



杨慧莹,刘玉涛,王宇先,等.半干旱区玉米秸秆还田方式抗旱效果及效益分析[J].黑龙江农业科学,2021(2):23-27.

半干旱区玉米秸秆还田方式抗旱效果及效益分析

杨慧莹,刘玉涛,王宇先,徐莹莹,高盼,郑旭,徐婷,王俊河
(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为促进玉米抗旱减灾,本研究利用田间试验,采用大区对比设计,设6个秸秆还田处理,包括翻埋还田、碎混还田、覆盖还田、秋深松覆盖、苗后深松覆盖处理以及对照免耕无秸秆,分析了不同秸秆还田方式对玉米产量和效益以及抗旱效果的影响。结果表明:秸秆覆盖还田、碎混还田和苗后深松覆盖还田播种前土壤含水量较对照处理增加明显;秸秆翻埋还田、秋深松覆盖以及苗后深松覆盖处理的水分利用率较对照显著增加;秸秆翻埋还田和秋深松覆盖的玉米产量比对照显著增加;秸秆翻埋还田处理净收益最高,达到8 471.66元·hm⁻²。
关键词:秸秆还田;抗旱;保墒;效益分析

玉米作为黑龙江省的主要作物,其每年产生的秸秆量巨大,每年春季焚烧秸秆的现象仍普遍存在,对环境造成污染,也让大量秸秆资源被浪费。东北三省作为我国的粮食主产区,春玉米种植区的秸秆还田比例却仅有19.8%^[1],还田方式主要有3种,即覆盖还田、碎混还田和翻埋还田,但对于还田方式的选择尚存在分歧。不同秸秆还田方式对土壤储水量和水分利用效率的研究较少,剖析不同秸秆还田方式对土壤水分和物理性质的影响,可以为玉米抗旱保墒提供理论支持。本研究以高效利用水分切入点,探索不同秸秆覆盖还田方式下土壤容重和水分利用率变化规律,综合考虑西部半干旱区的机械配套及水利设施基础,旨在通过秸秆还田与深松耕作相结合来

有效蓄水保墒降低土壤容重,改良土壤耕作性状,为玉米抗旱减灾保产提供保障。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2019年5月至10月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验基地进行,地势平坦,肥力中等(表1),为碳酸盐黑钙土。属于中温带大陆性季风气候,年降水量415 mm,年均温3.2℃,活动积温为2 900℃。2019年试验地生育期(4月21日—10月5日)≥10℃的活动积温为3 009℃,高于往年平均水平。2019年科研试验地生育期4月1日—10月5日降雨量为539.8 mm,高于近10年生育期降雨量。

表1 供试土壤基础肥力

碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	pH	有机质/(g·kg ⁻¹)	全氮/%	全磷/%	全钾/%
0.50	100	16.9	134	7.82	26.5	0.162	0.09

1.2 材料

供试玉米品种为嫩单19。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用大区对比设计,设6个处理,秸秆还田方式田间试验设免耕无秸秆(对照)、翻埋还田、覆盖还田、碎混还田、苗后深松覆盖处理和秋深松覆盖处理。每个处理用地0.35 hm²,不设重复。秋深松覆盖:进行秋深松,

深松部位位于垄沟深松30 cm。苗后深松覆盖:秸秆覆盖田中,免耕播种,在苗后5~6叶期垄沟深松25~30 cm。免耕无秸秆:秸秆秋季移除,春季免耕作业。覆盖还田:秋季粉碎秸秆覆盖田块,春季免耕作业。碎混还田:秸秆覆盖田中,春季旋耕与土壤碎混达到18 cm,免耕播种。翻埋还田:秸秆覆盖田中,秋季深翻将秸秆埋至18~20 cm土壤中。试验为全量秸秆还田,还田量为107 000 kg·hm⁻²。免耕采用“康达”玉米免耕机。免耕播种时施长效肥“金正大”缓释复合肥,施肥量40 kg·hm⁻²,4月24日机械精量播种,密度7.5万株·hm⁻²,播后喷灌,灌水量30 mm,玉米4叶期化学除草,成熟期测产。

