

秸秆覆盖对土壤水分动态变化及玉米产量的影响

白雪峰^{1,2}, 赵雨森^{1*}, 戚颖^{1,2}

(1. 东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 东北农业大学水利与建筑学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘要 [目的]研究黑龙江省松嫩平原地区秸秆覆盖的节水增产问题。[方法]以野外实测数据为基础,分析了不同秸秆覆盖条件下,土壤的含水率、玉米的生长状况及土壤水分利用效率。[结果]秸秆覆盖条件下土壤含水率整体高于无覆盖处理,其中10 t/hm²秸秆覆盖量下,土壤0~40 cm土层中土壤含水率最高,土壤的保水能力最强;秸秆覆盖条件下,玉米的生长性状明显优于无覆盖处理,体现出较强的优势;10 t/hm²处理条件下,作物的产量及土壤水分利用效率最高。[结论]该研究为松嫩平原地区秸秆覆盖技术的科学实施提供理论基础。

关键词 松嫩平原; 秸秆覆盖; 含水率; 产量

中图分类号 S152.7 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)36-12843-03

The Effects of Straw Mulching on Soil Moisture Dynamic Change and the Maize Yield

BAI Xue-feng^{1,2}, ZHAO Yu-sen^{1*}, QI Ying^{1,2} (1. Forestry School, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040; 2. College of Water Conservancy and Construction North-east Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract [Objective] In order to study the straw mulching for water-saving production problems in Heilongjiang Province of the Songnen Plain area. [Method] Based on the field measured data, the soil moisture content, maize growth and soil water use efficiency under different conditions of straw mulching were analyzed. [Result] The soil moisture content under the conditions of straw mulching was higher than no cover processing as a whole. Among them, under the straw mulching quantity of 10 t/hm², the soil moisture content was highest in 0~40 cm soil layer, the soil water retention ability was the strongest. Under the straw mulching conditions, the growth of corn shape was better than no cover processing, reflected a strong advantage. At the same time, under the straw mulching quantity of 10 t/hm², the crop yield and soil water use efficiency was the highest. [Conclusion] The study provided theoretical basis for science for straw mulching technology in Songnen Plain region.

Key words Songnen Plain; Straw mulching; The moisture content; Production

土壤含水量对作物的发育和产量有很大影响^[1]。由于受到水资源总量和时空分布不均的限制,在北方黑土地地区,玉米的生长发育会频繁受到干旱的胁迫,导致作物产量大幅降低^[2]。因此,采取有效的旱作农业生产技术,防止水土流失,减少植株的棵间蒸发,提高水资源的利用效率,可为黑龙江省粮食稳定增产提供重要保障^[3-4]。

秸秆覆盖是通过人工的方法在土壤的表面设置一个物理隔层,阻碍土壤与大气之间的能量交换,可以有效地防止土壤中水分和热量的散失^[5]。一些研究表明,秸秆覆盖可以减少无效水损失,蓄水保墒,提高作物产量^[6]。也有一些研究发现,免耕秸秆覆盖可以改善土壤的水、气、热、肥等效应,具有较高的经济效益、生态效益和社会效益^[7]。笔者通过设置3种不同的秸秆覆盖条件,研究秸秆还田对于玉米生育期土壤含水率、玉米性状及土壤水利用效率的影响,为揭示秸秆的蓄水保墒机理,合理高效地利用松嫩平原水土资源提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验区域概况 试验区域设置在黑龙江省哈尔滨市香坊区香坊农场,该地区位于黑龙江省南部,地处松嫩平原腹地。土壤类型属于黑色壤土,土壤有机质含量在1.3%左右。试验区平均海拔147 m,属于温带大陆性季风气候,多年平均气温5.3℃,无霜期为140~145 d,平均年降水为565 mm,蒸发量为2 600 mm,蒸发作用强烈,并且降雨时空分布不均匀,多集中在

7、8月份,体现出春季干旱少雨的地域特点。

1.2 试验设计 试验于2011~2012年进行,试验设计D0、D0.5、D1.0和D1.5共4种处理,分别为无秸秆覆盖、秸秆覆盖量为5 t/hm²、秸秆覆盖量为10 t/hm²和秸秆覆盖量为15 t/hm²。试验中所需的秸秆在2011年秋季收割时,人工铺设于试验区内。试验区设置为8 m×8 m规格,每个处理设置3次重复试验。为防止试验区之间水分流通,影响区域之间的土壤含水率,在试验区之间分别埋设1 m宽的塑料薄膜。播种期选为2012年4月25日,试验选用吉单602品种玉米,播种前对玉米种子进行严格的筛选,植株的行距设置为60 cm,株距为25 cm。玉米生育期内无灌水处理,整个试验区施行统一管理。

