

不同覆膜模式下秸秆还田及腐熟剂对土壤理化性状和玉米产量的影响

刘文国¹, 赵强², 杨艳美² (1. 杨凌职业技术学院, 陕西杨凌 712100; 2. 甘肃省镇原县农技中心, 甘肃镇原 744500)

摘要 [目的]研究秸秆还田后不同覆膜模式及腐熟剂对土壤理化性状、玉米产量的影响,以期找到适合当地条件的覆膜方式和较好的腐熟剂。[方法]以玉米秸秆、腐熟剂、地膜和还田后土壤为研究材料,通过田间裂区试验,用方差分析法,分析玉米收获后,各处理因素对试验田土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾、pH、容重等指标及玉米产量的影响。[结果]2种覆膜方式土壤速效钾含量差异显著,玉米产量差异极显著,以全膜双垄沟播栽培模式最佳,但2种覆膜方式之间土壤其他指标如土壤有机质、全氮、全磷、速效磷、全钾含量差异不显著,土壤容重差异不显著。在覆膜条件下,秸秆还田比不还田能够极显著提高土壤有机质、全氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾含量,降低土壤容重,提高玉米产量,但对土壤pH影响不大。秸秆还田后,使用腐熟剂后土壤有机质、全磷、速效磷、全钾含量显著提高,但对土壤全氮、速效钾、容重、玉米产量、pH无影响。2种腐熟剂之间土壤各种指标、玉米产量差异均不显著。[结论]建议在该地区推广秸秆还田后使用腐熟剂,并推荐全膜双垄沟播栽培模式。

关键词 覆膜; 秸秆还田; 腐熟剂; 玉米产量

中图分类号 S158.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)24-0093-04

Effects of Straw Returning and Decomposing Agent on Soil Physical and Chemical Properties and Maize Yield under Different Mulching Modes

LIU Wen-guo¹, ZHAO Qiang², YANG Yan-mei² (1. Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Agricultural Technical Center of Zhenyuan County, Zhenyuan, Gansu 744500)

Abstract [Objective] To study the effects of different mulching models and decomposing agents on soil physical and chemical properties and maize yield after returning to the field, in order to find a suitable film covering method and good maturing agent suitable for the local conditions. [Method] Using corn straw, maturing agent, film and soil after returning the field as the research materials, and the variance analysis by the field test were analyzed. The effects of different treatment factors on soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, available P, available K, pH, bulk density and so on after maize harvest were systematically analyzed. [Result] There were significant differences in the content of soil available potassium in the two kinds of film mulching methods, the yield of maize was greatly improved, and the pattern of full film double ridge furrow planting was the best, but the difference of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available phosphorus and total potassium was not significant, and the difference of soil bulk density was different between the two kinds of mulching methods. Under the condition of film mulching, straw returning to field could significantly increase the content of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available P, total potassium and available potassium, reduce soil bulk density and increase maize yield, but had little effect on soil pH. After returning to the field, the content of soil organic matter, total phosphorus, available phosphorus and total potassium was significantly increased with the use of decomposing agent, but it had no effect on soil total nitrogen, available potassium, bulk density, corn yield and pH. In this experiment, there was no significant difference in yield of maize between two kinds of decomposing agents. [Conclusion] It is suggested that the use of decomposing agent should be promoted after straw returning to the field, and the whole film double ridge furrow planting mode should be recommended.

