

甘肃中东部旱区秸秆还田量对土壤水分、玉米生物性状及产量的影响

高 飞, 崔增团, 孙淑梅, 郭世乾, 付亲民
(甘肃省农业节水与土壤肥料管理总站, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 在甘肃省安定区凤翔镇的旱川地上通过大田试验研究了不同秸秆还田量对玉米关键生育期土壤水分、生物性状及产量的影响。试验设计为三个秸秆还田量水平, 分别为 100% 玉米秸秆 ($10\,500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) 粉碎还田、75% 玉米秸秆 ($7\,875\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) 粉碎还田、50% 玉米秸秆 ($5\,250\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) 粉碎还田, 对照为秸秆不还田。每个处理设 3 次重复, 随机区组排列, 玉米秸秆粉碎后均匀翻埋至 0~25 cm 的土层。结果表明: 播前各还田处理 0~200 cm 土层土壤含水量均较 CK 有所提高, 秸秆还田量由高到低, 土壤含水量平均分别提高 2.0%、2.8% 和 1.9%, 但不同还田量之间差异不显著; 玉米株高、茎粗和叶面积较对照显著增加 ($P<0.05$); 100%、75% 和 50% 等三个不同秸秆还田量处理的玉米产量较对照分别提高 10.3%、5.7% 和 3.7%, 玉米水分利用效率 (WUE) 较对照分别提高 9.2%、4.9% 和 3.1%。秸秆还田措施可提高土壤的保墒贮水能力, 促进作物生长, 增加产量, 提高水分利用效率。

关键词: 秸秆还田; 土壤水分; 玉米生物性状; 甘肃中东部旱区
中图分类号: S343.1 **文献标志码:** A

Effects of straw returning on soil water, biological traits and yield of maize in the eastern arid region of Gansu

GAO Fei, CUI Zeng-tuan, SUN Shu-mei, GUO Shi-qian, FU Qin-min
(Agricultural Water-saving and Soil fertility Management Station of Gansu, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: To investigate the effects of different straw returning treatments on the yield, soil water, and growth characteristics of corn during key growth period, a field experiment was conducted in the area of eastern Gansu province. The experiment of corn straw returning was implemented by three levels including $10\,500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (G), $7\,875\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (Z), and $5\,250\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (D). The control treatment had no straw returning. Each treatment contained three replicates. With a completely randomized block arrangement, straw was chopped at the length about 5 cm and was uniformly buried in the 25 cm soil layer. The results showed that compared with the control treatment, the average soil moisture in the 0~200 cm soil layer was significantly increased by 2.0%, 2.8% and 1.9% by G, Z and D treatments, respectively. The differences were not significant between different straw returning treatments. Compared with CK, maize height, stem diameter and leaf area had been significantly increased ($P<0.05$) by 100% to 50%. Also, grain yield of corn was increased by 10.3%, 5.7% and 3.7%, respectively; WUE of corn was increased by 9.2%, 4.9% and 3.1%, respectively. The results indicated that straw returning treatments in the area of eastern Gansu province can increase WUE, ability of soil water storage and soil microbial content, improving soil physical and chemical properties and thereby increasing the yield of corn.

Keywords: straw returning; soil moisture; corn biological traits; arid region in eastern Gansu

近年来, 甘肃省中东部旱区由于化肥、农药及地膜施用量逐年加大, 土壤理化性状逐渐恶化, 土壤有机质含量不断下降, 致使土壤贮蓄天然降水的能力变弱、耕地质量等级下降, 限制了作物增产的潜

收稿日期: 2015-05-15
基金项目: 耕地保护与质量提升项目甘财农[2014]203 号
作者简介: 高 飞(1982—), 男, 山西侯马人, 硕士, 主要从事耕地质量保护与提升技术的研究和应用推广。E-mail: gsnwatergfei@163.com。
通信作者: 崔增团(1963—), 男, 陕西华阴县人, 推广研究员, 主要从事农田节水和土壤肥料技术的应用推广和研究。E-mail: gsnwater@163.com。