收稿日期:2020-10-21
基金项目:现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-02)。
第一作者:杨慧莹(1984—),女,硕士,助理研究员,从事旱作农业技术研究。E-mail:kikyo_young@163.com。
通信作者:王俊河(1963—),男,学士,研究员,从事耕作与栽培研究。E-mail:wangjunhe63@163.com。

1.3.2 测定项目及方法 采用环刀法测定土壤容重和土壤含水量。成熟期时每个处理取 5 次重复,每个重复随机挑选长势均匀一致的 5 m 双行,计算公顷籽粒产量(14%标准含水量),其余脱粒晒干后称量计产。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2010 和 DPS 7.05 进行数据分析和处理。

2 结果与分析

2.1 气象分析

由表 2 可知,2019 年和 2011—2018 年总生育期降雨量分别为 544.30 和 423.25 mm。虽然 2019 年度生育期总降雨量比 2011—2018 年度多 121.05 mm,但在春季播种期干旱(4 月降雨 9.60 mm,5 月上旬 1.60 mm,5 月 19 日降透雨 37.60 mm),造成本地的春季播种期干旱,夏秋季多雨。

2.2 不同秸秆还田方式对土壤容重的影响

由表 3 可知,播种前期与免耕无秸秆(CK)相比,碎混还田和秋深松覆盖还田的土壤容重在 0~

10 cm 土层分别降低 17.91%和 7.46%。翻埋还田和秋深松覆盖在 10~20 cm 土层分别降低 11.18%和 16.45%。翻埋还田和秋深松覆盖在 20~30 cm 土层分别降低 13.25%和 10.60%。在 30~40 cm 土层中,各处理的土壤容重无明显差异。在成熟期与免耕无秸秆 CK 相比,碎混还田的土壤容重在 0~10 cm 土层降低 11.76%。秋深松覆盖处理的土壤容重在 10~20 cm 土层降低 14.57%。翻埋还田、秋深松覆盖还田和苗后深松覆盖处理的土壤容重在 20~30 cm 土层分别降低 14.84%、11.61%和 11.61%。在 30~40 cm 土层中,翻埋还田的土壤容重降低 7.48%。

表 2 生育期降雨量							(mm)
时间		四月	五月	六月	七月	八月	九月
2019	上旬	0	1.60				
	中旬	9.30	37.60				
	下旬	0.30	16.40				
	月总	9.60	55.60	99.70	195.10	178.20	6.10
2011—2018	月总	7.20	25.45	98.15	138.50	80.80	73.15

表 3 不同秸秆还田方式对土壤容重的影响

处理	播前土壤容重/(g·cm ⁻³)				成熟期土壤容重/(g·cm ⁻³)			
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm
翻埋还田	1.31 ab	1.35 c	1.31 e	1.34 a	1.31 b	1.40 c	1.32 d	1.36 c
碎混还田	1.10 d	1.38 bc	1.44 b	1.35 a	1.20 d	1.44 b	1.54 a	1.42 b
覆盖还田	1.30 b	1.41 b	1.40 c	1.36 a	1.36 a	1.51 a	1.45 b	1.43 b
秋深松覆盖	1.24 c	1.27 d	1.35 d	1.41 a	1.26 c	1.29 d	1.37 c	1.44 ab
苗后深松覆盖	1.30 b	1.41 b	1.43 bc	1.43 a	1.30 b	1.37 c	1.37 c	1.44 ab
免耕无秸秆(CK)	1.34 a	1.52 a	1.51 a	1.44 a	1.36 a	1.51 a	1.55 a	1.47 a

注:不同小写字母代表差异显著(P<0.05),下同。

2.3 不同秸秆还田方式对土壤含水量的影响

由表 4 可知,在播种前,与免耕无秸秆(CK)相比,碎混还田、覆盖还田和苗后深松覆盖还田处理提高了土壤含水量,分别提高 2.98%、7.16%和 1.04%。在苗期,与免耕无秸秆(CK)相比,5 个处理均提高了土壤含水量,分别提高了 9.16%、10.60%、1.30%、6.24%和 21.29%。在拔节期,与免耕无秸秆(CK)相比,覆盖还田土壤含水量提高了 2.66%。在抽穗期,与免耕无秸秆(CK)相比,翻埋还田、覆盖还田、秋深松覆盖还田和苗后深松覆盖处理提高了土壤含水量,分别提高了 1.23%、2.09%、1.67%和 0.59%。在成熟期,与免耕无秸秆(CK)相比,覆盖还田、秋深松