1.3 试验方法 试验中,采用烘干法测定土壤含水率,取样时期分别为播种前、苗期、拔节期、大喇叭口期、灌浆期和成熟期,在0~80 cm范围内每隔10 cm进行1次测定。玉米在全生育各个时期内,各小区选定5棵植株,测定叶片的长度和最大宽度,再乘以系数0.7,根据密度计算出叶面积,同时测定株高和茎粗等生物性状。在收获前,各处理样地取10株玉米籽粒,干燥后称重,计算玉米产量。

土壤中贮水量计算公式为:

$$W = h \times a \times b / 10 \quad (I)$$

其中:W—土壤贮水量(mm);h—土层深度(cm);a—土壤容重(g/cm³);b—土壤质量含水率(%)。

作物生育期内的土壤蒸散量(耗水量)计算公式为:

$$ET = P + U - R - F + \Delta W \quad (II)$$

其中:P—降水量(mm,降雨量由试验站内的气象站测得);R—径流量(mm);U—地下水补给量(mm);F—深层渗漏量

基金项目 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12531051)。

作者简介 白雪峰(1980-),男,辽宁岫岩人,博士研究生,从事水土保持及生态安全等方面的研究。

收稿日期 2014-11-21

(mm); ΔW —土壤贮水变化量(mm)。由于该地区无径流产生和深层渗漏,并且地下水埋层较深,所以式中的 R 、 U 、 F 忽略不计。因此,土壤蒸散量简化为

$$ET = P + \Delta W \quad (III)$$

作物的水分利用效率计算公式为

$$WUE = Y/ET \quad (IV)$$

其中, WUE —作物水分利用效率[$\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$]; Y —玉米的产量(kg/hm^2)。

2 结果与分析

2.1 秸秆覆盖对土壤含水量的影响 夏玉米在全生育内不同秸秆覆盖处理下0~80 cm土层内的含水率变化过程如图1所示。在试验过程中,定义0~40 cm土层为土壤的犁底层,该区域的土壤与作物根系紧密接触,其含水率影响作物

的生长性状,定义40 cm以下土层为深层土壤。

由图1可知,从播种期到成熟期,0~40 cm犁底层范围内,秸秆覆盖条件下的土壤含水率要整体大于无覆盖处理。其中,在0~20 cm土层之间,播种前D0.5、D1.0、D1.5处理下土壤含水率分别为25.22%、25.12%、24.87%,相对于D0处理分别提高了4.56%、4.46%和4.21%。随着夏玉米的出苗、拔节、灌浆,土壤含水率相应降低,但是秸秆覆盖条件下的区域含水率同样呈现出较高的保水性。在20~40 cm之间的土层中,D0.5、D1.0和D1.5处理下的土壤平均含水率分别为15.08%、15.87%、14.98%,相对于D0处理条件的平均含水率(11.94%)有了显著提高,对比可知,D1.0处理条件下土壤保水效果更佳明显。