Key words Film mulching; Straw returning; Decomposing agent; Maize yield

我国黄土高原地区土壤水分和养分是农业生产的限制因子,直接影响土壤肥力和作物产量,因此,该地区土壤水分的科学合理利用更加重要^[1]。农业措施中,覆膜是高效利用自然降水的一项重要途径^[2],覆膜能使膜内土壤温度在较长时间保持稳定,并且增温^[3]。覆膜还有集水功能^[4],不同覆膜方式土壤水分分配和保持功能不同,其中垄沟种植是一项重要模式,目前该技术在多种植物上均有研究^[5-7],旱地玉米上也已推广地膜覆盖^[8],但各地使用的覆膜模式各异^[9],不同覆膜模式会影响土壤理化性状,对产量也有一定的影响^[10]。秸秆还田技术已被各地所推广^[11-13],在秸秆还田过程中,腐熟剂的应用已受到广泛关注,但腐熟剂的种类很多^[14-17],不同腐熟剂的功能差异较大,各地在使用过程中,选择合适的腐熟剂有一定的难度。因此,笔者依据当地常见几种覆膜方式和市场在售的腐熟剂,研究了秸秆还田后,不同覆膜方式和腐熟剂对土壤理化性质和玉米产量的影响,以期

探索不同秸秆腐熟剂在不同覆膜模式下的使用效果,筛选出适宜该地气候条件和耕作制度的秸秆腐熟剂,找到适宜的玉米覆膜栽培方式,并为深入研究覆膜方式对土壤肥力的影响提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验安排在镇原县新城乡郭沟圈村3户家庭的承包地中。试验地选择在典型黄土高原平坦的源面上,土层深厚,海拔1450~1460 m,是暖温带半干旱内陆型气候,年均气温8℃,年降水量540 mm,60%集中于7—9月,年蒸发量1384 mm。供试土壤为黑垆土,田间持水量22.5%,耕作层质地中壤,土壤肥力状况:pH 7.5,有机质10.51 g/kg,全氮0.67 g/kg,碱解氮76.8 mg/kg,全磷0.59 g/kg,速效磷14.6 mg/kg,全钾16.2 g/kg,速效钾136 mg/kg。

1.2 试验材料 覆用地膜规格为宽140 cm,厚0.01 mm(庆阳市合水地膜公司生产),试验用腐熟剂1为北京京圃园生物工程有限公司生产的京圃园牌产品,腐熟剂2为上海联业生物技术有限公司生产的产品,玉米品种为先玉335。秸秆采用当年收获的玉米秸秆。秸秆还田量为22500 kg/hm²(湿重或者鲜重)。秸秆用铡刀或机械粉碎为5 cm左右,然后按

基金项目 陕西省教育厅专项科学研究计划项目“猕猴桃黄化病机理及防治技术的研究”(16JK1873)。

作者简介 刘文国(1967—),男,陕西西平人,副教授,从事土壤与植物营养、肥料方面的教学与科研工作。

收稿日期 2018-04-25

照设计的重量均匀铺设在地面,撒施尿素 300 kg/hm²、腐熟剂 30 kg/hm²。然后深耕翻埋。秸秆翻埋后整理小区的边界,然后起垄覆盖(秋覆膜)。第2年春天进行播种。

1.3 试验设计 采取裂区设计,主因素为 A,即不同覆膜方式,设置 2 个水平:全膜双垄沟播栽培(A₁)、全膜覆盖 1 年 2 用(A₂)。副因素为 B,设置 4 个水平:秸秆不还田(B₁)、秸秆还田(B₂)、秸秆还田+腐熟剂 1(B₃)、秸秆还田+腐熟剂 2(B₄)。全方案共 8 个处理。重复 3 次,主区面积 200 m²,裂区面积 50 m²。全膜双垄沟播栽培方法:带宽 1.2 m,每带起底宽 0.4 m、高 0.15~0.20 m 的小垄和底宽 0.8 m、高 0.10~0.15 m 的大垄,2 垄中间为播种沟,每个播种沟对应一大一小 2 个集雨垄面。选用 1.4 m 宽的地膜,边起垄边覆膜,膜与膜间不留空隙,相接处用土压住地膜,每隔 2 m 压土腰带,并在垄沟内按株距打孔集雨蓄水。每小区种玉米 5 带 10 行,按株距 0.35 m 在垄沟“品”字型点种^[18]。第 2 年揭膜翻耕栽培。