覆盖还田和苗后深松覆盖提高了土壤含水量,分别提高 8.77%、3.12%和 2.73%。覆盖还田全生育期的土壤含水量均高于免耕无秸秆(CK)。

表 4 不同秸秆还田方式对土壤含水量的影响

处理	播种前/%	苗期/%	拔节期/%	抽穗期/%	成熟期/%
翻埋还田	15.87	24.30	27.84	34.45	18.96
碎混还田	20.72	24.62	25.38	31.25	19.20
覆盖还田	21.56	22.55	28.61	34.74	22.32
秋深松覆盖	19.23	23.65	27.79	34.60	21.16
苗后深松覆盖	20.33	27.00	26.90	34.23	21.08
免耕无秸秆(CK)	20.12	22.26	27.87	34.03	20.52

2.4 不同秸秆还田方式对水分利用率的影响

由表 5 可知,翻埋还田、碎混还田、秋深松覆盖还田和苗后深松覆盖处理有助于提高水分利用率。与免耕无秸秆 CK 相比,翻埋还田处理提高水分利用率最高,为 8.94%,其次是秋深松覆盖处理,提高了 5.97%,苗后深松覆盖处理提高水分利用率 5.75%,碎混还田的处理提高水分利用

率 1.96%,覆盖还田处理水分利用率减低 1.87%。由此可见,在 2019 年春季播种期干旱和夏秋季节多雨的气候条件下,秸秆翻埋还田与其他处理相比对提高水分利用率的影响差异显著,秋深松覆盖和苗后深松覆盖处理间差异不显著,并与覆盖还田和碎混还田对水分利用率的影响差异显著。

表 5 不同秸秆还田方式的水分利用率

处理	播前土壤贮水量/mm	收获土壤贮水量/mm	产量/(kg·hm ⁻²)	生育期降雨量/mm	灌溉补水量/mm	水分利用率/(kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)	与常规对照相比/%
翻埋还田	84.3	102.2	14161.9	539.8	35	23.89 a	8.94
碎混还田	109.2	107.5	12812.52	539.8	35	22.36 c	1.96
覆盖还田	117.9	128.3	12596.1	539.8	35	21.52 d	-1.87
秋深松覆盖	101.3	113.4	13636.76	539.8	35	23.24 b	5.97
苗后深松覆盖	113.2	115.5	13385.39	539.8	35	23.19 b	5.75
免耕无秸秆(CK)	116.9	120.9	12693.97	539.8	35	21.93 d	

2.5 不同秸秆还田方式对产量的影响

由表 6 可知,与免耕无秸秆 CK 相比,其他处理的出苗率都有所提高,翻埋还田处理提高 2.81%,碎混还田处理提高 1.55%,覆盖还田处理提高 2.95%,秋深松覆盖处理提高 0.72%,苗后深松覆盖处理提高 1.79%。与免耕无秸秆 CK

相比,翻埋还田、秋深松覆盖、苗后深松覆盖和碎混还田处理的产量也有所提高,翻埋还田处理产量提高 11.56%,与其他处理差异显著,秋深松覆盖处理产量提高 7.43%,苗后深松覆盖处理产量提高 5.45%,碎混还田处理产量提高 0.93%,覆盖还田处理产量比对照降低 0.77%。

表 6 不同秸秆还田方式的产量及产量性状

处理	出苗率/%	穗长/cm	穗粗/cm	穗行数	行粒数	籽粒含水量/%	产量/(kg·hm ⁻²)	与常规对照相比/%
翻埋还田	92.27	17.67	5.17	16.00	36.67	25.67	14161.90 a	11.56
碎混还田	91.14	19.33	5.13	17.33	39.00	26.57	12812.52 d	0.93
覆盖还田	92.40	19.50	5.03	17.33	40.00	26.67	12596.10 e	-0.77
秋深松覆盖	90.40	18.50	5.23	16.00	38.75	25.10	13636.76 b	7.43
苗后深松覆盖	91.36	19.00	5.13	16.00	38.67	28.27	13385.39 c	5.45
免耕无秸秆(CK)	89.75	19.17	5.00	17.33	38.33	25.27	12693.97 e	

