

砂姜黑土区秸秆还田对玉米生育及水分利用效率的影响

沈学善^{1,2} 李金才^{1*} 屈会娟^{1,3} 魏凤珍¹ 张一¹

(1. 安徽农业大学 农学院,合肥 230036; 2. 四川省农业科学院 土壤肥料研究所,成都 610066;
3. 四川省农业科学院 生物技术核技术研究所,成都 610066)

摘要 为了在淮北砂姜黑土区推广小麦玉米秸秆全量还田技术,采用大田定位试验,设置小麦玉米秸秆不还田、小麦玉米秸秆单季还田和小麦玉米秸秆两季还田 4 种秸秆还田方式,研究了小麦、玉米秸秆全量粉碎还田对机播夏玉米出苗、生育、产量和水分利用效率的影响。结果表明:小麦玉米秸秆两季还田处理 2008 和 2009 年玉米出苗数分别比对照高 3.25% 和 11.98%;出苗均匀度、株高整齐度、幼苗素质和耕层土壤含水率均高于对照,最终 2008 和 2009 年玉米产量分别较对照提高了 7.92%、9.51%,土壤水分利用效率分别提高了 8.15%、9.48%。可见,砂姜黑土区小麦玉米秸秆两季全量还田有利于玉米生长发育,提高籽粒产量。

关键词 砂姜黑土; 秸秆还田; 玉米; 出苗; 水分利用效率

中图分类号 S 513

文章编号 1007-4333(2011)02-0028-06

文献标志码 A

Effects of straw returned to the field on growth and water use efficiency of maize in lime concretion black soil region

SHEN Xue-shan^{1,2}, LI Jin-cai^{1*}, QU Hui-juan^{1,3}, WEI Feng-zhen¹, ZHANG Yi¹

(1. Agronomy College, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China;

3. Institute of Biotechnology and Nuclear Technology, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China)

Abstract The effects of straw returned to the field which including no straw returning (CK), wheat straw returning (T1), maize straw returning (T2) and wheat and maize straw returning (T3) on emergence, growth, yield and water use efficiency of maize under field location condition to generalize the techniques of total straw of wheat and maize returned to the field in lime concretion black soil region of Huaibei plain. The results showed that to compared with CK, the maize emergence number of T3 were increased by 3.25% and 11.98% in 2008 and 2009, respectively. The emergence rate, emergence uniformity, evenness of plant height, seedling quality and soil water content of T3 were higher than that of CK, which created a good population growth condition for maize, thus the population leaf area index and dry matter accumulation of that were improved. Finally, be compared with CK, the yield of T3 were increased by 7.92% and 9.51% while water use efficiency of that were increased by 8.15% and 9.48% in 2008 and 2009, respectively. Therefore, under the condition of wheat/maize straw returned in two seasons, the growth and grain yield of maize could be improved.

Key words lime concretion black soil; straw returned to the field; maize; emergence; water use efficiency

安徽淮北小麦、玉米一年两熟农作区,土壤主要为砂姜黑土,质地黏重,易旱易涝,适耕期短。夏玉米多采用人工点播或小型免耕犁茬播种机播种,播种出苗质量难以保证。近年来随着小麦玉米机械化

收割的普及,机械收获后作物的残茬影响下季作物的播种及出苗,很多地方进行了就地焚烧,既浪费资源、污染环境,又不利于下季作物的萌发和幼苗生长^[1-2]。该区年降水量为 800~900 mm,降水充沛,

收稿日期: 2010-11-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2009BADA6B03; 2007BAD89B10)

第一作者: 沈学善,助理研究员,博士,主要从事作物高产栽培生理生态研究,E-mail: shenxueshan@126.com

通讯作者: 李金才,教授,博士生导师,主要从事小麦逆境生理生态研究,E-mail: lj5122423@126.com

但季节分配不均,玉米遭受伏旱或夹秋旱的概率为60%左右。土壤保水性能差,水资源利用效率低下是该区农业可持续发展的突出问题。秸秆还田可以改土培肥、蓄水保墒、提高水分利用效率,是农艺节水的有效措施之一,国内已有大量研究和应用^[3-10]。研究^[11-13]认为,麦秸低茬覆盖有利于玉米幼苗根系和植株后期生长,提高籽粒产量。进一步的研究^[9-14]表明,平茬处理与除茬和立茬处理机播夏玉米的播种质量差异不显著,且平茬处理有利于提高土壤含水率,促进玉米后期生长,增加籽粒产量。已有的研究多是在干旱、半干旱的壤土地区进行的,而在淮北半干旱半湿润的砂姜黑土农区,有关小麦玉米秸秆全量连续还田对夏玉米出苗、生育、产量和水分利用效率的影响研究较少。本研究旨在综合考察小麦玉米秸秆连续全量还田对机播夏玉米出苗、生育、产量和水分利用效率的影响,为淮北砂姜黑土地区小麦玉米秸秆还田提供理论依据和实践尝试。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