全膜覆盖 1 年 2 用方法:全地面平铺覆膜栽培,带宽 1.2 m,每带选用 1.4 m 宽的地膜平铺覆膜,膜与膜间不留空隙,在相接处用土压住地膜,每隔 2 m 压一土腰带。每小区种玉米 5 带 10 行,按大行距 0.8 m、小行距 0.4 m、株距 0.35 m 在膜面“品”字型点种。第 2 年不揭膜免耕栽培。

1.4 土壤样品采集 秋季玉米收获后采集土样,每个小区采 15 个样点,采用“S”形随机布点采样,采样深度为 0~20 cm,所有样点采来的土样混合均匀后,以 4 分法处理取一个土样,装塑料袋编号备用。

1.5 测定项目与方法 土壤样品实验室风干后,研磨过 20 目和 60 目筛备用。采用 pH-3CT 酸度计测定土壤 pH^[19];采用开氏法测定土壤全氮;采用碳酸钠熔融法测定全磷;采

用氢氧化钠灼烧法测定土壤全钾;采用重铬酸钾外加热法测定土壤有机质^[20];采用环刀法测定土壤容重^[21];采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提、钼锑抗比色法测定土壤速效磷^[22];采用火焰光度计法测定速效钾^[23-24]。

玉米成熟后及时进行田间测产,各小区单收单打,计算产量。

1.6 数据分析 所有计算均用 Excel(2003)和 DPS(7.05)数据统计分析软件^[25]完成,其中方差分析和多重比较均采用 DPS 操作完成,多重比较选择 Duncan 法。

2 结果与分析

2.1 土壤指标及玉米产量的方差分析 把土壤各种指标和玉米产量整理后,用 DPS 统计分析软件进行裂区设计方差分析,将各指标的方差分析表略去平方和、自由度、方差部分,剩余部分汇总为表 1、2,并进行 F 检验。由表 1、2 可以看出,对于主因素 A,速效钾差异达显著水平,玉米产量差异达极显著水平,其他各指标主因素差异均未达显著水平,这说明主因素 A 即不同覆膜方式仅对土壤速效钾和玉米产量产生影响,而对土壤中的其他各指标如有机质、全氮、全磷、全钾、有效磷、容重、pH 等无影响,因此对于主因素 A,仅进行速效钾和玉米产量的多重比较。而对于副因素 B,除土壤 pH 差异不显著外,其他各土壤指标及玉米产量的差异均达极显著水平,说明副因素 B 会对土壤中各种指标的含量产生极大影响,因此需对副因素 B 处理下各指标进行多重比较,由于 pH 差异不显著,因此可以认为,副因素对土壤 pH 无影响。A 和 B 主副 2 因素的交互效应,仅速效钾达显著水平,其他指标的主副因素交互效应均未达显著水平。因此需对速效钾的交互效应进行多重比较。

表 1 多种土壤指标方差分析(F 检验)

Table 1 Variance analysis of various soil indicators(F test)

变异来源 Sources of variation	有机质 Organic matter	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	速效磷 Available phosphorus	显著水平 Significant level	
					0.05	0.01
主因素 A Main factors A	0.14	0.351	14.40	10.10	18.51	98.50
副因素 B Deputy factor B	369.70**	27.600**	83.60**	36.60**	3.49	5.95
A×B	0.30	0.100	0.78	2.99	3.49	5.95

注: * 表示达 0.05 显著水平, ** 表示达 0.01 显著水平

Note: * stands for significant level at 0.05 level; ** stand for significant level at 0.01 level

表 2 多种土壤指标及玉米产量方差分析(F 检验)

Table 2 Variance analysis of various soil indicators and maize yield(F test)

变异来源 Sources of variation	全钾 Total potassium	速效钾 Available potassium	容重 Bulk density	pH	产量 Yield	显著水平 Significant level	
						0.05	0.01
主因素 A Main factors A	15.9	41.3*	0.14	0.75	779.7**	18.51	98.50
副因素 B Deputy factor B	50.5**	107.3**	27.60**	2.60	28.0**	3.49	5.95
A×B	2.4	4.1*	2.60	0.14	0.9	3.49	5.95

