

垄向区田技术参数的区定及对坡耕地大豆产量及水分利用效率的影响

王孟雪¹，张金萍²，张玉先¹

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; 2. 水利部松辽水利委员会, 长春 130021)

摘 要:垄向区田蓄水保土技术是一种坡耕地水土保持耕作措施,能够有效地拦蓄降雨径流,提高土壤含水量,从而改善作物的生长发育状况。研究针对东北坡耕地的自然灾害特点,在田间试验的基础上,研究了垄向区田蓄水保土技术对大豆产量及水分利用效率的影响。研究表明:垄向区田技术可以提高坡耕地大豆产量,有效保持了土壤中的水分,提高了作物水分利用效率,从而达到高产稳产的目的。
关键词:坡耕地; 垄向区田; 产量; 水分利用效率
中图分类号: S565.1; S311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2011)02-0233-04

Determination of the Technical Parameters of Ridge Tillage and Effect on Yield and Water Use Efficiency of Soybean on Sloping Land

WANG Meng-xue¹, ZHANG Jin-ping², ZHANG Yu-xian¹

(1. Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang, 163319, China;
2. Songliao Water Resources Committee, Changchun 130021, China)

Abstract: Ridge tillage is water conservation plowing method used in ridge plotted field, which can prohibit rainwater following away and increase water contend and thereby, ameliorate the condition of plants. The study aimed at the feature of natural disasters in northeast semiarid area, based on field experimentations, examining the effect of ridge tillage on soybean yields and water use efficiency. The study results prove that ridge tillage can enhance plant growing situation effectively, maintain the soil moisture and increase water use efficiency, achieve the objective of high and stable yield.
Key words: sloping land; ridge tillage; yield; water use efficiency

东北黑土区 103 万 km² 的面积中,总耕地面积 2 139.83 万 hm²,其中坡耕地面积为 1 280 万 hm²,占耕地总面积的 59.38%,且多数分布在 3°~15°坡面上^[1]。坡耕地的特点是坡缓、坡长,黑土土壤疏松、抗蚀能力弱,极易产生水土流失。黑龙江省克拜黑土区以丘陵坡耕地为主,农业生产用水主要依靠自然降水,而降水主要集中在 6—9 月^[2],冬春季节作物生长期往往干旱少水,造成该地区粮食产量低而不稳。
坡耕地的利用改良措施研究较为广泛。方继友等于 1996 年对坡耕地聚流集覆盖型改造和利用技术的研究表明:聚流和利用地表径流能够有效保持坡耕地的水土;良好的植被覆盖可降低地形和降雨对耕地

水土流失的作用^[3]。对于坡耕地的研究中,对土壤水分的研究较多^[4-6]。赵晓光、吴发启等对坡耕地土壤水分主要受控因子进行研究,认为坡耕地土壤含水量除受蒸发因素影响外,还受地形、坡度、分水岭位置、降水里和土地利用等因素影响^[7]。
东北半干旱区地形复杂,坡耕地较多,土质疏松、抗腐蚀能力弱,导致土壤理化性状恶化,肥力不足,水土流失较为严重。在东北半干旱区发展农业节水,采取有效的蓄水保土技术,有效利用天然降雨^[8-10]。垄向区田蓄水保土技术就是这样的一种水土保持耕作措施,它是在坡耕地的垄沟中按一定距离修筑土挡,把垄沟分成许多小区段,形成许多小浅穴,用以拦蓄

收稿日期:2010-09-01 修回日期:2010-09-14
资助项目:国家科技支撑计划项目“松嫩—三江平原粮食核心产区农田水土调控关键技术与示范”(2009BADB3B00);黑龙江省科技厅项目“提高黑土综合生产能力关键技术与示范”(GA09B107-1)
作者简介:王孟雪(1978—),女,黑龙江人,硕士,讲师,主要从事农业水土工程研究。E-mail:wangmengxue1978@163.com
通信作者:张玉先(1968—),男,黑龙江人,副教授,从事作物耕作与栽培技术研究。E-mail:zyx_lxy@126.com