定位试验于2007—2009年在安徽省蒙城县农业科技示范场进行,供试土壤为砂姜黑土。2008和2009年玉米生育期内降雨量分别为466和510 mm,未进行人工灌水。

玉米品种为郑单958。共设4个处理,CK:小麦玉米秸秆均不还田;T1:小麦秸秆不还田玉米秸秆全量粉碎翻埋还田;T2:小麦秸秆全量粉碎覆盖还田玉米秸秆不还田;T3:小麦秸秆全量粉碎覆盖还田玉米秸秆全量粉碎翻埋还田。

在小麦玉米收获时均在收割机出草口处加装秸秆粉碎抛撒装置。小麦机收灭茬后使用带状旋耕施肥播种机播种玉米。小区面积5.4 m×8.5 m,4次重复。行距60 cm,密度为67 500株/hm²。2008年6月6日播种,播量为37.5 kg/hm²;2009年6月14日播种,播量为48.75 kg/hm²。基施复合肥450 kg/hm²(N、P₂O₅、K₂O质量分数均为15%),6和12叶展期分别追施纯N 112.5和120 kg/hm²。

1.2 测试项目与方法

1.2.1 出苗情况调查

播种后15 d,每处理随机选10个点,调查5 m双行苗数,计算出苗率。参考李少昆等^[15]的方法,扒开秸秆和覆土,分别计数秸秆或根茬物理阻碍不

能出苗种子数、播种过深不能出土的芽数、未发芽种子数,分别除以该样段全部未出苗的种子数,计为各因素对出苗的影响率。沿行长连续取30株,量株高,用整齐度系数(变异系数的倒数)表示株高整齐度(整齐度系数= \bar{x}/S)。整齐度系数越大,表示该处理出苗越整齐。基本苗均匀度 $P=[1-(\bar{x}_1-\bar{x}_2)/\bar{x}]\times 100\%$ 。 \bar{x}_1 :半数高点基本苗平均数; \bar{x}_2 :半数低点基本苗平均数; \bar{x} :全部样点基本苗平均数。 P 值越大,表示出苗越均匀。

1.2.2 玉米生长和水分利用效率

在各生育时期,分别测量株高和单株绿叶面积,计算叶面积指数。将植株按器官分开,80℃烘干后称重,计算单株干质量和群体干物质积累量。成熟期每小区收获30株,籽粒晒干后计算产量。根系活力测定参照赵世杰等^[16]的方法,用TTC(红四氮唑)的还原强度表示。2008年玉米吐丝期于晴朗之日上午9:00—11:00在自然光下测定穗位叶净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间CO₂浓度。所用仪器为美国Li-cor公司生产的便携式LI-6400光合测定仪。参考王珍^[6]的方法测定土壤含水率和土壤水分利用效率。叶片水分利用效率=光合速率/蒸腾速率。

2 结果与分析

2.1 小麦玉米秸秆还田对玉米出苗情况的影响

由表1可见,玉米出苗数、出苗率、出苗均匀度和幼苗株高整齐度均表现为T3>T2>T1>CK。2008年,秸秆还田处理(T1、T2、T3)较对照的出苗数分别高1.79%、2.11%和3.25%;2009年,分别高4.58%、10.13%和11.98%。表明秸秆还田可以提高夏玉米的出苗数,且小麦玉米秸秆两季还田处理(T3)显著高于对照。

具体分析影响玉米出苗的因素可分为秸秆物理阻碍、播种过深和水分不足等。2008年,因播种时土壤含水率较高(图1),带状旋耕起来的土块较大,不易破碎,覆土过深且大土块压苗是影响玉米出苗的主要因素,其次为秸秆阻碍;2009年,播种后15 d内降雨较少,土壤干旱,水分不足是影响玉米出苗的主要因素,其次为播种过深。麦秸当季还田处理(T2、T3)秸秆阻碍出苗的效应高于麦秸当季不还田处理(CK、T1),而其因水分不足影响玉米出苗的效应则低于麦秸当季不还田处理。