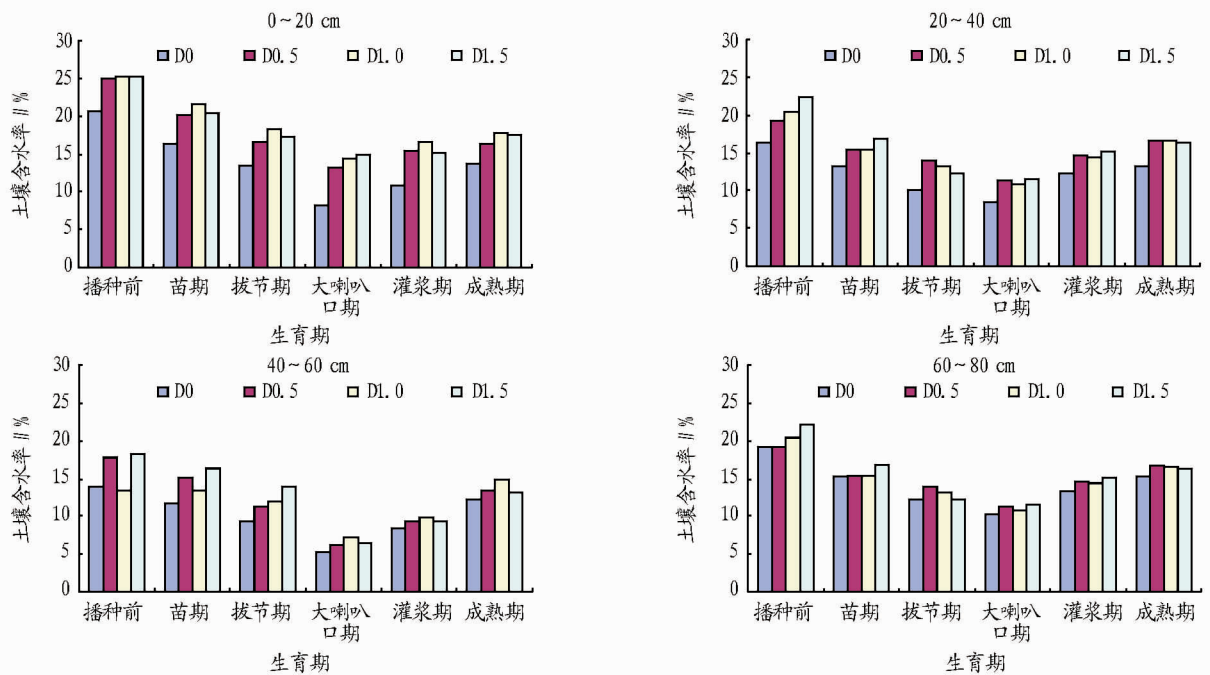


图1 不同秸秆覆盖处理0~80 cm土壤含水率动态变化

在40~60 cm的土层中,土壤含水率相对于犁底层有所降低,并且变化幅度也相对变小。在拔节期,D0、D0.5、D1.0、D1.5这4种处理条件下,土壤平均含水率分别为9.38%、11.25%、12.11%和13.82%。随着秸秆覆盖量的增加,土壤含水率依次升高,在之后大喇叭口期、灌浆期和成熟期,覆盖处理区域含水率同样高于无覆盖处理。

在60~80 cm土层之间,土壤含水率趋于稳定,秸秆覆盖对于土壤含水率的影响较小。D0、D0.5、D1.0和D1.5这4种处理条件下,土壤平均含水率分别为14.23%、15.17%、15.1%和15.7%,秸秆覆盖下的土壤含水率相对于无覆盖处理增加幅度较低,但同样体现出保水效果。

2.2 秸秆覆盖对玉米生长性状的影响

2.2.1 秸秆覆盖对株高的影响。玉米全生育期株高的变化过程如图2所示。分析株高变化趋势可知,玉米在拔节期株高快速增长,到大喇叭口期逐渐趋于稳定,株高在灌浆期达到最大值。成熟期时,由于植株干枯,株高会发生小幅度的

下降。秸秆覆盖条件下土壤含水率较高,保墒效果明显,株高相对占有优势。D1.0处理条件下,玉米长势最好。

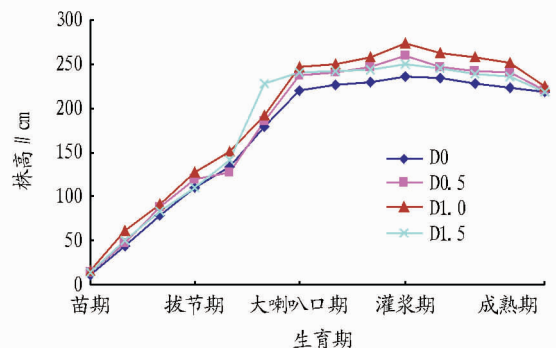


图2 玉米生育期内株高变化过程

在玉米苗期,各处理条件下,植株的长势差异不大。拔节期,由于土壤水分的变化以及温度的不同,玉米的长势体现出差异,D0.5、D1.0、D1.5处理下的株高分别为148、151、

