

不同秸秆还田量对旱地土壤水肥和玉米生长与产量的影响

钱凤魁¹, 黄毅¹, 董婷婷², 孙杰³

(1. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 辽宁省水利水电科学研究院, 辽宁 沈阳 110003;
3. 沈阳市浑南新区水利局, 辽宁 沈阳 110179)

摘 要: 以阜新地区为例, 开展不同秸秆还田量对旱地土壤水肥和玉米生长与产量的影响研究。试验设计 0 kg·hm⁻², 6 000 kg·hm⁻², 12 000 kg·hm⁻², 18 000 kg·hm⁻², 24 000 kg·hm⁻² 共 5 个处理, 3 次重复, 共 15 个小区, 小区面积(4 m×15 m)为 60 m²。研究结果表明, 对照 CK 不施用秸秆处理, 深耕加秸秆的方法, 土壤含水量显著增加, 除了对照之外, 各个处理剂量之间的差异并不明显, 且呈先上升而后下降趋势。说明秸秆在土壤中始终处于水分的非饱和状态, 并不是秸秆剂量越大越好。各个层次土壤容重与对照相比变化较明显, 其中 10~20 cm 深处土壤容重变化最大, 各个处理土壤容重表现出随秸秆还田量增加土壤容重降低值减少的趋势, 下降幅度为 12 000 kg·hm⁻² > 6 000 kg·hm⁻² > 18 000 kg·hm⁻²。秸秆还田处理, 提高了植物的叶绿素含量, 促进了植物的光合效率, 以 12 000 kg·hm⁻² 处理较好。不同处理对玉米产量影响差异显著, 达到了 5% 的显著水平, 施入量在 0~12 000 kg·hm⁻² 之间, 玉米产量呈上升趋势, 超过 18 000 kg·hm⁻² 产量呈下降趋势, 因此建议推广剂量为 12 000 kg·hm⁻²。

关键词: 秸秆还田; 土壤水肥; 玉米; 生长; 产量

中图分类号: S157.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0061-05

Effect of crop residue incorporation on soil moisture and nutrient and maize growth and yield of arid farmland

QIAN Feng-kui¹, HUANG Yi¹, DONG Ting-ting², SUN Jie³

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agriculture University, Shenyang, Liaoning 110866, China;
2. Liaoning Province Institute of water resources and Hydropower Research, Shenyang, Liaoning 110003, China;
3. Hunnan New Region Water Conservancy Bureau, Shenyang, Liaoning 110003, China)

Abstract: Taking Fuxin as the target area, this paper deals with the effect of crop residue incorporation on soil moisture and nutrient and maize yield of arid farmland, with five treatments of 0 kg·hm⁻², 6 000 kg·hm⁻², 12 000 kg·hm⁻², 18 000 kg·hm⁻², 24 000 kg·hm⁻². We had 3 replications and 15 plots, each having an area of 60 m². Results showed that soil moisture content increased markedly, saving 5% ~ 45% of water as compared with CK (non residue incorporation). Soil bulk density varied significantly, showing a decreasing trend of 12 000 kg·hm⁻² > 6 000 kg·hm⁻² > 18 000 kg·hm⁻², especially in the 10 ~ 20 cm depth. Leaf chlorophyll content and photosynthetic efficiency were increased by crop residue incorporation, especially for the rate of 12 000 kg·hm⁻². Crop residue incorporation showed substantial effect on maize yield, being positive within the range of 0 ~ 12 000 kg·hm⁻² and suppressing above 18 000 kg·hm⁻². It is thus recommended that the rate of 12 000 kg·hm⁻² be optimum for maize production in the target area.