注: * 表示达 0.05 显著水平, ** 表示达 0.01 显著水平。

Note: * stands for significant level at 0.05 level; ** stand for significant level at 0.01 level

2.2 主因素对土壤速效钾含量的影响 由表 3 可知,主处理 A₁ 与主处理 A₂ 2 种模式差异显著,说明 2 种覆膜方式使用 1 年后,土壤速效钾含量差异显著,以全膜双垄沟播栽培方式速效钾含量较高,如果为了提高土壤速效钾含量,可以提倡在此地区推广这种栽培方式。

2.3 主因素对玉米产量的影响 由表 3 可知,主处理 A₁ 玉

米平均产量为 10 578 kg/hm²,主处理 A₂ 玉米平均产量为 9 207 kg/hm²,差异达极显著水平,说明对于玉米产量,以全膜双垄沟播栽培方式最佳,是值得推广的栽培方式。

2.4 副因素对土壤有机质含量的影响 由表 4 可知,对于副因素 B, B₄ 和 B₃ 之间土壤有机质平均含量差异不显著,但均与 B₂、B₁ 差异极显著,说明 2 种腐熟剂在秸秆还田后,对土

表 3 不同主处理对于土壤速效钾含量和玉米产量的影响

Table 3 Effects of different main treatments on soil available potassium content and maize yield

主处理 A Main treatment A	速效钾含量 Available potassium content //mg/kg	玉米产量 Maize yield kg/hm ²
A ₁	221.3 aA	10 578 aA
A ₂	208.7 bA	9 207 bB

注:同列不同小写字母表示不同主处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different main treatments at 0.05 level; different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

表 4 不同副处理对土壤养分含量的影响

Table 4 Effects of different deputy treatments on soil nutrient content

副处理 B Deputy treatment B	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	全磷 Total phosphorus g/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	全钾 Total potassium g/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
B ₁	11.61 cC	0.77 bB	0.79 cC	23.47 cC	17.33 cC	174.1 bB
B ₂	13.78 bB	0.92 aA	0.98 bB	27.51 bB	19.75 bB	225.2 aA
B ₃	14.35 aA	0.94 aA	1.05 aA	29.67 aAB	22.42 aA	229.1 aA
B ₄	14.37 aA	0.91 aA	1.06 aA	31.24 aA	22.00 aA	229.7 aA

注:同列不同小写字母表示不同副处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different main treatments at 0.05 level; different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.6 副因素对土壤全磷和速效磷含量的影响 由表 4 可知,副处理 B₃、B₄ 间土壤全磷、速效磷含量差异不显著,但均与 B₂ 差异显著,全磷达极显著水平,说明秸秆还田后,2 种腐熟剂对土壤磷影响相近,但均比不使用腐熟剂能显著提高土壤中磷含量,如 B₃ 比 B₂ 全磷增加了 0.07 g/kg,增加率为 7.1%,速效磷增加了 2.16 mg/kg,增加率为 7.8%。B₂ 与 B₁ 之间土壤磷含量差异达极显著水平,其中全磷增加了 0.19 g/kg,增加率为 24%,速效磷增加了 4.04 mg/kg,增加率为 17.2%,说明秸秆还田能极显著提高土壤全磷和速效磷含量。

2.7 副因素对土壤全钾含量的影响 由表 4 可知,副处理 B₃、B₄ 之间全钾含量差异不显著,但均与 B₂ 之间差异极显著,说明 2 种腐熟剂对土壤全钾含量影响相近,生产中采用 2 种腐熟剂均可,但在秸秆还田中使用腐熟剂比不使用腐熟剂能极显著提高土壤全钾含量,如 B₄ 比 B₂ 增加了 2.25 g/kg,增加率为 11.4%。B₂ 与 B₁ 之间差异极显著,B₂ 比 B₁ 增加了 2.42 g/kg,增加率为 14%。说明秸秆还田比不还田能极显著提高土壤全钾含量。因此,如果为了提高土壤全钾含量,生产中可以采用秸秆还田加腐熟剂模式。