141 cm,分别相对于 D0 处理增高 14、17 和 7 cm。同样,在灌浆期和成熟期,秸秆覆盖条件下玉米植株的株高要优于无覆盖处理情况。

2.2.2 秸秆覆盖对茎粗的影响。在玉米生长过程中,植株茎粗也会因为覆盖条件的差异发生一定的变化。由图 3 可知,植株的茎粗变化与株高有着相似的变化趋势,在拔节期快速增长,大喇叭口期趋于稳定,直到成熟期,茎粗达到最大值。

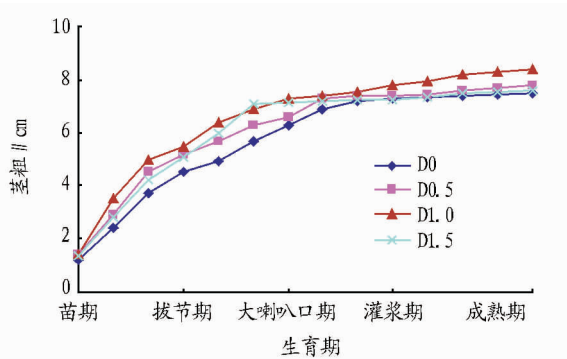


图 3 玉米生育期内茎粗变化过程

分析拔节期和大喇叭口期玉米的茎粗可知, D0、D0.5、D1.0、D1.5 处理条件下,植株平均茎粗分别为 5.4、5.9、6.4 和 6.1 cm。在灌浆期和成熟期, D1.0 处理条件下,植株生长性状优于 D1.5 处理,可能是较厚的秸秆覆盖,阻碍了大气与土壤之间的热能量交换,导致玉米植株的长势要弱于 D1.0 处理。

2.2.3 秸秆覆盖对叶面积的影响。叶面积的大小不仅直接影响作物蒸腾量,而且影响阳光照射面积的大小与光合作用的能力,从而影响作物产量。图 4 显示了玉米生育期叶面积的变化过程,将其分为 4 个阶段,分别为缓慢增长期(苗期—拔节期)、快速增长期(拔节期—大喇叭口期)、稳定期(大喇叭口期—灌浆期)、衰减期(灌浆期—成熟期)。其中,灌浆期植株叶面积达到最大值,此时的光合作用能力最强,该时期植株的生长状态对产量具有较大的影响。

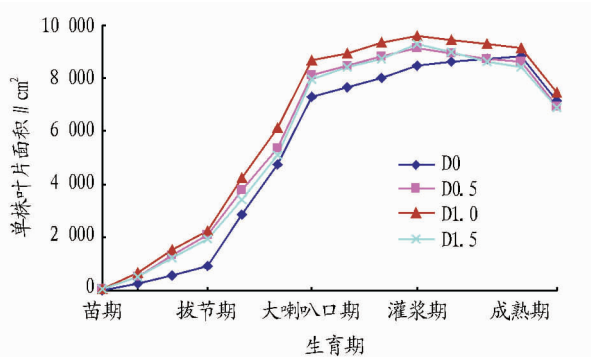


图 4 玉米生育期内叶面积变化过程

在幼苗期,覆盖处理条件的叶面积与无覆盖处理无明显差异,自拔节期开始,各处理条件下玉米植株的叶面积状况发生变化, D1.0 处理的叶面积增长幅度明显高于 D0 无覆盖处理和 D0.5、D1.5 处理。灌浆期, D1.0 处理条件下的叶面积到达 9 606 cm²,分别相对于 D0、D0.5 和 D1.5 高出 1 150、

480 和 300 cm²,由此可知,秸秆覆盖可以在一定程度上影响植株的叶面积。

2.3 秸秆覆盖对玉米产量及水分利用效率的影响 由表 1 可知, D0.5、D1.0 和 D1.5 处理条件下玉米的产量分别为 5 265、5 789 和 5 437 kg,相对于 D0 处理的产量有较大的增长。在作物生育期内,大气降雨为 268 mm,由于秸秆的覆盖,影响着降雨的入渗和土壤水的蒸发,不同小区的土壤贮水量变化不同,经统计, D0、D0.5、D1.0、D1.5 处理的总耗水量分别为 328.7、319.6、312.3 和 339.8 mm。因此,各小区的水分利用效率为 15.35、16.47、18.53 和 16.00 kg/(hm²·mm)。