Keywords: crop residue incorporation; soil moisture and nutrient; maize; growing; yield

随着气候变暖, 干旱成为近年来农业生产中频发的自然灾害。在农作物生长发育过程中, 由于受到降水不足、土壤含水量过低等影响, 农作物没有得

到正常生长的需水量, 从而造成农作物减产。为了确保农业生产顺利的进行, 减缓干旱所造成的农业损失, 应采取科学的保水保肥技术, 从而起到抗旱、

收稿日期: 2013-10-20
基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目“东北旱地玉米土、肥、水联合跨季节调控技术体系研究”(200903007)
作者简介: 钱凤魁(1978—), 男, 河北正定人, 博士, 讲师, 主要从事土地资源利用与评价研究。E-mail: fkqian@163.com。
通信作者: 黄毅(1956—), 男, 研究员, 硕士生导师, 主要从事旱作农业、水土保持、水资源与农业节水。

保苗和增产的功效。吴克光等人提出耕作制度对水土养分流失的影响主要取决于抑制地表径流形成的能力,在沿等高线种植情况下,更好地减少水土和养分的流失,起到保水保肥的功效^[1]。肇普兴等提出聚丙烯酰胺在防治水土流失的过程中增加了土壤保水性和保肥性,改善了土壤的通透性和抗旱能力,给作物的增产提供了条件^[2]。范厚明等提出在旱坡地上修建反坡梯土,具有保水、保土、保肥和增产的作用^[3]。杜建军等提出高吸水性树脂及其肥料制品的使用对土壤水肥的保持作用显著^[4]。毛小云等提出在淋溶和水分胁迫条件下有机-无机复合保水肥的肥效、保水保肥功效显著,并且采用保水剂和矿物在一定条件下制得的复合保水剂与肥料适当混合用于林木也具有明显的保水保肥功效^[5]。刘洁等用质量比为 5:3 的聚醚和甲苯二异氰酸酯反应,制备出聚氨酯软质泡沫。通过栽培试验证明该复合材料能够有效地保水保肥和缓释化肥,具有良好的应用前景^[6]。杜璇等利用城乡废弃资源生产的扩蓄增容剂,不仅能改良土壤物理和化学性状,更是棉花增产、优质、节水、降低生产成本的关键技术措施之一,具有显著的生态效益、社会效益和经济效益^[7]。李晓瑞提出土壤深耕整地、春秋季节灭茬整地及秸秆还田,是增加土壤有机质含量,打破犁底层,疏松土壤,调节土壤水、肥、气、热,增加雨水渗入速度和数量,改变土壤结构的实用农业技术^[8]。张淑丽等对辽西旱作农业区实施“土肥水跨季节调控”技术体系进行研究,结果表明该技术体系实施效果显著,其降低了土壤容重,增强了土壤的持水能力,显著提高了作物产量^[9]。魏永霞等提出对东北黑土坡耕地进行保护性耕作技术模式,即深松+秸秆还田+垄间区田模式对水土保持与节水增产效果最佳^[10]。王安等提出覆盖和留茬在玉米不同生育期均可有效减少土壤侵蚀,覆盖的效果更为明显^[11]。

秸秆还田对土壤的理化性状有很好的改善作用。秸秆翻入土中,在分解过程中进行矿化释放养分,同时也进行腐殖化,增加土壤有机质含量,降低土壤容重,增加土壤孔隙度,改善土壤结构进而提高保水、透气、保肥等效果,提高了土壤本身调节水、肥、气、热的能力。也是促进粮食生产良性循环和建立现代化生态农业、保障可持续发展的有力措施^[12-20]。本研究针对阜新地区春季少雨干旱,蒸发量大,水资源匮乏,土壤贫瘠,土壤理化性状较差等一系列严重问题,在旱地土肥水联合跨季节调控理论指导下,开展不同秸秆还田量对旱地土壤水肥和玉米生长与产量的影响,建立先进的蓄、保、补水

抗旱增墒综合技术集成体系,以期为辽宁省西部地区的旱地保水保肥深耕技术大面积推广与应用提供理论指导和技术支撑。

1 试验区概况与试验方法

1.1 试验区概况

研究试验区位于阜新市,地处辽宁省西北部,土地总面积 10.355 km²,其中 50% 的面积位于努鲁儿虎山脉区域,40% 位于科尔沁沙地区域。由于全市受大陆性季风气候影响,多年平均降水量约 480 mm,是我国典型的风沙半干旱类型区。全市现有耕地总面积 37.6 万 hm²,耕地以旱田为主,因地处医巫闾山和努鲁儿虎山两个山脉之间,丘陵和坡地较多,坡耕地面积达 17.4 万 hm²。阜新地带性土壤为褐土和棕壤,且以褐土为主,褐土占总面积的 71%,余者为棕壤、草甸土、盐土、风沙土等。