力^[1-2]。实行秸秆还田能改善土壤理化性状,补充土壤养分,增加土壤团粒体,改进土壤渗水性,是作物生产中节水保墒、增加作物产量和提高水分利用效率的有效措施^[3-6]。同时,通过秸秆还田,可充分利用秸秆资源,减轻焚烧秸秆对生态环境的不利影响,也是发展有机可持续农业的一条有效途径。关于秸秆还田的研究^[7-12],已经取得了一定进展。李有兵^[13]等研究表明,在秸秆还田条件下,15%减量施N对作物养分含量和吸收量影响相对较小。30%减量施N会显著降低小麦和玉米秸秆N含量,N、K携出量,籽粒N和秸秆N、K周年总吸收量。长期来看,30%减量施N处理有造成土壤N素亏缺的风险。杜守宇称^[14],秸秆还田可减轻雨水对土壤的拍打冲击淋洗,保持表土不被压实而下沉,并可以消除阳光曝晒而引起的表土硬结龟裂,使土壤保持良好的结构;更为重要的是秸秆还田后增加了土壤有机质,土壤中腐殖质与团粒结构的比重大大增加,容重下降,稳水保肥性能增强,为土壤良好结构的形成奠定了基础。前人的研究虽然已基本明确秸秆还田对作物生长发育和产量形成的影响以及对改良土壤的重要作用,但关于不同秸秆还田量对甘肃干旱区玉米的生长和关键生育时期土壤水分变化的影响研究还少见报道。

据此,本研究在甘肃中东部旱区定位设置了不同秸秆还田量试验,对土壤水分、玉米生长的影响进行了分析,为秸秆还田技术的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2013—2014年设在安定区凤翔镇景家口村(位于甘肃中东部旱区)的旱川地中进行。该地土壤类型为黑麻垆土,试验地海拔2 030 m,气候干燥,蒸发强烈,年平均降雨量360 mm,降雨多集中在7—9三个月,蒸发量1 500 mm,无霜期141天。年平均气温6.5℃,≥10℃有效积温2 239.1℃,播前采样化验耕层土壤(0~20 cm)有机质含量11.521 g·kg⁻¹,速效氮128 mg·kg⁻¹,速效磷11.24 mg·kg⁻¹,速效钾378 mg·kg⁻¹,试验地前茬作物为玉米。

1.2 试验设计

试验共设4个处理,处理G:收获后100%玉米秸秆10 500 kg·hm⁻²粉碎还田、处理Z:收获后75%玉米秸秆7 875 kg·hm⁻²粉碎还田、处理D:收获后50%玉米秸秆5 250 kg·hm⁻²粉碎还田,对照为秸秆不还田。每个处理设3次重复,随机区组排列,小区

面积为(6 m×10 m)60 m²。秸秆被粉碎机打碎成5 cm左右的小段,均匀翻埋至不同处理小区25 cm左右深度的土层。2013年试验地前茬作物为玉米,收获玉米籽粒后,10月20日将玉米秸秆粉碎按试验设置要求进行秸秆还田,10月29日起垄铺膜,大垄宽70 cm,垄高10 cm,小垄宽40 cm,垄高15 cm,全膜覆盖;2014年4月17日垄沟内穴播点种,品种为沈单16,处理及对照播前均施用575 kg·hm⁻²过磷酸钙和450 kg·hm⁻²尿素,密度5.25万株·hm⁻²,10月11日收获。玉米全生育期降雨量为474.8 mm,较常年同期偏多26%。

1.3 计算方法

1.3.1 土壤水分含量的测定 土壤水分含量测定深度为0~200 cm土层,取样方法为每0~20 cm取1个土样,测定时间为玉米播种期、生长各阶段及收获期,,每次测定3次重复,采用烘干法测定。

1.3.2 土壤贮水量的计算:

$$W = h \times a \times b \times 10/100$$

式中, W 为土壤贮水量(mm), h 土层深度(cm), a 土壤容重(g·cm⁻³), b 土壤含水量(质量%)。其中土壤容重使用环刀法测定。

1.3.3 土壤耗水量的计算:

$$ET_a = W_1 - W_2 + P$$

式中, ET_a 为土壤耗水量(mm), W_1 播前土贮水量(mm), W_2 收获后的贮水量(mm), P 生育期有效降水量(mm),式中土壤贮水量及耗水量均以2 m土层含水量计算。

1.3.4 水分利用效率:

$$WUE = Y/ET_a$$

式中, WUE 为水分利用效率(kg·mm⁻¹·hm⁻²), Y 为作物籽粒产量(kg·hm⁻²)。

1.3.5 株高、径粗和叶面积的测定 每小区选5株有代表性、长势一致植株进行挂牌标记,从进入拔节期开始,在各生育时期测单株株高、径粗和叶面积。叶面积测定方法采用系数法,即单叶面积=叶片中脉长度(cm)×叶片最大宽度(cm)×系数(0.75),株高(cm)采用卷尺测量,径粗(cm)采用游标卡尺测量。