2.8 副因素对土壤速效钾含量的影响 由表 4 可知,副处理 B₄、B₃、B₂ 速效钾含量差异不显著,说明腐熟剂对土壤速效钾含量无影响,但均与秸秆不还田的 B₁ 之间差异达极显著水平,如 B₂ 比 B₁ 增加了 51.1 mg/kg,增加率为 29.4%。说明秸秆还田能极显著提高土壤速效钾含量。

副因素 B 在所有指标中,仅土壤速效钾与主因素 A 的交互效应即 AxB 达显著水平,主因素下各副处理土壤速效钾含量见表 5。由表 5 可知,对于主处理 1 和主处理 2,副处理 B₄、B₃、B₂ 之间差异不显著,但均与 B₁ 之间差异显著。说明 2 种覆膜方式下,腐熟剂对土壤速效钾含量无影响,但秸秆还

田有机质影响相近,但均比不使用腐熟剂含量高,且达极显著水平。B₁ 与 B₂ 之间差异极显著,说明秸秆还田比不还田对土壤有机质有极显著提高。由此可知,为了提高土壤有机质含量,有必要推广秸秆还田+腐熟剂模式。

2.5 副因素对土壤全氮含量的影响 由表 4 可知,副处理 B₂、B₃、B₄ 之间差异不显著,但均与 B₁ 间差异达极显著水平。说明秸秆还田后,使用腐熟剂处理对土壤全氮不产生影响,且 2 种腐熟剂之间差异不显著,但秸秆还田比不还田对土壤全氮影响较大,达极显著水平,可以极显著提高土壤全氮含量,如 B₄ 比 B₁ 增加 0.14 g/kg,增加率为 18.2%。

表 5 土壤速效钾在主因素下各副处理多重比较

Table 5 Multiple comparison of soil available potassium between different deputy treatments under main factors (Duncan method)

主处理 Main treatment	副处理 Deputy treatment	速效钾含量 Available potassium content mg/kg
A ₁	B ₁	173.8 b
	B ₂	235.3 a
	B ₃	240.5 a
	B ₄	236.3 a
A ₂	B ₁	174.4 b
	B ₂	215.0 a
	B ₃	217.7 a
	B ₄	223.1 a

注:同列不同小写字母表示同一主处理不同副处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different deputy treatments in the same main treatment 0.05 level

田比不还田能显著提高土壤速效钾含量。在主处理 1 全膜双垄沟播栽培下,腐熟剂 1 优于腐熟剂 2,而在主处理 2 全膜覆盖一年两用下,刚好相反,腐熟剂 2 优于腐熟剂 1。其原因可能是 2 种腐熟剂所用菌种对覆膜环境的适应程度不同所致。

2.9 副因素对土壤容重的影响 由表 6 可知,副处理 B₁ 与 B₂、B₃、B₄ 之间土壤容重差异达极显著水平,且 B₁ 最大,如 B₂ 比 B₁ 减少了 0.05 g/cm³,减少率为 4.2%。副处理 B₂、B₃、B₄ 之间差异不显著。说明秸秆还田可以极显著降低土壤容重,秸秆还田中使用腐熟剂对土壤容重无影响。

2.10 副因素对玉米产量的影响 由表 6 可知,副处理 B₄、B₃、B₂ 之间玉米产量差异不显著,说明使用腐熟剂对玉米产

量无影响,2种腐熟剂对玉米产量影响较小,可以忽略。但均与B₁之间差异达极显著水平。说明秸秆还田可极显著提高玉米产量。

表6 不同副处理对土壤容重和玉米产量的影响

Table 6 Effects of different deputy treatments on soil bulk density and maize yield