阜新地区的降雨高峰均出现在 7—9 月,尽管雨热同季,对作物产量的形成是有利的,但是蒸发量高峰分布在 5 月份,此时正值各种作物播种的关键时期。降雨量与蒸发量的巨大反差,形成了限制阜新旱区作物生产的关键因素。人均占有水资源量 438 m³,根据联合国规定的人均占有水资源量在 700 m³ 以下为严重缺水区的指标,因此该区域属于严重缺水地区,水资源短缺严重困扰耕地的高效和可持续利用,阻碍了地方农业经济的发展。由于近年来随着农民经济条件的好转,农民重视施用有机肥,并大量施用氮肥和磷肥,栽培技术和作物品种的不断改进,作物产量大幅度提高,从土壤中携带出大量的钾得不到足够的补充,致使土壤钾素出现了大幅度下降。

1.2 试验材料与方法

“旱地保水保肥深耕技术体系”采用玉米收获后整秸深还的技术模式,具体方法为,收获完玉米穗后,将未风干的玉米秸割倒,顺垄放在开好的沟内,这样就有效地利用了秸秆自身的水分,加速了秸秆的腐熟,同时也缓解了春季播种时土壤上的墒情不足。挖深采用深开沟 40 cm 处理,打破了限制玉米根系生长的犁底层,促进根系生长,提高根系吸收能力,进而提高土壤的保水保肥能力。

1.2.1 试验设计 试验设 0 kg·hm⁻², 6 000 kg·hm⁻², 12 000 kg·hm⁻², 18 000 kg·hm⁻², 24 000 kg·hm⁻² 共 5 个处理,3 次重复,共 15 个小区,小区面积(4 m×15 m)为 60 m²,秸秆还田剂量是折合成风干秸秆的剂量。

1.2.2 试验方法 2009 年秋末在玉米收获后,使用

25 马力小四轮灭茬机,玉米茬平均高度为 10 cm,再用新型开沟合垄翻转犁开沟,开沟深度 35 ~ 40 cm,底宽 30 cm,顶宽 60 cm;开沟后将收获后未风干的玉米秸割倒,顺垄放在开好的沟内,然后施入尿素 300 kg·hm⁻²、磷酸二铵 600 kg·hm⁻²、硫酸钾 4 500 kg·hm⁻²,然后合垄覆膜,待翌年春季播种。

1.2.3 种植模式与方法 2010 年试验种植模式采用大垄双行二比空模式,即种两行空一行,种植耐密玉米,品种为郑单 958,密度为 63 000 ~ 67 500 株·hm⁻²,种植模式的规格如图 1 所示。2011 年在上一年的大垄双行上实施全免耕,即在茬间按原品种、原密度播种,补施 300 kg·hm⁻²的多元复混肥(N:P:K = 10:10:10)。

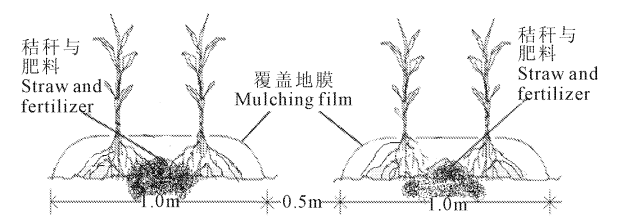


图 1 深耕秸秆深还化肥深施种植模式

Fig.1 Schematic illustration of deep placement of straw and fertilizer

1.2.4 土壤水分观测方法 试验采用 TDR 土壤水分测定仪分别对 2009 年和 2010 年试验小区每 15 天定位观测 0 ~ 10 cm、10 ~ 20 cm、20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm 土层的土壤含水量。