雨水而不产生径流,起到保水、保土、保肥的作用,从而提高了天然降雨的利用率,可以有效地防止坡耕地水土流失^[11-12]。

本试验研究垄向区田技术对黑龙江黑土区漫岗坡耕地水土流失的影响,同时考察漫岗坡耕地上大豆生物性状及产量的变化。本次试验在克山进行,克山地区的地形坡面较长,一般为 300~500 m,局部地区达 800~1 500 m。坡长成为水土流失的主要地形因素,水土流失导致大豆的产量下降。同时水分也是影响大豆产量的主要因素,水分的减少对大豆产量及生物性状产生较大影响。通过 2008—2009 年两年试验,研究在不同气象条件下,垄向区田技术的保水保土效果及对作物水分利用效率的影响。为黑龙江黑土区坡耕地采取综合而有效的水土保持措施提供科学依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验区概况与试验材料

该试验在沈阳军区空军后勤部克东农副基地进行,试验区位于黑龙江省齐齐哈尔市克山县。地理位置为东经 126°08′,北纬 48°33′。地处小兴安岭西麓,松嫩平原东北部,地势丘陵漫岗,土质肥沃,适宜农作物生长。属温凉型气候区,特点是春旱多风,夏季高温多雨、秋季降温迅速、霜冻早,冬季较长,多雪、严寒干燥。年平均气温 1.3℃,近 10 a 达 2.1℃;≥10℃活动积温 2 339.8℃;极端最高气温 36.5℃,最低气温 -37.6℃,无霜期 120 d。年降水 500 mm 左右,6—8 月占 68.3%,春季占 11.0%,秋季占 16.4%,冬季占 3.0%左右。年平均风速 3.9 m/s,春季大风次数多,夏季多南和东南风,秋季多西南和西北风,冬季多西北风,常年以西北风为主。土壤为黑钙土,1 m 土层的平均田间持水量为 23%~25%,大豆凋萎含水量为 7%~14%,平均干容重为 1.23 g/cm³。

1.2 试验设计方案

本试验为对比试验。坡耕地上,小区顺坡设置,长 300 m,宽 5.2 m(8 垄),面积 15 m×60 m,两相邻小区之间有 2 垄保护行,3 次重复。当地传统垄作设为对照。垄向区田筑挡时间为 2009 年 6 月 13 日,并结合当地中耕进行。供试作物品种为北 02,生育期为 120 d,大豆常规播种,2009 年 5 月 4 日播种,同年 10 月 4 日收获。

1.3 测试指标与方法

1.3.1 土壤含水量的测定 对 0—100 cm 深度土壤含水量运用土钻烘干法进行测定。选择位于小区中部,垄背向 5~7 cm 距离处采集土样。每个深度测量

3 次,剖面共分 6 个层次,即:0—10,10—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm。采集土样日期为大豆各主要生育阶段,5 月 3 日(播种前)、5 月 30 日(苗期)、7 月 15 日(开花期)、8 月 7 日(结荚期)、9 月 1 日(鼓粒期)、10 月 4 日(收获期),其中 6 月 20 日垄向区田修筑后第一次降雨加测一次。同期测定植株干物质量。

1.3.2 干物质积累的测定 根据大豆生长状况,将整个生长过程划分为播种、出苗、开花、结荚、鼓粒、乳熟 6 个生育期。每个生育期,在试验小区内随机取样 10 株,子叶节上部为地上部分,称地上部分鲜重,将称重后的大豆样置于烘箱中 105℃杀青 30 min,80℃烘干至恒重,取出迅速称其干重(避免吸收空气中的水分),计算干物质积累量。

1.3.3 产量测定的方法 大豆田间以小区为单位,在每个小区内,查数 10 m 内大豆的株数,计算每公顷大豆株数,并随机取样 10 株。测量每株大豆上的豆荚数和豆粒数,待豆粒自然风干后测百粒重。

1.3.4 水分利用效率的计算 水分利用效率是作物的产量与整个生育期耗水量的比值,反映了水的生产效率。

$$WUE = \frac{Y}{W_1 + P + I - W_2} \quad (1)$$

式中:WUE——水分利用效率;Y——作物的产量(kg/hm²);P——作物生育期间的降水量(mm);W₁——作物播种前 1 m 深土层中水分贮存量(mm);W₂——作物收割后 1 m 深土层中水分贮存量(mm);I——作物生育期间的灌溉水量(mm)。