副处理 B Deputy treatments B	土壤容重 Soil bulk density //g/cm ²	玉米产量 Maize yield //kg/hm ²
B ₁	1.24 aA	9 547.5 bB
B ₂	1.19 bB	9 934.5 aA
B ₃	1.19 bB	10 012.5 aA
B ₄	1.18 bB	10 077.0 aA

注:同列不同小写字母表示不同副处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different deputy treatments at 0.05 level

3 结论与讨论

3.1 覆膜方式对土壤理化性状和玉米产量的影响 冯佰利等^[26]阐述了覆膜可以增温保墒、抗旱抑草、协调土壤耕作层的水、热、气、养分和改善土壤理化性状;曹昌明等^[27]进行了玉米地膜覆盖与露地直播比较试验,结果表明,增产显著;刘文国等^[28]研究了不同覆膜方式对土壤水分的影响,结果表明地膜覆盖能提高作物产量和降低土壤水分损耗,党占平等^[29]研究了旱地不同覆盖模式增温效应,指出平覆地膜栽培和垄沟栽培能够有效提高旱地冬小麦全生育期积温和越冬期前的土壤温度,表层土壤增温幅度最大,随着土壤深度增加增温幅度逐渐减少。因此,覆膜方式也会影响土壤性质。该研究结果发现,2种覆膜方式土壤速效钾含量差异显著,玉米产量差异极显著,以全膜双垄沟播栽培模式为佳,但2种覆膜方式之间土壤其他指标如土壤有机质、全氮、全磷、速效磷、全钾含量差异不显著,土壤容重差异不显著。说明不同覆膜方式也会引起土壤部分性质产生差异,但产量有较大差异,笔者以为,两者都为覆膜条件,栽培技术的微小变化引起土壤微域变化,对土壤养分变化影响较小,但对旱地土壤水分利用影响较大,这是不同覆膜方式影响玉米产量有较大差异的原因。

3.2 覆膜条件下秸秆还田对土壤理化性状与玉米产量的影响 秸秆还田已被作为一项重要的农业技术措施进行研究和推广^[30]。徐莹莹等^[31]研究了秸秆不同还田方式对土壤物理性状、玉米产量以及经济效益的影响,结果表明,与对照相比,秸秆还田使土壤容重下降了3.24%~5.76%;孔隙度增加4.08%~5.89%;土壤含水率增加6.43%~10.86%。产量提高,使净收益分别增加12.60%和15.09%。该研究结果发现,在覆膜条件下,秸秆还田比不还田能够极显著提高土壤有机质、全氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾含量,降低土壤容重、提高玉米产量,但对土壤pH影响不大。

3.3 腐熟剂对土壤理化性状和玉米产量的影响 为了促进还田后的秸秆转化速率,目前主要采取了向秸秆中加入一定数量的腐熟剂,但腐熟剂对土壤中养分和性质的影响还有待进一步研究,该研究结果发现,秸秆还田后,使用腐熟剂比不

使用腐熟剂对土壤有机质、全磷、速效磷、全钾含量显著提高,但对土壤全氮、速效钾、容重、玉米产量、pH无影响。该试验中,2种腐熟剂之间土壤各种指标、玉米产量差异不显著。因此,生产中2种腐熟剂均可使用。