1.2.5 土壤容重测定 土壤容重测定采用改进环刀法^[22]。测定时间分别在播种前(4 月 20 日)收获后(10 月 25 日)测定土壤容重。

1.2.6 叶绿素含量测定 在玉米抽穗后一周,利用日本生产的活体叶绿素仪(SPAD502)测定叶绿素含量值,每个小区选取 3 株,分别选定各处理的棒上叶进行测定,取其三次测定的平均值作为该处理的叶绿素含量值。

1.2.7 玉米产量测定 玉米产量测定采用中国作物学会玉米专业委员会、中国作物学会栽培委员会玉米学组“关于玉米高产、超高产田间测产验收方法和标准”。

2 结果分析

2.1 不同整秸深层还田剂量对土壤含水量的影响

为了探讨不同整秸还田剂量对土壤含水量及理化性质的影响,通过测定土壤的基本理化性质及作物生育指标,对照 CK 不施用秸秆处理结果分析,深耕加秸秆的方法,能有效地提高土壤的含水功能,土

壤含水量显著增加,节水达 5% ~ 45%,但 12 000 kg·hm⁻²,18 000 kg·hm⁻²、24 000 kg·hm⁻²三个处理间差异不显著。总之对不同秸秆还田剂量处理小区的玉米收获后土壤含水量测定结果表明:不同处理与对照间差异明显,说明在一年中的自然降雨状况下,采取秸秆还田措施能够有效地保持天然降雨补给的土壤水分,然而除了对照之外,各个处理剂量之间的差异并不明显,且呈先上升而后下降趋势。这说明秸秆在土壤中始终处于水分的非饱和状态,并不是秸秆剂量越大越好。

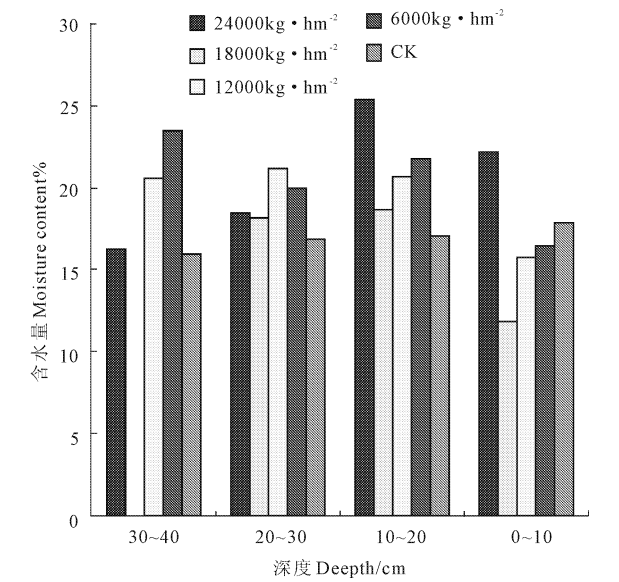


图 2 不同整秸深层还田剂量对土壤含水量的影响

Fig.2 Effect of straw returning rate on moisture content at different soil depths

2.2 不同整秸深层还田剂量对土壤容重的影响

通过施用不同剂量的整秸,除 20 ~ 30 cm 外其余各个层次土壤容重与对照相比变化较明显。其中 10 ~ 20 cm 深处土壤容重变化最大,各个处理土壤容重均比对照下降,且表现出随秸秆还田量增加土壤容重降低值减少的趋势。在 30 ~ 40 cm 深处,土壤容重除 24 000 kg·hm⁻²处理外,其他各处理土壤容重均下降,下降幅度为 12 000 kg·hm⁻² > 6 000 kg·hm⁻² > 18 000 kg·hm⁻²。