1.3.6 产量因素的测定 测定项目为收获后玉米产量及穗部性状(千粒重、穗粒数、穗长及穗粗),数据结果为3次重复的平均值。

1.4 统计方法

用DPS6.55处理软件进行样本方差分析及Duncan's新复极差检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理下玉米各生长阶段的土壤水分含量变化

图 1 表明的是 2014 年玉米全生育期 0~200 cm 土层土壤水分的动态变化。播前各还田处理 0~200 cm 土层土壤含水量均较 CK 有所提高,秸秆还田量由高到低,土壤含水量平均分别提高 2.0%、2.8%、1.9%。秸秆还田处理与对照之间土壤贮水量差异不显著 ($P > 0.05$)。随着玉米生育进程的推移,玉米生长耗水增加,各处理土壤贮水量较对照呈现下降趋势。由图 1 可以看出,在玉米苗期,随秸秆还田量由高到低,0~200 cm 土层的土壤平均含水量分别较 CK 提高 5.0%、3.9%、2.5%,但各秸秆还田处理间无显著差异 ($P > 0.05$);抽雄期 0~200 cm 土层土壤平均含水量分别较 CK 提高 8.8%、12.0%、10.6%,100% 秸秆还田处理与对照间差异显著 ($P < 0.05$)。玉米进入灌浆期,生殖生长旺盛,耗水强度较大,同时当地雨水此时也较为丰沛。在降雨前取土样经过烘干法测定,随秸秆还田量由高到低,灌浆期 0~200 cm 土层土壤平均含水量分别较 CK 提高 2.9%、3.8%、2.4%;收获期 0~200 cm 土层土壤平均含水量分别较 CK 显著提高 4.5%、7.7%、6.3% ($P < 0.05$)。土壤贮水量在玉米生长旺盛生育时期(拔节期、抽穗期、灌浆期),由于还田处理玉米生长旺盛需水量较大所以土壤贮水量有小于 CK 对照的趋势。

2.2 玉米植株的农艺性状变化

2.2.1 玉米株高 由图 2 可见,不同还田处理的玉米株高动态变化均呈先增高后趋向平稳的变化态势。秸秆还田处理的玉米株高在苗期和抽穗期明显高于对照 ($P < 0.05$),在玉米抽穗期 100% 秸秆还田、75% 秸秆还田和 50% 秸秆还田处理株高较对照分别高 33.4、22.2、9.8 cm;玉米播种后,全生育期 100% 秸秆还田、75% 秸秆还田和 50% 秸秆还田处理下平均株高较对照高 20.15%、13.16% 和 8.18%。

2.2.2 玉米茎粗 由图 3 可见,不同还田处理下,喇叭口期 100% 秸秆还田、75% 秸秆还田处理的玉米茎粗与对照差异显著,50% 秸秆还田处理玉米茎粗与对照差异不显著 ($P < 0.05$)。在玉米全生育期,喇叭口期的茎粗变化最为明显,100% 秸秆还田、75% 秸秆还田处理的茎粗都显著大于对照,分别高出对照 62.74%、40.25%。