表1 不同处理玉米的出苗情况及其影响因素

Table 1 Seedling emergence and its influence factors to maize under different treatment

年份	处理	出苗数/(万/hm ²)	出苗率/%	株高整齐度	出苗均匀度/%	影响玉米出苗因素所占的比例/%		
						秸秆阻碍	播种过深	水分不足
2008	CK	6.16 c	52.57 c	4.61 c	68.24 c	18.34	70.34	11.32
	T1	6.27 b	53.48 b	5.18 b	70.35 b	19.28	70.49	10.23
	T2	6.29 b	53.71 b	5.27 b	71.78 b	27.94	68.57	3.49
	T3	6.36 a	54.30 a	6.77 a	79.64 a	28.76	69.14	2.10
2009	CK	10.27 b	67.42 b	4.70 c	69.17 c	12.21	27.69	60.10
	T1	10.74 b	70.53 b	5.33 b	72.25 b	12.58	27.92	59.50
	T2	11.31 a	74.26 a	5.43 b	73.12 b	25.25	15.56	59.19
	T3	11.50 a	75.48 a	7.98 a	84.49 a	26.34	15.93	57.73

注:同列不同小写字母表示5%水平差异显著,下同。

2.2 对玉米幼苗素质的影响

表2 2 可示,秸秆还田处理3和6叶期玉米的株高、单株叶面积和干质量及根系活力均显著高于对

照,且小麦玉米秸秆两季还田处理显著高于秸秆单季还田处理。表明小麦玉米秸秆两季全量还田有利于促进玉米生长,可以提高玉米幼苗素质,形成壮苗。

表2 小麦玉米秸秆还田对玉米幼苗素质的影响

Table 2 Effects of wheat and maize straw returned to the field on maize seedling quality

时期	处理	2008年				2009年			
		株高/ cm	叶面积/ cm ²	干质量/ g	根系活力/ (mg/(g·h))	株高/ cm	叶面积/ cm ²	干质量/ g	根系活力/ (mg/(g·h))
3叶期	CK	19.37 c	51.75 c	0.51 c	4.35 c	18.80 c	49.03 c	0.46 c	4.68 c
	T1	20.32 b	56.50 b	0.55 b	4.65 b	19.67 b	53.78 b	0.50 b	4.99 b
	T2	20.71 b	58.93 b	0.57 b	4.76 b	20.10 b	57.21 b	0.51 b	5.12 b
	T3	21.79 a	63.16 a	0.60 a	5.12 a	21.20 a	61.44 a	0.53 a	5.67 a
6叶期	CK	69.32 c	655.87 c	16.72 c	6.28 c	65.56 c	547.53 c	14.21 c	6.32 c
	T1	71.86 b	674.24 b	17.95 b	6.87 b	66.84 b	605.51 b	15.84 b	6.75 b
	T2	73.23 b	687.88 b	18.22 b	6.95 b	67.47 b	623.73 b	16.57 b	6.84 b
	T3	75.18 a	741.84 a	19.06 a	7.51 a	68.42 a	665.51 a	17.65 a	7.56 a

2.3 对玉米叶面积指数的影响

综合2年结果可以看出(表3),秸秆还田处理玉米各生育时期的叶面积指数均显著高于对照,且

小麦玉米秸秆两季还田处理显著高于秸秆单季还田处理。表明小麦玉米秸秆两季还田可以增加玉米的群体光合面积,促进光合生产。

表3 小麦玉米秸秆还田对玉米叶面积指数的影响

Table 3 Effects of wheat and maize straw returned to the field on leaf area index of maize

处理	2008年					2009年				
	3叶期	6叶期	大喇叭口期	吐丝期	吐丝后25 d	3叶期	6叶期	大喇叭口期	吐丝期	吐丝后25 d
CK	0.032 c	0.40 c	3.72 c	4.37 c	4.28 c	0.033 c	0.37 c	3.32 c	4.55 c	4.23 c
T1	0.035 b	0.42 b	3.83 b	4.48 b	4.47 b	0.036 b	0.41 b	3.58 b	4.62 b	4.33 b
T2	0.037 b	0.43 b	3.88 b	4.52 b	4.51 b	0.039 b	0.42 b	3.76 b	4.66 b	4.38 b
T3	0.040 a	0.47 a	3.96 a	4.62 a	4.64 a	0.041 a	0.45 a	4.07 a	4.78 a	4.59 a