由上述分析可知,在 D1.0 处理条件下,玉米产量大于 D1.5 和 D0.5 处理,原因是随着秸秆覆盖量的增加,影响了根系对于土壤水分和养料的吸收,植株长势下降,因此降低了作物的产量。而 D1.5 处理下的总耗水量大于另外 3 种处理,源于随着秸秆覆盖量的增加,阻碍了降雨的入渗,导致大量的无效水蒸发,因此耗水量变大。由于耗水量和玉米产量的影响,导致 D1.0 处理条件下,土壤水的利用效率最高,说明适当的秸秆覆盖会减小耗水量,同时提高产量和水分利用效率。另外, D1.0 处理下单位玉米产量的耗水系数最小,也提升了经济效益。

表 1 玉米产量及水分利用效率

| 处理 | 降雨量 mm | 土壤贮水 变化量 mm | 总耗 水量 mm | 产量 kg/hm ² | WUE kg/(hm ² ·mm) | 耗水 系数 mm/kg |
|------|-----------|-------------------|----------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| D0 | 268 | 60.7 | 328.7 | 5 048 | 15.35 | 0.065 11 |
| D0.5 | 268 | 51.6 | 319.6 | 5 265 | 16.47 | 0.060 70 |
| D1.0 | 268 | 44.3 | 312.3 | 5 789 | 18.53 | 0.053 94 |
| D1.5 | 268 | 71.8 | 339.8 | 5 437 | 16.00 | 0.062 49 |

3 结论

(1) 在松嫩平原黑土地区,秸秆覆盖对于土壤的含水率产生一定的影响。与 D0 和 D0.5 处理情况相对比, D1.0 处理下土壤含水率较高,保水效果较为明显。随着秸秆覆盖量的增加,对土壤含水率调控效果与 D1.0 相比并没有明显差异,甚至导致在生育期某一阶段含水率降低。

(2) 在不同秸秆覆盖处理情况下,玉米的生长性状存在差异。 D1.0 处理相对于 D0、D0.5 和 D1.5 处理体现出明显的生长优势,植株株高、茎粗和叶面积在生育期内均处于较快的增长水平,为植株的光合作用、玉米产量的提升提供保障。

(3) 综合分析秸秆覆盖对土壤水分变化、蒸散量、玉米产量和 WUE 的影响。4 种不同处理条件下, D1.0 处理的玉米产量最高,同时土壤总耗水量最低,水分利用效率最高。而在覆盖量较大的 D1.5 处理中,含水量最高,但产量小于 D1.0 处理。试验表明,在土壤含水率满足作物生长需要时,过剩的秸秆覆盖会降低水分利用效率。

(4) 不同秸秆覆盖对于松嫩平原黑土地区的土壤含水率、植株生长性状及水分利用效率对比可知, D1.0 处理能够

(下转第 12856 页)

表3 秧龄、密度对武运粳19号稻米主要品质性状的影响

| 处理 | 加工品质 | | | 外观品质 | | 蒸煮营养品质 | |
|------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| | 糙米率//% | 精米率//% | 整精米率//% | 垩白率//% | 垩白度//% | 蛋白质//% | 直链淀粉//% |
| A1B1 | 85.86 | 73.62 | 69.18 | 37.17 | 15.35 | 9.17 | 17.71 |
| A1B2 | 85.97 | 73.84 | 71.00 | 27.60 | 11.13 | 9.48 | 16.78 |
| A1B3 | 85.94 | 73.68 | 69.88 | 29.73 | 12.16 | 9.38 | 17.51 |
| 平均 | 85.92 | 73.71 | 70.02 | 31.50 | 12.88 | 9.35 | 17.33 |
| A2B1 | 85.59 | 73.11 | 68.83 | 18.25 | 11.59 | 9.07 | 18.44 |
| A2B2 | 85.76 | 73.46 | 70.13 | 14.00 | 9.45 | 9.59 | 17.30 |
| A2B3 | 85.64 | 73.40 | 69.77 | 17.18 | 10.93 | 9.17 | 18.03 |
| 平均 | 85.66 | 73.33 | 69.57 | 16.47 | 10.66 | 9.27 | 17.92 |
| A3B1 | 86.02 | 74.69 | 69.83 | 15.07 | 10.19 | 9.27 | 17.82 |
| A3B2 | 86.15 | 75.18 | 71.91 | 10.82 | 7.75 | 9.79 | 16.15 |
| A3B3 | 86.05 | 75.01 | 70.43 | 12.94 | 9.23 | 9.48 | 17.19 |
| 平均 | 86.08 | 74.96 | 70.73 | 12.94 | 9.05 | 9.51 | 17.06 |
| A4B1 | 86.17 | 75.16 | 70.50 | 11.88 | 8.86 | 9.69 | 15.63 |
| A4B2 | 86.44 | 76.11 | 72.58 | 4.45 | 5.13 | 10.11 | 14.69 |
| A4B3 | 86.23 | 75.89 | 71.78 | 6.56 | 6.10 | 9.79 | 15.00 |
| 平均 | 86.28 | 75.72 | 71.62 | 7.63 | 6.69 | 9.87 | 15.11 |
| A5B1 | 86.30 | 75.88 | 70.89 | 9.53 | 3.09 | 10.11 | 14.69 |
| A5B2 | 86.60 | 76.64 | 72.71 | 3.17 | 0.67 | 10.94 | 13.65 |
| A5B3 | 86.39 | 76.11 | 72.12 | 5.29 | 1.44 | 10.32 | 14.38 |
| 平均 | 86.43 | 76.21 | 71.90 | 6.00 | 1.73 | 10.45 | 14.24 |

