土壤碱解氮含量增加,增加幅度为 6.1%~13.8%,但仅全量腐熟秸秆处理 5 达到显著水平;全量鲜秸秆处理 4 显著抑制土壤速效磷含量,与全量腐熟秸秆处理 5 和腐熟猪粪处理 6 间无显著性差异,半量腐熟秸秆处理 3 显著增加土壤速效磷含量;半量鲜秸秆处理对土壤全氮、全磷含量有促进作用,但与未施秸秆对照无显著性差异;添加秸秆对土壤速效钾和有机质含量无显著性影响。

表 2 不同秸秆还田处理对玉米产量构成因素的影响

Table 2 Effects of different straw returned on yield and its components of maize

处理 Treatments	穗重/g Ear weight	轴重/g·穗 ⁻¹ Axle load	穗粒重/g Grain weight per ear	穗长/cm Ear length	穗粗/cm Ear diameter	穗行数/行 Ear row	秃尖长/cm·穗 ⁻¹ Bald tip length	产量/ 10 ⁴ kg·hm ⁻²
1(CK)	201.3±14.2 ab	29.4±3.7 ab	171.9±11.1 ab	19.9±0.8 ab	4.5±0.0 b	14.6±0.3 a	2.4±0.8 a	1.0±0.1 ab
2	216.4±20.0 b	33.0±5.3 b	183.3±14.7 b	21.4±0.2 b	4.5±0.1 b	14.8±0.4 a	3.1±1.2 a	0.9±0.1 ab
3	204.3±3.3 ab	28.8±1.2 ab	175.5±2.0 ab	20.1±0.1 ab	4.6±0.1 b	16.0±0.6 b	2.5±0.1 a	0.9±0.0 ab
4	223.6±9.6 b	32.4±2.3 b	191.2±7.5 b	21.5±0.7 b	4.6±0.0 b	15.3±0.4 ab	2.4±0.3 a	1.1±0.0 b
5	162.0±54.0 a	23.4±7.8 a	138.5±46.3 a	18.8±2.7 a	4.4±0.1 a	14.8±0.7 a	3.6±1.3 a	0.8±0.3 a
6	192.3±10.8 ab	27.9±3.1 ab	164.4±8.7 ab	20.3±0.4 ab	4.5±0.0 b	14.7±0.4 a	3.3±1.1 a	0.8±0.0 ab

表 3 不同秸秆还田处理对成熟期土壤肥力的影响

Table 3 Effects of different straw returned on soil fertility in maize mature period

处理 Treatments	碱解氮/mg·kg ⁻¹ Alkaline hydrolysis nitrogen	速效磷/mg·kg ⁻¹ Available phosphorus	速效钾/mg·kg ⁻¹ Available potassium	有机质/mg·kg ⁻¹ Organic matter	全氮/g·kg ⁻¹ Total nitrogen	全磷/g·kg ⁻¹ Total phosphorus
1(CK)	102.50±5.05 a	181.58±4.91 bc	176.33±9.90 a	3.56±0.55 a	0.24±0.02 ab	0.61±0.03 ab
2	114.33±11.40 ab	190.79±2.21 c	183.11±14.76 a	3.26±0.17 a	0.25±0.01 b	0.68±0.06 b
3	114.80±9.26 ab	207.12±2.03 d	172.00±12.26 a	3.20±0.12 a	0.22±0.01 a	0.65±0.03 ab
4	108.73±6.27 ab	168.88±4.60 a	171.78±8.28 a	3.13±0.11 a	0.21±0.02 a	0.59±0.04 a
5	116.67±1.76 b	173.05±10.62 ab	170.00±6.11 a	3.24±0.08 a	0.23±0.01 ab	0.62±0.04 ab
6	108.73±4.28 ab	179.99±6.88 abc	166.67±7.69 a	3.21±0.10 a	0.24±0.02 ab	0.62±0.02 ab

3 结论与讨论

秸秆还田的方式包括直接还田和间接还田。该试验采用鲜秸秆直接还田和腐熟秸秆还田两种方式,但与未施秸秆对照相比对产量的影响未达到显著水平。黄俏丽的研究表明,秸秆切碎后沟埋还田一年对水稻未有显著性增产作用^[13];大量的研究表明,秸秆还田合理配施肥料(如氮肥^[9]、石灰^[14]等)才能够对作物产生增产作用。秸秆单独还田会对小麦的生长不利,造成减产^[8]。这些都说明采用单独的秸秆还田方式不能充分发挥秸

秆对作物的增产潜力。田仲和等研究发现,麦秸均匀翻压还田对直播水稻生长有促进作用,但超量(两倍或更多)秸秆还田对水稻生长有阻碍^[15]。该研究结果表明,半量秸秆还田处理相对优于同样方式的全量处理,可见,秸秆还田的数量会影响作物的产量,甚至出现减产现象,秸秆还田条件下合理配施氮肥能够提高水稻产量^[9]。该研究结果表明,直接秸秆还田和腐熟秸秆还田对作物的增产作用不大,如何更好地利用秸秆资源、发挥资源优势有待于进一步研究。