2.4 对玉米光合参数的影响

叶片净光合速率是光合作用的重要体现。表 4 所示, 秸秆还田处理玉米叶片的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率均显著高于对照, 且小麦玉米秸秆两季还田处理显著高于秸秆单季还田处理。胞间 CO₂

浓度变化规律则相反。与 CK 相比, T1、T2 和 T3 处理的净光合速率分别提高了 9.31%、12.54% 和 19.33%, 表明小麦玉米秸秆两季还田可提高玉米叶片的光合性能, 有利于干物质的积累。

表 4 小麦玉米秸秆还田对玉米吐丝期光合特性的影响(2008 年)

Table 4 Effects of wheat and maize straw returned to the field on photosynthesis traits of maize at silking stage(2008 year)

处 理	净光合速率/ ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)	气孔导度/ ($\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)	蒸腾速率/ ($\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)	胞间 CO ₂ 浓度/ ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)
CK	20.74 c	406.56 c	7.21 c	265.61 a
T1	22.67 b	424.33 b	7.62 b	253.98 b
T2	23.34 b	433.60 b	7.73 b	241.76 c
T3	24.75 a	448.21 a	8.13 a	227.87 d

2.5 对玉米干物质积累的影响

生物产量的高低代表了玉米的群体光合生产能力, 从 2 年结果来看(表 5), 秸秆还田处理玉米各生育时期的群体干物质积累量均显著高于对照, 且小

麦玉米秸秆两季还田处理显著高于秸秆单季还田处理。表明小麦玉米秸秆还田能促进玉米群体光合生产, 增加群体生物产量。

表 5 小麦玉米秸秆还田对玉米干物质积累的影响

Table 5 Effects of wheat and maize straw returned to the field on dry matter accumulation of maize kg/hm^2

年 份	处 理	3 叶期	6 叶期	大喇叭口期	吐丝期	吐丝后 25 d	成熟期
2008	CK	31.41 c	1 030.24 c	4 489.57 c	8 230.22 c	11 270.84 c	18 334.47 c
	T1	34.74 b	1 124.93 b	4 936.31 b	8 857.36 b	12 246.97 b	19 255.98 b
	T2	35.83 b	1 146.98 b	5 082.61 b	9 206.02 b	12 666.47 b	19 584.62 b
	T3	38.18 a	1 212.79 a	5 361.46 a	9 777.81 a	13 613.00 a	20 530.22 a
2009	CK	30.99 c	959.16 c	4 120.65 c	7 922.48 c	11 443.05 c	17 251.20 c
	T1	33.86 b	1 068.86 b	4 483.19 b	8 278.42 b	12 260.70 b	18 363.38 b
	T2	34.37 b	1 118.41 b	4 664.66 b	8 540.66 b	12 729.71 b	18 962.33 b
	T3	36.00 a	1 191.38 a	5 158.76 a	9 159.53 a	13 360.95 a	19 786.28 a

2.6 对土壤含水率和水分利用效率的影响

砂姜黑土保水性能较差, 易旱易涝, 土壤含水率随降雨变化较大。小麦秸秆粉碎覆盖于地表可显著减少土壤水分蒸发, 提高土壤含水率(图 1)。而玉米秸秆一年粉碎灭茬翻埋还田后, 隔茬玉米季土壤含水率与对照差异不显著; 连续 2 年还田后, 可显著提高隔茬玉米季土壤保水能力, 有利于满足玉米生长对水分的需求。

分蒸发, 最终提高了夏玉米的产量和土壤水分利用效率及叶片水分利用效率(表 6)。2008 年, 秸秆还田处理(T1、T2、T3)较对照产量分别高 2.51%、3.55% 和 7.92%, 土壤水分利用效率分别高 2.67%、3.62% 和 8.15%; 2009 年, 产量分别高 5.40%、5.86% 和 9.51%, 土壤水分利用效率分别高 5.39%、6.70% 和 9.48%, 均显著高于对照。且小麦玉米秸秆两季还田处理显著高于秸秆单季还田处理。