处理的出糙率、精米率、整精米率都呈现 B2 > B3 > B1 的趋势,表明合适的移栽密度有利于提高碾米品质,过大或过小均不利。

3 结论与讨论

(1)综上所述,秧龄和移栽密度对武运粳19号产量和稻米品质的影响均达到了显著水平。

(2)秧龄在12~18d之间,产量可以达到或超过9000kg/hm²;产量受密度的影响均表现为每公顷插23.85万穴产量最高,密度增加或减小,产量均下降;产量受秧龄和移栽密度共同影响为,处理A3B2(18d、23.85万穴/hm²)最高(9388.95kg/hm²)、A5B1(24d、18.60万穴/hm²)最低(7592.70kg/hm²)。

(3)秧龄和移栽密度对武运粳19号主要稻米品质指标

的影响表现为,对外观品质的影响最大,对加工品质的影响最小,对营养品质的影响居于前两者之间。

(4)该品种若在满足于高产需求(产量超过600kg/hm²)的前提下,想获得较优的稻米品质,15~18d的秧龄、23.85万~33.30万穴/hm²的移栽密度较为合适,其中18d的秧龄、33.30万穴/hm²的移栽密度为最优处理方案。

参考文献

- [1] 胡培松,翟虎渠,万建民.中国水稻生产新特点与稻米品质改良[J].中国农业科技导报,2002(4):33-39.
- [2] 胡孔峰,杨泽敏,雷振山.中国稻米品质研究的现状与展望[J].中国农学通报,2006(1):130-132.
- [3] 翟超群,宋秧泉,宋学明,等.早熟晚粳新品种“武运粳19号”的性状特点及高产栽培技术[J].现代农业科技,2009(4):175.
- [3] 鲁向晖,高鹏,王飞,等.宁夏南部山区秸秆覆盖对春玉米水分利用及产量的影响[J].土壤通报,2008,39(6):1248-1251.
- [4] 黄明斌,党廷辉,李玉山.黄土区旱塬农田生产力提高对土壤水分循环的影响[J].农业工程学报,2002,18(6):50-54.
- [5] 鲁向辉,隋艳艳,王飞,等.秸秆覆盖对旱地玉米休闲田土壤水分状况影响研究[J].干旱区资源与环境,2008,22(3):156-159.
- [6] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等.免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):94-96.
- [7] 沈裕琥,黄相国.秸秆覆盖的农田效应[J].干旱地区农业研究,1998,16(1):45-50.

(上接第12845页)

更好地起到农田土壤的蓄水保墒作用,促进土壤水分循环,对于提高该地区的玉米作物产量和水分利用效率具有显著效果。

参考文献

- [1] 解文艳,樊盛贵,周怀平,等.秸秆还田方式对旱地玉米产量和水分利用效率的影响[J].农业机械学报,2011,42(11):60-67.
- [2] 李月兴,张宝丽,魏永霞.秸秆覆盖的土壤温度效应及其对玉米生长的影响[J].灌溉排水学报,2011,30(2):82-85.