

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。

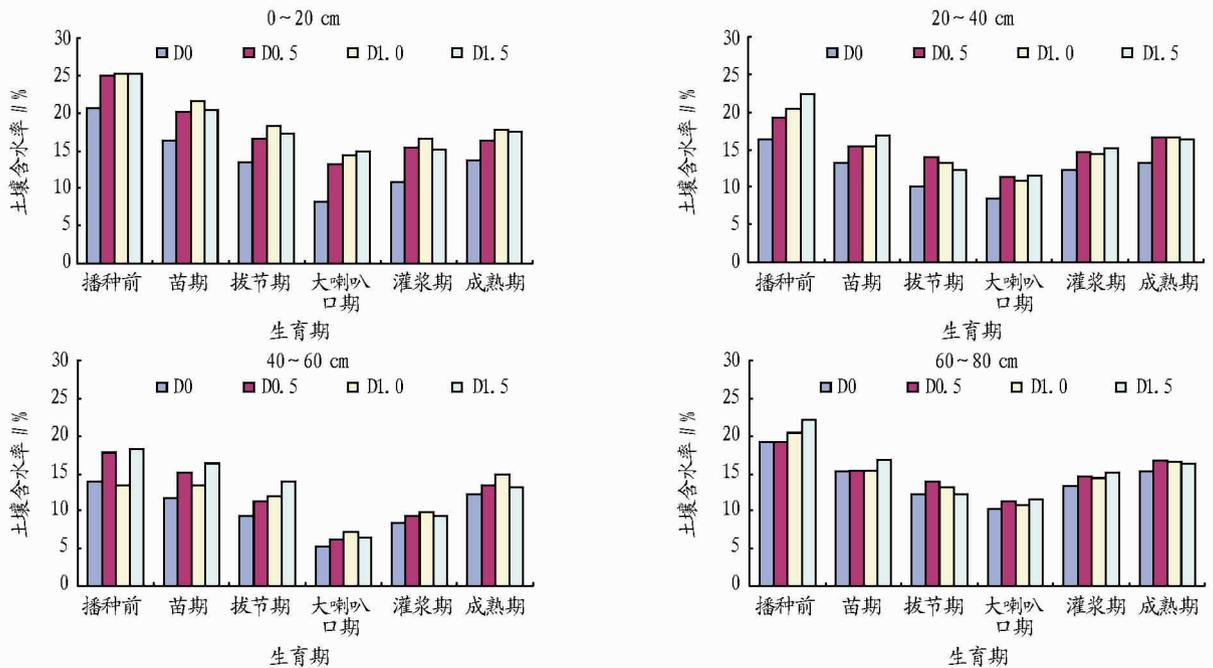


图1 不同秸秆覆盖处理0~80 cm土壤含水率动态变化

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。

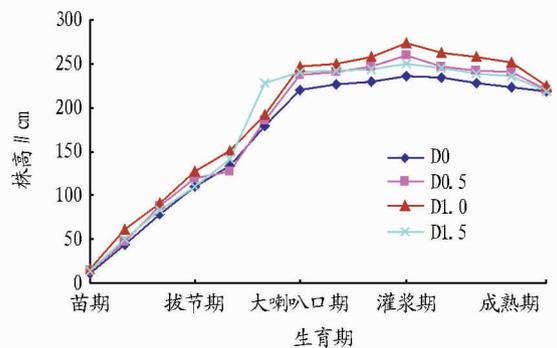


图2 玉米生育期内株高变化过程

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。

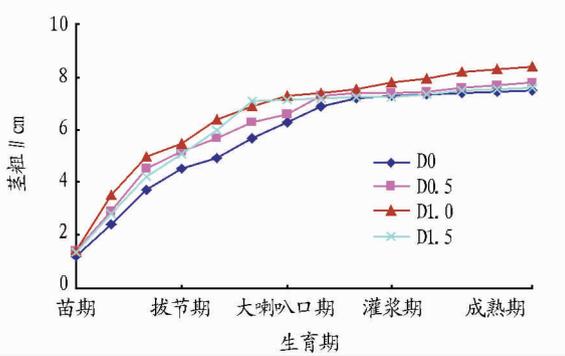


图 3 玉米生育期内茎粗变化过程

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。

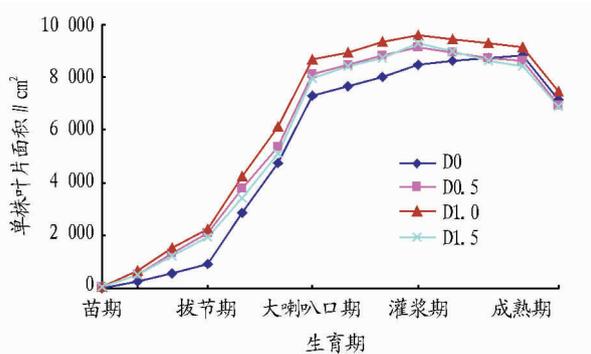


图 4 玉米生育期内叶面积变化过程

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.