综上,覆盖还田、碎混还田和秋深松覆盖还田处理能够有效的降低土壤容重,但是播种之前进行翻整地处理不利于土壤蓄水保墒,所以秸秆覆盖结合深松耕作才能有效蓄水保墒降低土壤容重,改良土壤耕作性状,为玉米抗旱减灾保产提供保障。播前整地的翻埋还田与碎混还田方式必须要有补墒措施才能抵御春季播期的春旱,达到西部半干旱区春玉米抗旱减灾保产目的,而秸秆覆盖结合深松耕作能有效蓄水保墒达到抗旱减灾保产目标。

2.6 不同秸秆还田方式的成本分析

由表 7 可知,各处理中覆盖还田机耕费成本为 2 040 元·hm⁻²,苗后深松覆盖机耕费成本为 2 055 元·hm⁻²,分别比对照节省成本 15.5%和 14.9%,翻埋还田机耕费成本为 2 865 元·hm⁻²,较对照增加成本 18.6%。

由表 8 效益分析得出,翻埋还田、秋深松覆盖、苗后深松覆盖效益比对照分别增加 1 605.10, 1 319.90和 1 327.99 元·hm⁻²。覆盖还田、碎混还田效益较对照分别增加 237 和 165 元·hm⁻²,效益不明显。

表 7 各秸秆还田处理机耕费成本

(元·hm⁻²)

处理	秸秆打包移除	耙地	翻耕	旋耕碎混	深松	喷水	播种/施肥	趟地	打药	收获	总计
免耕无秸秆(CK)	375	—	—			405	375	360	150	750	2415
翻埋还田		375	450			405	375	360	150	750	2865
覆盖还田			—			405	375	360	150	750	2040
碎混还田				375		405	375	360	150	750	2415
秋深松覆盖					375	405	375	360	150	750	2415
苗后深松覆盖					375	405	375		150	750	2055

表 8 各秸秆还田处理经济效益比较

处理	投入/(元·hm ⁻²)						产出			纯收益/ (元·hm ⁻²)
	种子	化肥	农药	机耕费	地租	合计	产量/ (kg·hm ⁻²)	价格/ (元·kg ⁻¹)	收入/ (元·hm ⁻²)	
免耕无秸秆(CK)	540	1800	150	2415	6000	10905	12693.97	1.4	17771.56	6866.56
翻埋还田	540	1800	150	2865	6000	11355	14161.9	1.4	19826.66	8471.66
覆盖还田	540	1800	150	2040	6000	10530	12596.1	1.4	17634.54	7104.54
碎混还田	540	1800	150	2415	6000	10905	12812.52	1.4	17937.53	7032.53
秋深松覆盖	540	1800	150	2415	6000	10905	13636.76	1.4	19091.46	8186.46
苗后深松覆盖	540	1800	150	2055	6000	10545	13385.39	1.4	18739.55	8194.55

3 结论与讨论

温度和水分是影响植物残体矿化的重要环境因子,同时又有一定的互作效应^[2]。玉米秸秆质地轻,结构蓬松,施入土壤能改善土壤孔隙特征,提高土壤含水量,起到蓄水保墒抗旱的效果^[3]。张宏媛等^[4]研究也表明秸秆还田增加了土壤总孔隙度和孔隙连通度,利于土壤水分传输,增强蓄水量。张阳阳等^[5]研究认为,秸秆吸附能力强,施入土壤后,能降低土壤容重,增加总孔隙度,增加田间持水量 18%,同时还能降低地表反照率,增加土壤湿度,提高土壤含水量。程东娟等^[6]研究表明,秸秆施入深度对土壤水吸力有重要影响,土壤水吸力的变化反映了土层中水分的变化,不同土层深度下,土壤水吸力的变化趋势大致相同。庄文峰等^[7]研究表明,秸秆腐熟剂和保水剂同时施用,水分利用效率提高 12.3%~18.8%,产量提高 10.1%~16.9%。丁奠元等^[8]的研究表明,秸秆还田过程中增加了对土壤的扰动,改善土壤孔隙结构。邹洪涛等^[9]的研究表明,秸秆深还田能