垄中间土壤容重变化情况与苗下土壤容重变化略有不同,在 10 ~ 20 cm 处,土壤容重值以 24 000 kg·hm⁻²处理降低最大,且与对照之间差异达到极显著水平,20 ~ 30 cm 处,土壤容重值 12 000 kg·hm⁻² < 6 000 kg·hm⁻² < CK < 18 000 kg·hm⁻² < 24 000 kg·hm⁻²。到 30 ~ 40 cm 深处,各处理之间土壤容重差异已不明显。因此秸秆还田后,土壤容重值下降,而且由于深开沟(40 cm),耕作土壤的犁底

层被打破,提高土壤孔隙度,为作物深层扎根创造了基础条件。

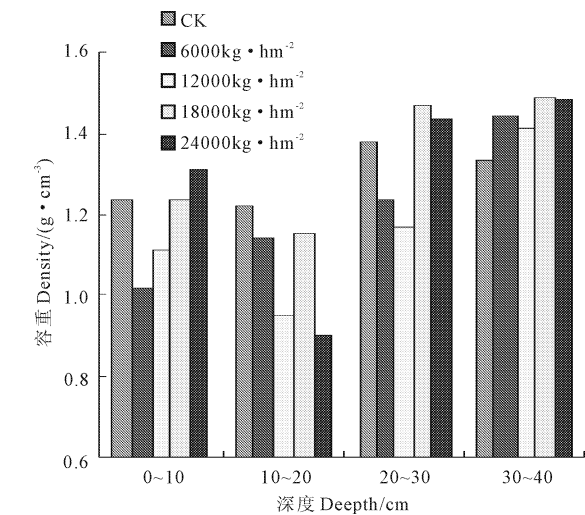


图 3 不同整秸深层还田剂量对苗下土壤容重的影响
Fig.3 Effect of straw returning rate on soil bulk density moisture content at different soil depths

2.3 不同整秸深层还田剂量对植株生长状态的影响

秸秆还田后,其最直观的效应表现在植株生长态势上,并通过使用 TYS – A 型叶绿素测定仪与玉米拔节期测定玉米叶片的叶绿素含量,通过对玉米叶片中叶绿素 A 含量与对照相比,变化不明显。而

叶绿素 B 含量比对照增加,6 000 kg·hm⁻² ~ 12 000 kg·hm⁻²处理,叶绿素 B 含量随秸秆施用量的增加而增加,18 000 kg·hm⁻² ~ 24 000 kg·hm⁻²处理,随秸秆施用量的增加,叶绿素含量呈下降的趋势。可见,秸秆还田处理,提高了植物的叶绿素含量,促进了植物的光合效率,但并非施入量越多越好,以 12 000 kg·hm⁻²处理较好。

而秸秆还田后,玉米地上部分比对照增加 16% ~ 24%,与地下部分干物质重比对照增加 11% ~ 30%;株高增加近 30 cm;根长、根表面积及根体积也显著增加。经秸秆处理后,植株长势明显增强,这也为玉米的丰收增产提供了必要条件。

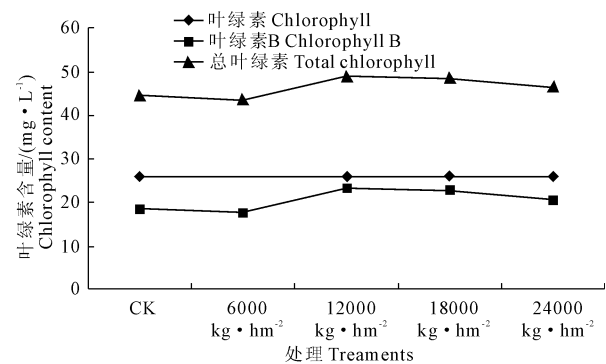


图 4 不同整秸深层还田剂量对玉米叶片叶绿素含量的影响
Fig.4 Effect of straw returning rate on leaf chlorophyll content