结合该试验结果,在该地区建议推广秸秆还田后使用腐熟剂,并推荐全膜双垄沟播栽培模式。

参考文献

- [1] 孙东宝.北方旱作区作物产量和水肥利用特征与提升途径[D].北京:中国农业大学,2017:1-10.
- [2] 王虎全,韩思明,唐拴虎,等.渭北旱原冬小麦全膜覆盖超高产栽培技术研究[J].干旱地区农业研究,1998,16(1):24-30.
- [3] 齐海敏,邱黛玉,陈高峰.覆膜栽培对土壤温度及当归产量的影响[J].中国农学通报,2017,33(3):81-87.
- [4] 王晓凌,陈明山,易现峰,等.垄沟覆膜集雨系统垄宽和密度效应对玉米产量的影响[J].农业工程学报,2009,25(8):40-47.
- [5] 王彩绒,田霄鸿,李生秀.沟垄覆膜集雨栽培对冬小麦水分利用效率及产量的影响[J].中国农业科学,2004,37(2):208-214.
- [6] 王晓凌,董普辉.密度对垄沟覆膜集雨冬小麦产量的影响[J].水土保持研究,2011,18(2):222-226.
- [7] 寇江涛,师尚礼,周万海,等.垄覆膜集雨种植对二年龄苜蓿草地土壤养分的影响[J].草业学报,2011,20(5):207-216.
- [8] 赵海云,秦慧慧,王迪.玉米地膜覆盖的播种技术[J].河南农业,2017(2):25-26.
- [9] 张雷,牛建彪,赵凡.旱作玉米提高降水利用率的覆膜模式研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):8-11,17.
- [10] 李玉玲,张鹏,张艳,等.旱区集雨种植方式对土壤水分、温度的时空变化及春玉米产量的影响[J].中国农业科学,2016,49(6):1084-1096.
- [11] 杨滨娟,钱海燕,黄国勤,等.秸秆还田及其研究进展[J].农学学报,2012,2(5):1-4.
- [12] 张静,温晓霞,廖允成,等.不同玉米秸秆还田量对土壤肥力及冬小麦产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):612-619.
- [13] 侯贤清,吴鹏年,王艳丽,等.秸秆还田配施氮肥对土壤水肥状况和玉米产量的影响[J].应用生态学报,2018(6):1928-1934.
- [14] 李国阳,燕照玲,李仟,等.秸秆还田配施肥料及腐熟剂对土壤酶活性及小麦产量的影响[J].河南农业科学,2016,45(8):59-63.
- [15] 杨丽丽,周米良,邓小华,等.不同腐熟剂对玉米秸秆腐解及养分释放动态的影响[J].中国农学通报,2016,32(30):32-37.
- [16] 张培,孙育强,赵志兰,等.秸秆腐熟剂对玉米产量及经济效益的影响[J].农业科技通讯,2017(4):82-84.
- [17] 慕兰,孙笑梅,王立河,等.不同秸秆腐熟剂在玉米秸秆粉碎还田中的应用效果研究[J].现代农业科技,2013(16):215-216.
- [18] 赵凡.旱地玉米全膜覆膜双垄面集雨沟播栽培技术[J].甘肃农业科技,2004(11):22-23.
- [19] 劳家怪.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1988:336-337.
- [20] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:33-86.
- [21] 陈忠焯.土壤肥料学[M].北京:中国农业出版社,1993:208-209.
- [22] 宋志伟,王阳.土壤肥料学[M].北京:中国农业出版社,2012:101-102.
- [23] 强秦.土壤与植物营养[M].西安:西安地图出版社,2004:108-109.
- [24] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1984:67-115.
- [25] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,1997.
- [26] 冯佰利,张保军,高小利.小麦地膜覆盖栽培技术研究现状及前景展望[J].麦类作物学报,1998,18(4):51-54.
- [27] 曹昌明,艾刚华,李叙斌.玉米地膜覆盖与露地直播栽培比较试验[J].中国农技推广,2017,33(2):23-24.
- [28] 刘文国,张建昌,曹卫贤,等.旱地小麦不同栽培条件对土壤水分利用效率的影响[J].西北农业学报,2006,15(5):47-51.
- [29] 党占平,刘文国,周济铭,等.渭北旱地冬小麦不同覆盖模式增温效应研究[J].西北农业学报,2007,16(2):24-27.
- [30] 赵亚丽,薛志伟,郭海斌,等.耕作方式与秸秆还田对冬小麦-夏玉米耗水特性和水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2014,47(17):3359-3371.
- [31] 徐莹莹,高盼,王宇先,等.秸秆不同还田方式对土壤物理性状、玉米产量及经济效益的影响[J/OL].玉米科学(2018-02-13)[2018-04-05].
http://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1201.S.20180213.1639.012.html.