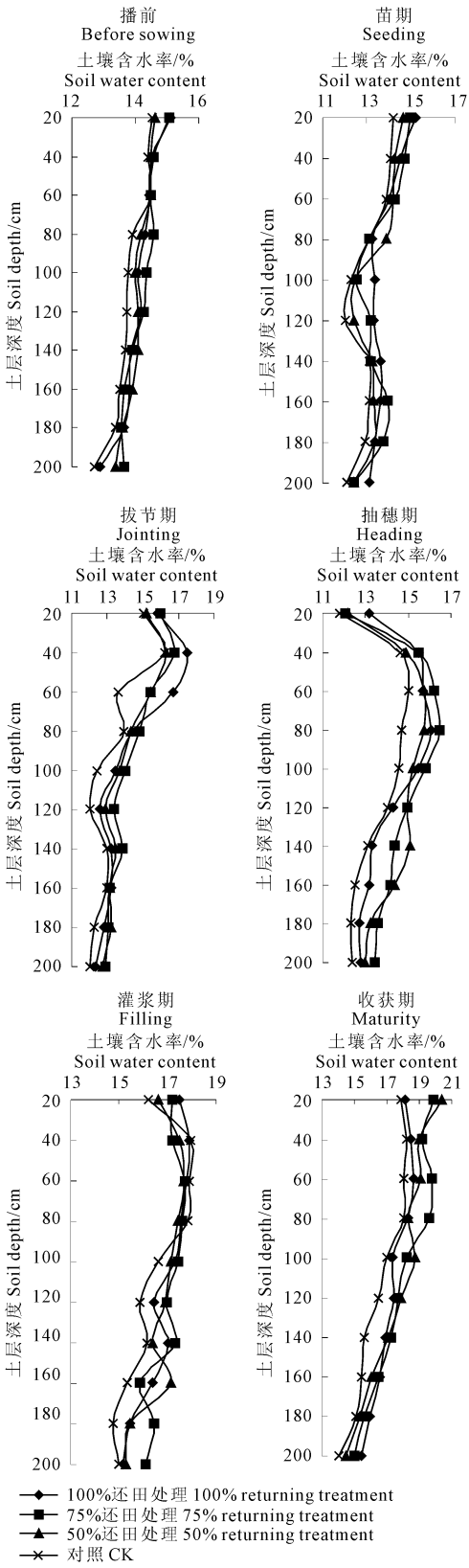


图 1 不同还田量处理对玉米全生育时期 0~200 cm 土层土壤水分变化的影响
Fig. 1 Effects of the water in the 0~200 cm soil layer during the whole growth period of corn by different treatments

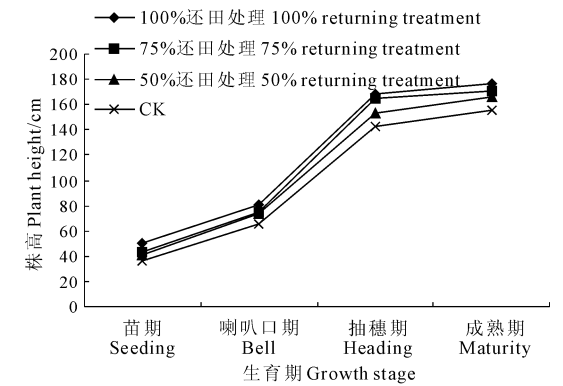


图 2 玉米株高动态
Fig.2 Corn plant height dynamics

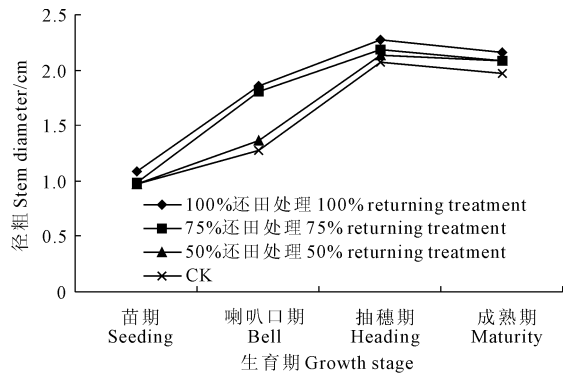


图 3 玉米径粗动态
Fig.3 Corn stem diameter dynamics

2.2.3 玉米叶面积 由图 4 可见,不同秸秆还田量处理下,在苗期和喇叭口期,玉米单株叶面积明显大于对照且差异显著($P < 0.05$)。全生育期 100%秸秆还田、75%秸秆还田和 50%秸秆还田处理下玉米单株叶面积平均较对照大 21.14%、12.21% 和 6.17%。

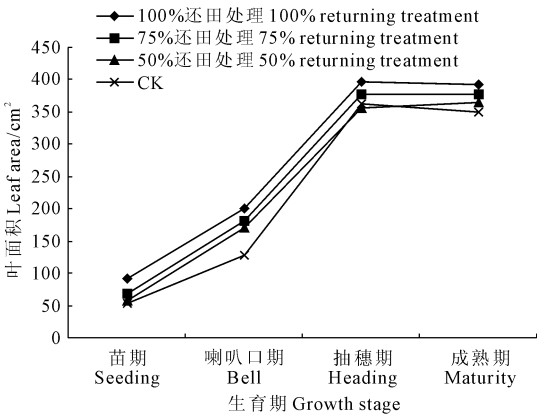


图 4 玉米叶面积动态
Fig.4 Corn leaf area dynamics

2.3 玉米产量构成因素及穗部性状

对 3 种不同还田量处理下的玉米产量构成因素及穗部性状的分析结果表明(表 1),不同秸秆还田处理对玉米穗长无明显影响。100%秸秆还田处理显著增加了玉米千粒重、穗粒数、穗粗等,较对照分别增加 11.3%、33.4% 和 11.2%。