由于秸秆还田可以促进玉米生长, 抑制土壤水

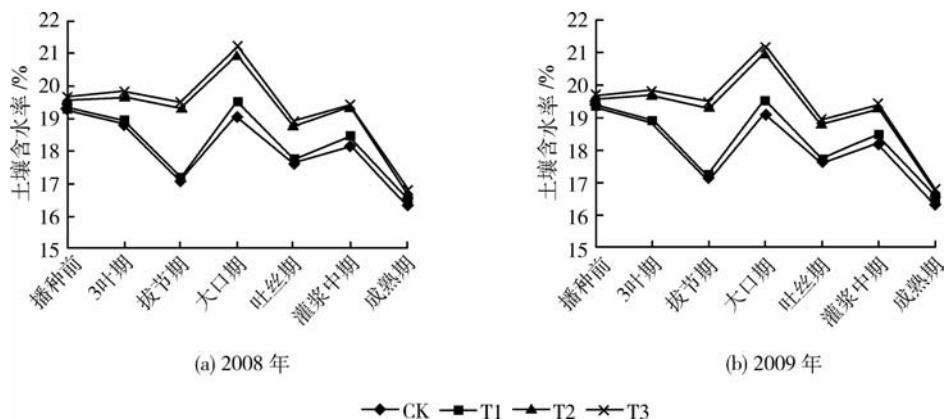


图1 小麦玉米秸秆还田对0~20 cm土壤含水率的影响

Fig.1 Effects of wheat and maize straw returned to the field on 0-20 cm soil water content

表6 小麦玉米秸秆还田对玉米产量和水分利用效率的影响

Table 6 Effects of wheat and maize straw returned to the field on maize yield and water use efficiency

年份	处理	产量/ (kg/hm ²)	穗数/ (万/hm ²)	穗粒数/ 粒	千粒重/ g	土壤水分利用效率/ kg/(hm ² ·mm)	叶片水分利用效率/ (μmol/mmol)
2008	CK	9 579.60 c	5.63 c	525.82 c	323.85 b	19.88 c	2.88 b
	T1	9 820.05 b	5.81 b	526.12 c	324.19 a	20.41 b	2.98 a
	T2	9 919.20 b	5.86 b	544.13 b	324.36 a	20.60 b	3.02 a
	T3	10 338.45 a	5.99 a	552.26 a	324.85 a	21.50 a	3.04 a
2009	CK	8 926.88 c	6.75 a	499.06 c	270.24 c	17.61 c	
	T1	9 408.75 b	6.75 a	511.83 b	272.80 b	18.56 b	
	T2	9 450.15 b	6.75 a	514.02 b	273.12 b	18.79 b	
	T3	9 776.25 a	6.75 a	528.28 a	274.70 a	19.28 a	

3 讨论

安徽淮北砂姜黑土区,多年来一直沿用麦收后焚烧麦秸,免耕点播玉米的耕作习惯。近年来引入的免耕灭茬双行播种机,由于动力较小,且砂姜黑土质地粘重,耕作阻力较大,导致播种深浅不一,玉米出苗不匀、不齐,严重影响夏玉米的播种出苗质量。以往研究表明,在砂姜黑土区麦秸直接还田可改善土壤通透性,提高土壤保水保肥性能^[3]。在壤土区田间焚烧麦秸不利于下茬玉米的出苗和幼苗生长^[1],而麦秸灭茬覆盖较除茬处理机播夏玉米的播种质量差异不显著^[4],且灭茬覆盖处理有利于提高土壤含水率,促进玉米后期生长,增加籽粒产量^[9]。本试验结果表明,在砂姜黑土区,小麦收割机加装秸秆粉碎抛撒装置,且机收后进一步灭茬粉碎残茬,使