够有效改良土壤结构和土壤水分分布,水稳性稳定率和土壤结构体破碎率有所降低。邹文秀等^[10]的研究表明,土壤翻耕配合秸秆还田可以增加相应土层的土壤总孔隙度、通气孔隙度和毛管孔隙度。本研究结果表明,播种前,不同秸秆还田方式对土壤含水量影响明显,翻埋还田处理、秋深松覆盖处理以及苗后深松覆盖处理对水分利用率影响显著。

综合考虑降雨量、土壤容重、土壤含水量、水分利用率以及有机物料的投入和产出等多项因素,在西部半干旱区,秸秆翻埋还田方式存在大型机具不配套,翻埋后加剧春旱,须有灌溉设施配套,不适合大面积应用等问题。秋深松秸秆覆盖方式也存在大型机具不配套,秋收后时间紧张的问题。苗后深松覆盖效益好,抗御春旱效果好,值得规模推广。

参考文献:

[1] 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.

[2] Kruse J S,Kissel D E,Cabrera M L. Effects of drying and

rewetting on carbon and nitrogen mineralization in soils and incorporated residues[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems,2004,69:247-256.

[3] 李波,陈天助,姚名泽,等. 东北半湿润地区深埋秸秆周围土壤水分的动态变化[J]. 灌溉排水学报,2016,35(9):51-55.

[4] 张宏媛,逢焕成,卢闯,等. CT 扫描分析秸秆隔层孔隙特征及其对土壤水入渗的影响[J]. 农业工程学报,2019,35(6):114-122.

[5] 张阳阳,胡学玉,张迪,等. 生物炭对农田地表反照率及土壤温度与湿度的影响[J]. 环境科学研究,2015,28(8):1234-1239.

[6] 程东娟,周客,王利书,等. 秸秆施入深度对土壤水分运移和水吸力变化的影响[J]. 水土保持学报,2020,34(1):116-121.

[7] 庄文峰,韩伟,侯金星,等. 秸秆还田方式与保水剂对玉米产量及土壤水分的影响[J]. 节水灌溉,2020(11):1-5.

[8] 丁奠元,冯浩,赵英,等. 氮化秸秆还田对土壤孔隙结构的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(3):650-658.

[9] 邹洪涛,王胜楠,闫洪亮,等. 秸秆深还田对东北半干旱区土壤结构及水分特征影响[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(2):52-60.

[10] 邹文秀,韩晓增,严君,等. 耕翻和秸秆还田深度对东北黑土物理性质的影响[J]. 农业工程学报,2020,36(8):9-18.

Drought Resistance Effect and Benefit Analysis of Maize Straw Returning Methods in Semi-arid Area

YANG Hui-ying, LIU Yu-tao, WANG Yu-xian, XU Ying-ying, GAO Pan, ZHENG Xu, XU Ting, WANG Jun-he

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to promote maize drought resistance and disaster reduction, field experiments and large area comparative design were used in this study, six straw returning treatments were set up, included ploughing and burying, crushing and mixing, returning to cover, deep loosening mulching in autumn, deep loosening mulching after seedling, and no-tillage without straw, and the effects of different straw returning methods on maize yield and benefit as well as drought resistance were analyzed. The results showed that the soil water content of straw returning to cover, crushing and mixing and deep loosening mulching after seedling was significantly higher than that of the control. The water use efficiency of straw ploughing and burying, deep loosening mulching in autumn and deep loosening mulching after seedling was significantly higher than that of the control. The yield of maize under straw ploughing and burying and deep loosening mulching in autumn was significantly higher than that of the control. The net income of straw ploughing and burying to field was the highest, reaching 8 471.66 yuan·hm⁻².

Keywords: straw returning; drought resistance; moisture conservation; benefit analysis

协办单位

- 黑龙江省农业科学院水稻研究所
- 黑龙江省农业科学院克山分院
- 黑龙江省农业科学院黑河分院
- 黑龙江省农业科学院绥化分院
- 黑龙江省农业科学院佳木斯分院
- 黑龙江省农业科学院牡丹江分院
- 内蒙古丰垦种业有限责任公司