表 1 玉米产量构成因素及穗部性状
Table 1 Corn yield components and panicle traits

处理 Treatments	千粒重 Weight per 1000 grains/g	穗粒数 Number of grains per ear	穗长 Ear length /cm	穗粗 Ear diameter /cm	空秆率 Blank stem rate /%
100% 还田	330.9a	531.3a	22.9a	5.05a	10.2
75% 还田	316.5a	521.5a	22.7a	4.62b	9.7
50% 还田	312.4ab	405.3b	21.6a	4.56b	12.2
CK	297.4b	398.2b	21.2a	4.54b	15.1

注:同列数据后不同小写字母表示差异达 5% 显著水平,下同。
Note: The data in the same column followed by different small letters mean significantly different at $P < 0.05$ level, and hereinafter.

2.4 玉米产量和水分利用效率

如表 2 所示,经过测产后,100% 秸秆还田处理玉米产量最高,达 $8\,330.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其次为 75% 秸秆还田处理和 50% 秸秆还田处理,分别较对照提高 10.3%、5.7% 和 3.7%,不同秸秆还田量处理玉米产量与对照相比差异均达到显著水平,100% 秸秆还田处理与其余两种还田处理间存在明显差异,而 75% 秸秆还田处理与 50% 秸秆还田处理之间差异不明显($P > 0.05$)。随秸秆还田量水平不同,秸秆还田处理玉米水分利用效率较 CK 分别提高 9.2%、

4.9% 和 3.1%,秸秆还田处理水分利用效率与对照相比差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 玉米产量及水分利用效率
Table 2 Corn yields and WUE

处理 Treatments	产量 Yields /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	ET_a /mm	WUE /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$)
100% 还田	8330.5a	468.2	17.8a
75% 还田	7985.4b	467.1	17.1a
50% 还田	7832.2b	466.2	16.8a
CK	7552.1c	461.9	16.3a

3 讨论与结论

秸秆还田可以形成良好团聚体结构的土壤,具有高度的孔隙性、持水性和通透性,还可以提高土壤有机质含量、优化土壤物理性状,在植物生长期能很好的调节植物对水、肥、气、热诸因素的需要,为作物高产提供了保证^[15-18]。相关研究同时表明,长期施用秸秆对土壤微生物环境也有改良作用,秸秆还田能够使 0~40 cm 土层细菌、真菌、放线菌群体数量明显增加,有效增加土壤微生物 C 源供给,有利于土壤的可持续发展^[19-21]。通过本试验可知,秸秆还田处理可以提高播前 0~200 cm 土层土壤贮水量,随还田量的不同而不同;在玉米出苗到拔节期还田处理较对照土壤贮水量有不同程度增加。从拔节到灌浆期,各处理的土壤贮水量较对照有所下降,该时段秸秆还田处理的玉米株高、单株叶面积和玉米茎粗较对照增长幅度显著,其土壤贮水量低于对照可能与玉米旺盛生长消耗较多水分有关;在玉米生长后期,秸秆腐解过程基本结束,且进入当地雨季,降水较多,秸秆还田处理的保墒贮水能力得以体现,改善了土壤水分状况,因而表现出秸秆还田处理较对照土壤贮水量增加的态势。

并非秸秆还田量越多越有利于土壤理化性状和保墒贮水能力的改善。吴菲研究结果表明,秸秆还田后对土壤水分性状的影响具有双重性^[22]:初期秸秆腐解过程消耗大量水分,产生与作物争夺水分的现象;腐解过程结束后,由于秸秆还田增加了土壤的保水性,因而有利于土壤水分状况的改善和土壤含水量的增加。在不同土壤条件和气候条件下,秸秆的完全腐解时期延续的长短不同。在本研究中,经过一年的还田试验,大部分秸秆已经得到腐解(这可能与全膜覆盖导致地温上升,同时试验当年雨水充足有关),因而改善了土壤的水分状况,秸秆还田量的多少与玉米的产量、株高、径粗、叶面积等指标存在一定的相关性。