秸秆直接还田因其操作方法简单且能防止秸

秆腐烂过程氮、钾等养分的损失而被多数农民采用。该试验结果,全量鲜秸秆还田处理比全量腐熟秸秆还田处理对玉米的产量增加更为有利,半量鲜秸秆处理也体现出对产量构成因子的增加潜力,同时对玉米叶面积的增加效果达到显著水平。与腐熟猪粪处理相比,半量鲜秸秆还田处理玉米的叶面积、产量构成因子均未受到显著性影响,说明半量鲜秸秆处理对玉米生长的影响与腐熟猪粪处理相同,这与杨志臣等研究一致^[16],这可能是该试验中半量秸秆还田处理能够与腐熟猪粪对产量作用效果相当的原因,有待于进一步研究。秸秆还田对土壤肥力的影响较多,结论不一^[10-12]。最新的研究表明,连续秸秆还田 8 a 后土壤的有机质含量显著提高了 6.59%^[5];秸秆还田有利于土壤可溶性有机碳含量的增加,对有机质的影响不显著^[17],这与该文研究结果一致。进一步说明秸秆还田的效果应长期监测,短期的秸秆还田对土壤肥力的效果存在局限性。

秸秆还田方式对玉米株高和叶面积的变化规律没有显著影响。各处理相比较,半量鲜秸秆处理与腐熟猪粪处理对玉米产量及构成因子的影响相当,但更有利于促进玉米叶面积的增长;全量腐熟秸秆处理对玉米的生长最为不利。

参考文献:

- [1] 高利伟,马林,张卫峰,等.中国作物秸秆养分资源数量估算及其利用状况[J].农业工程学报,2009,25(7):173-179.
- [2] 王如芳,张吉旺,董树亭,等.我国玉米主产区秸秆资源利用现状及其效果[J].应用生态学报,2011,22(6):1504-1510.
- [3] 申源源,陈宏.秸秆还田对土壤改良的研究进展[J].中国农学通报,2009,25(19):291-294.
- [4] 赵伟,陈雅君,王宏燕,等.不同秸秆还田方式对黑土土壤氮素和物理性状的影响[J].玉米科学,2012,20(6):98-102.
- [5] 郝翔翔,杨春葆,苑亚茹,等.连续秸秆还田对黑土团聚体中有机碳含量及土壤肥力的影响[J].中国农学通报,2013,29(35):263-269.
- [6] Liu S L, Huang D Y, Chen A L, et al. Differential responses of crop yields and soil organic carbon stock to fertilization and rice straw incorporation in three cropping systems in the subtropics[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2014, 184: 51-58.
- [7] 王允青,郭熙盛.不同水分管理条件下秸秆还田方式对作物养分吸收、产量及土壤培肥的影响[J].中国农学通报,2008,24(12):153-157.
- [8] Takahashi S, Uenosono S, Ono S. Short-and long-term effects of rice straw application on nitrogen uptake by crops and nitrogen mineralization under flooded and upland conditions[J]. Plant and Soil, 2003, 251: 291-301.
- [9] 汪军,王德建,张刚.太湖地区稻麦轮作体系下秸秆还田配施氮肥对水稻产量及经济效益的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(2):265-270.
- [10] 张永春,汪吉东,聂国书,等.不同量秸秆机械化还田对稻麦产量及土壤碳活性的影响[J].江苏农业学报,2008,24(6):833-838.
- [11] 蔡太义,黄耀威,黄会娟,等.不同年限免耕秸秆覆盖对土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响[J].生态学杂志,2011,30(9):1962-1968.
- [12] 李录久,杨哲峰,李文高,等.秸秆直接还田对当季作物产量效应[J].安徽农业科学,2000,28(4):450-457.
- [13] 黄俏丽.秸秆还田和施氮量对水稻产量形成的影响[D].扬州:扬州大学,2007:1-3.
- [14] 张雅玲.寒地水稻秸秆还田配施氮素效果研究[J].现代化农业,2009,7:15-16.
- [15] 田仲和,高善民,朱恩,等.麦秸还田不均匀对直播水稻生长的影响及对策[J].土壤肥料,2002,1:26-29.
- [16] 杨志臣,吕贻忠,张凤荣,等.秸秆还田和腐熟有机肥对水稻土壤肥力效果对比分析[J].农业工程学报,2008,24(3):214-218.
- [17] 王丹丹,周亮,黄胜奇,等.耕作方式与秸秆还田对表层土壤活性有机碳组分与产量的短期影响[J].农业环境科学学报,2013,32(4):735-740.

Effect of Straw Return on Maize Yield Components and Soil Fertility

LIU Zhi-hua, GAI Zhao-xue, LI Xiao-mei, WANG Hong-yan, LI Tong, CONG Cong, MA Li
(College of Resources and Environment, Northeast Agriculture University, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: For effectively utilization of straw resources, and definite the best way of straw returned, taking maize as material, field experiment was carried out to study the effect of straw returned methods and amount on yield components and soil fertility. The results showed that fresh straw returned promoted the plant height, leaf area, and the yield components (including ear diameter, grain weight per ear, spike length, spike diameter etc.). The similar results were observed on the maize yield between half amount of half amount straw return and the manure. The treatment of fresh straw return promoted the soil alkaline hydrolysis phosphorus and rotted straw promoted soil alkaline hydrolysis. Within the experiment results, half amount of fresh straw return favored for the maize yield and soil fertility.

Key words: maize; straw return; leaf area; height; yield components; soil fertility

(该文作者还有薛菲,单位同第一作者)