表 1 不同整秸深层还田剂量对玉米长势的影响

Table 1 Effect of straw returning rate on maize growth

处理 Treatment	地上干重 Over ground weight /(g·株 ⁻¹)	根干重 Root dry weight /(g·株 ⁻¹)	根长 Root length /(m·株 ⁻¹)	根表面积 Root surface area /(m ² ·株 ⁻¹)	根体积 Root volume /cm ³
CK	104.80	10.41	285.19	0.99	293.02
6000 kg·hm ⁻²	128.98	11.54	332.39	1.17	359.53
12000 kg·hm ⁻²	126.71	13.49	287.67	1.07	353.66
18000 kg·hm ⁻²	130.41	14.22	344.82	1.20	367.31
24000 kg·hm ⁻²	121.95	12.57	325.63	1.18	369.45

2.4 不同整秸深层还田剂量对玉米产量的影响

通过对深耕加秸秆深还试验小区的玉米产量测产分析,结果表明深耕打破犁底层的效果是显著的,加上秸秆深层还田效果更好,玉米的产量明显增加。由于 2010 年阜新地区未发生特大干旱,施用不同的整秸玉米秸取得了显著的效果,不同处理之间差异显著,达到了 5% 的显著水平。通过多重比较结果表明,深耕后进行秸秆深还,受土壤水分、养分和微生物活动的影响,秸秆的施用剂量不是越多越好,它有一定的分解和氮素矿化规律,施入量在 0 ~ 12 000 kg·hm⁻² 之间,玉米产量呈上升趋势,超过 18 000

kg·hm⁻²产量呈下降趋势,这说明,超过这个剂量微生物分解秸秆受到限制,继而影响产量。因此建议,推广剂量为 12 000 kg·hm⁻²。

3 主要结论

1) “墒情监控、收后灭茬、深开沟、整秸还、重施肥、秋覆膜、大垄双行二比空”的模式在旱地农田上构建了土壤的水库、肥库、气库、能量库,从根本上改变了土壤的水分循环、碳循环、氮循环、能量循环以及微生物区系,形成了一个水、肥、气、热协调可持续发展的土壤环境。

表 2 保水保肥深耕法试验小区玉米产量及 Duncan 多重比较
Table 2 Effect of straw returning rate on maize yield

处理 Treatment	I	II	均值 Mean value	5% 显著水平 Significant level at 5%	1% 极显著水平 Remarkable level at 1%
CK	1135.19	1121.86	1128.52	b	C
6000 kg·hm ⁻²	1136.20	1171.15	1153.67	b	BC
12000 kg·hm ⁻²	1220.02	1209.76	1214.89	a	A
18000 kg·hm ⁻²	1195.85	1195.30	1195.57	a	AB
24000 kg·hm ⁻²	1139.10	1141.43	1140.26	b	C

注:玉米含水量为 14%。Note: Water content of maize is 14% .

2) 对照 CK 不施用秸秆处理结果分析,深耕加秸秆的方法,能有效地提高土壤的含水功能,土壤含水量显著增加,但 12 000 kg·hm⁻²,18 000 kg·hm⁻²、24 000 kg·hm⁻²三个处理间差异不显著。除了对照之外,各个处理剂量之间的差异并不明显,且呈先上升而后下降趋势。这说明秸秆在土壤中始终处于水分的非饱和状态,并不是秸秆剂量越大越好。

3) 通过施用不同剂量的整秸,各个处理土壤容重均比对照下降,且表现出随秸秆还田量增加土壤容重降低值减少的趋势。由于深开沟(40 cm),耕作土壤的犁底层被打破,提高土壤孔隙度,为作物深层扎根创造了基础条件。

4) 秸秆还田后,其最直观的效应表现在植株生长态势上,秸秆还田处理,提高了植物的叶绿素含量,促进了植物的光合效率,对比分析得出以 12 000 kg·hm⁻²处理效果较为理想,随秸秆施用量的增加,叶绿素含量呈下降的趋势。

5) 通过对深耕加秸秆深还试验小区的玉米产量测产分析,施用不同的整秸玉米秸还田取得了显著的效果,不同处理之间差异显著,达到了 5% 的显著水平。对照 CK 不施用秸秆处理结果分析,深耕加秸秆的方法,植株长势明显增强,但秸秆的施用剂量不是越多越好,施入量在 0 ~ 12 000 kg·hm⁻²之间,玉米产量呈上升趋势,超过 18 000 kg·hm⁻²产量呈下降趋势。

参 考 文 献:

[1] 刘立光,吴伯志,林克惠.保水保土保肥耕作制度研究[J].云南农业科技,1988,(4):12-15.