试验表明,100% 秸秆还田处理玉米产量最高,为 $8\,330.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,较对照产量显著提高,增幅为 10.3%。这是由于秸秆还田措施提高了土壤贮水量,促进了玉米的生长,增加了玉米单株叶面积,进而增强了植物的光合作用,同时还田措施还增加了土壤的微生物含量,从而使土壤酶的活性显著提高,加速土壤矿质养分和土壤有机质养分的分解利用,为玉米生长发育提供了充足的养分供应,最终使玉米的产量增加,水分利用效率提高。

参 考 文 献:

- [1] 折翰非,杨祁峰,牛芬菊,等.不同秸秆还田量对旱地全膜双垄沟播土壤水分及玉米生长的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(6):138-142.
- [2] 牛芬菊,张雷,李小燕,等.旱地全膜双垄沟播玉米秸秆还田对玉米生长及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(3):161-165.
- [3] 张电学,韩志卿,刘微,等.不同促腐条件下秸秆直接还田对土壤养分时空动态变化的影响[J].土壤通报,2005,36(3):360-364.
- [4] 陈尚洪,朱钟麟,吴婕,等.紫色土丘陵区秸秆还田的腐解特征及对土壤肥力的影响[J].水土保持学报,2006,20(6):141-144.
- [5] 劳秀荣,孙伟红,王真,等.秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响[J].土壤学报,2003,40(4):618-623.
- [6] 武志杰,张海军,许广山,等.玉米秸秆还田培肥土壤的效果.应用生态学报[J].2002,13(5):539-542.
- [7] 马永良,师宏奎,张书奎,等.玉米秸秆整株全量还田土壤理化性状的变化及其对后茬小麦生长的影响[J].中国农业大学学报,2003,8(s):42-46.
- [8] 刘建国,卞新民,李彦斌,等.长期连作和秸秆还田对棉田土壤生物活性的影响[J].应用生态学报,2008,19(5):1027-1032.
- [9] 王小彬,蔡典雄,张镜清,等.旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2000,33(4):54-61.
- [10] 谭周进,李倩,陈冬林,等.稻草还田对晚稻土微生物及酶活性的影响[J].生态学报,2006,26(10):3385-3392.
- [11] 姜益娟,郑得明,吕双庆,等.连续施用棉籽饼和棉秆还田及化肥配施的培肥效应[J].干旱地区农业研究,1999,17(4):16-21.
- [12] 任小龙,贾志宽,陈小莉,等.模拟不同雨量下沟垄集雨种植对春玉米生产力的影响[J].生态学报,2008,28(3):1006-1015.
- [13] 李有兵,李锦,李硕,等.秸秆还田下减量施氮对作物产量及养分吸收利用的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(1):79-84.
- [14] 杜守宇,田恩平,温敏,等.秸秆覆盖还田的整体功能效应与系列化技术研究[J].干旱地区农业研究,1994,12(2):88-94.
- [15] 强学彩,袁红莉,高旺盛.秸秆还田量对土壤 CO₂ 释放和土壤微生物量的影响[J].应用生态学报,2004,15(3):469-472.
- [16] 孔垂华,徐涛,胡飞.胜红藜化感作用研究 II.主要化感物质的释放途径和活性[J].应用生态学报,1998,9(3):257-260.
- [17] 张电学,韩志卿,刘微,等.不同促腐条件下玉米秸秆直接还田的生物学效应研究[J].植物营养与肥料学报,2005,11(6):742-749.
- [18] 陈恩凤,周礼恺,武冠云.微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评断土壤肥力水平中的意义[J].土壤学报,1994,31(1):18-28.
- [19] 张赛,王龙昌.秸秆还田方式对土壤呼吸和作物生长发育的影响[J].西南大学学报(自然科学),2013,35(11):43-48.
- [20] 陈芝兰,张治平,蔡晓布,等.秸秆还田对西藏中部退化农业田土壤微生物的影响[J].土壤学报,2005,42(4):696-699.
- [21] 慕平,张恩和,王汉宁,等.连续多年秸秆还田对玉米耕层土壤理化性状及微生物量的影响[J].水土保持学报,2011,25(5):81-85.
- [22] 吴菲.玉米秸秆连续多年还田对土壤理化性状和作物生长的影响[D].北京:中国农业大学,2005.