麦秸均匀细碎覆盖于地表,即可减少播种时的秸秆阻碍,又可有效减少玉米季土壤水分蒸发,提高土壤含水率;同时,大马力拖拉机驱动带状旋耕施肥播种机播种,克服了传统播种方式动力不足的缺点,可以保证适宜的播种深度、播种密度和覆土深度,促进夏玉米的出苗和生长,增加籽粒产量;而玉米秸秆连续2年全量粉碎翻埋还田后,也可改良土壤结构,提高土壤保水保肥性能。试验中,2008年玉米的出苗数未达到预定目标,出苗率较低,其主要原因为麦收后抢墒播种,耕层土壤含水率较高,带状旋耕起来的土块较大,不易破碎,覆土较深且大土块压苗,影响了玉米出苗。2009年在适当增加播种量的基础上适墒播种,玉米出苗率明显提高,经间苗后,形成了密度合理、苗匀、苗齐的高产群体,为实现玉米高产打下了基础。淮北砂姜黑土区小麦季干旱少雨,且玉

米秸秆量较大,小麦季适宜的玉米秸秆还田方式和土壤耕作方式有待于进一步研究。

近年来,有关小麦、玉米秸秆还田对下茬作物影响的报道较多^[11-15],同时,高茂盛等^[18-19]研究了小麦秸秆还田对隔茬小麦根系生长和叶片衰老的影响,而有关玉米秸秆还田对隔茬玉米生育、产量及水分利用效率影响的研究较少。本试验中,玉米秸秆全量粉碎翻埋还田增加了土壤有机物质投入,改善了土壤的保蓄水能力,显著提高了隔茬玉米苗期的根系活力,促进植株光合生产和干物质积累,最终显著提高了玉米籽粒产量和水分利用效率。且在麦玉轮作条件下,小麦玉米秸秆两季连续全量还田对玉米生育和产量的影响显著高于小麦或玉米秸秆单季还田。因此,在农机具配套条件下,在砂姜黑土区推广小麦玉米秸秆周年两季还田有利于夏玉米生育、产量和水分利用效率的提高。

参 考 文 献

- [1] 刘天学,张绍芬,李潮海.田间焚烧麦秸对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J].玉米科学,2008,16(3):78-81
- [2] 刘天学,常加忠,李敏,等.秸秆焚烧土壤提取液对小麦种子萌发和幼苗生长的影响[J].农业环境科学学报,2005,24(2):252-255
- [3] 詹其厚,张效扑,袁朝良.秸秆还田改良砂姜黑土的效果及其机理研究[J].安徽农业大学学报,2002,29(1):53-59
- [4] 张庆忠,吴文良,林光辉.小麦秸秆还田对华北高产粮区碳截留的作用[J].辽宁工程技术大学学报,2006,25(5):773-776
- [5] 谭德水,金继运,黄邵文,等.不同种植制度下长期施钾与秸秆还田对作物产量和土壤钾素的影响[J].中国农业科学,2007,40(1):133-139
- [6] 王珍,冯浩,吴普特,等.土壤扩蓄增容肥对春玉米产量及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2009,25(11):114-119
- [7] 刘立晶,高焕文,李洪文.玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系试验研究[J].农业工程学报,2004,20(3):71-73
- [8] 付国占,李潮海,王俊忠,等.残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2005,21(1):52-55
- [9] 李潮海,赵霞,刘天学,等.麦茬处理方式对机播夏玉米的生态生理效应[J].农业工程学报,2008,24(1):162-166
- [10] 赵霞,王秀萍,刘天学,等.麦茬处理方式对土壤蒸发及夏玉米水分利用效率的影响[J].耕作与栽培,2008(4):9,32
- [11] 陈素英,张喜英,胡春胜,等.秸秆覆盖对夏玉米生长过程及水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2002,20(4):55-57,66
- [12] 许海涛,王友华,许波,等.小麦秸秆覆盖对夏玉米干物质生产及主要性状的影响[J].作物杂志,2008(6):45-48
- [13] 王启现,王璞,王秀玲,等.麦茬管理对夏玉米幼苗生长及产量的影响[J].中国生态农业学报,2003,11(2):89-92
- [14] 杨春收,赵霞,李潮海,等.麦茬处理方式对机播夏玉米播种质量及其前期生长的影响[J].河南农业科学,2009(1):25-27,30
- [15] 李少昆,王克如,冯聚凯,等.玉米秸秆还田与不同耕作方式下影响小麦出苗的因素[J].作物学报,2006,32(3):463-465
- [16] 赵世杰,刘华山,董新纯,等.植物生理实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998:68,54
- [17] 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
- [18] 高茂盛,廖允成,尹振燕,等.麦秸还田对隔茬冬小麦根系及叶片衰老的影响[J].西北植物学报,2007,27(2):303-308

(责任编辑:王燕华)