[2] 肇普兴,夏海江.聚丙烯酸胺的保土保水保肥及改土增产作用[J].水土保持研究,1997,4(4):98-104.

[3] 范厚明,余 莉,余慧明,等.反坡梯土保水保肥及增产效果研究[J].安徽农业科学,2003,31(6):967-968.

[4] 杜建军,廖宗文,冯 新,等.高吸水性树脂在赤红壤及砖红壤上的保水保肥效果研[J].水土保持学报,2003,17(2):137-140.

[5] 毛小云,李世坤,廖宗文.有机-无机复合保水肥料的保水保肥

效果研究[J].农业工程学报,2006,22(6):45-48.

[6] 刘 洁,王 勇,小岛纪德.用于保水保肥的聚氨酯泡沫复合材料[J].材料科学与工程学报,2007,25(4):587-589,597.

[7] 杜 璇,冯 浩,杜 健,等.利用城乡废弃资源提高土壤保水保肥功能[J].武汉大学学报(工学版),2009,42(5):677-680.

[8] 李晓瑞.机械化深耕灭茬整地与秸秆还田技术[J].现代农业科技,2012,(9):319,324.

[9] 张淑丽,黄 毅.辽西旱作农业区深耕保水保肥耕作法对土壤水分和玉米产量的影响[J].现代农业科技,2012,(18):219,232.

[10] 魏永霞,李晓丹,胡婷婷.东北黑土坡耕地保护性耕作技术模式的保水保土增产效应研究[J].东北农业大学学报,2013,44(5):51-55.

[11] 王 安,郝明德,臧逸飞,等.秸秆覆盖和留茬的田间水土保持效应[J].水土保持研究,2013,20(1):47-51.

[12] 宋淑亚,刘文兆,王 俊,等.覆盖方式对玉米农田土壤水分、作物产量及水分利用效率的影响[J].水土保持研究,2012,19(2):210-217.

[13] 唐 涛,郝明德,单凤霞.人工降雨条件下秸秆覆盖减少水土流失的效应研究[J].水土保持研究,2008,15(1):9-11,40.

[14] 杨 帆,李 荣,崔 勇,等.我国南方秸秆还田的培肥增产效应[J].中国土壤与肥料,2011,(1):10-14.

[15] 路文涛,贾志宽,张 鹏,等.秸秆还田对宁南旱作农田土壤活性有机碳及酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2011,(3):522-528.

[16] 陈富强,张玉龙,黄 毅,等.不同剂量秸秆还田的保墒效果及其对玉米产量的影响[J].水土保持通报,2011,(2):247-250.

[17] 赵 凡,何秀云,沈玉梅,等.玉米秸秆还田保护性耕作对产量及土壤理化性状影响的灰色关联分析[J].干旱地区农业研究,2011,29(4):208-213+218.

[18] 田慎重,宁堂原,王 瑜,等.不同耕作方式和秸秆还田对麦田土壤有机碳含量的影响[J].应用生态学报,2010,21(2):373-378.

[19] 徐国伟,谈桂露,王志琴,等.秸秆还田与实地氮肥管理对直播水稻产量、品质及氮肥利用的影响[J].中国农业科学,2009,42(8):2736-2746.

[20] 刘世平,聂海涛,张洪程,等.稻麦两熟条件下不同土壤耕作方式与秸秆还田效用分析[J].农业工程学报,2006,22(7):48-51.

[21] 董彦华,颜信友.阜新县土壤养分动态分析与施肥途径[J].杂粮作物,2001,21(1):41-42.

[22] 黄 毅,邹洪涛,虞 娜.新型土壤容重取样器的研制与应用[J].水土保持通报,2010,30(2):190-197.