1.3.5 数据分析 试验数据采用 DPS 数据处理系统进行分析。

2 结果与分析

2.1 垄作区田最佳挡距的确定

在垄作的基础上按一定距离在垄沟内修筑横土挡。垄作区田垄沟内的土挡间形成浅穴,可以拦蓄降雨,减少水土流失,提高土壤含水量,从而可促进作物产量的提高。土挡设计要考虑土挡间距和高度。

2.1.1 土挡距离的计算 垄向坡度大、挡距宜短,反之宜长。最佳挡距按式(2)计算。

$$L = a\theta^{-b} \quad (2)$$

式中:L——土挡最佳距离;θ——该地段坡度;a、b——垄的高度和行距计算出的系数。

试验地垄向坡度为 6°,行距 60 cm,垄高 14 cm,取系数 a=168, b=0.46。则最佳挡距计算值为 0.74 m,田间实际挡距取 75 cm。

2.1.2 土挡高度与宽度 以截流降雨为目的的土挡,以高些、宽些为好。土挡的高度应低于垄台 2~3 cm,土挡底宽 35 cm,顶宽 13 cm。试验小区采用人工修筑土挡,土挡筑好后应踩实,尤其与垄台接触部分更要踩实。

2.2 土壤含水量变化的比较

区田修筑后,第一次降雨后测定土壤含水量,有效降水 10.5 mm。50 cm 土层内水分含量比较如图 1 所示。

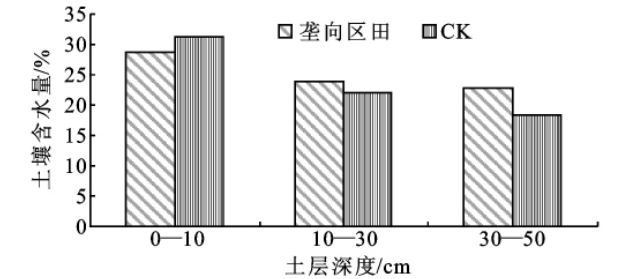


图 1 第一次降雨后 50 cm 土层内土壤含水量

由图 1 可以看出,在一次有效降水后,0—10 cm 土层内,垄向区田处理的土壤含水量比正常垄作小区的土壤含水量低,而 10—50 cm 土层内土壤含水量明显增加。前期 20 d 无有效降水,土壤表面出现板结现象,如不进行垄向区田处理,在有效降雨后,大部分径流将沿垄沟顺垄向流下,而入渗水量较少。垄作区田技术有效拦截了垄间径流,增加了水分入渗量。0—10 cm 土层内,土壤水分较少,控制了坡耕地土壤流失。大部分径流,向土壤深层渗漏,增加了土壤的储水库容。

对不同处理进行 SSR 检验,如表 1 所示。0—30 cm 土层内,垄向区田处理的土壤含水量与对照没有明显差异。30—50 cm 土层内,土壤水分含量的差异达到了 1% 的极显著水平。可见垄向区田技术增加土壤深层的水分含量起到了明显的作用。

表 1 第一次降雨后各处理土壤重量含水量 SSR 检验

土壤深度/cm	处理	均值
0—10	垄向区田	28.68 a A
	CK	31.28 a A
10—30	垄向区田	23.96 a A
	CK	22.00 a A
30—50	垄向区田	22.85 a A
	CK	18.34 b B

注:小写字母表示 5% 显著水平,大写字母表示 1% 的极显著水平。

10 月 4 日收获后,测定土层含水量如图 2 所示。由图 2 中可以看出,采用垄作区田处理的小区各土层中土壤含水量,均高于正常垄作处理的土壤含水量。秋季收获后,30—50 cm 深度土壤内水分含量明显上升,垄向区田保持了水土的基本功效,缩短了坡耕地

的坡长,同时降低了坡耕地的坡降,使每个浅穴底部近似平地就地贮存降雨,避免径流和径流汇集。

对不同处理 50 cm 深度内土壤重量含水量进行 SSR 检验,如表 2 所示。除了 0—10 cm 土层内,垄向区田处理与对照处理的土壤含水量差异达到了 5% 的显著水平,其余 10—50 cm 土层内,土壤水分含量的差异均达到了 1% 的极显著水平。前期降水较多时,大部分水分向深层入渗,起到了良好的保土保墒作用。

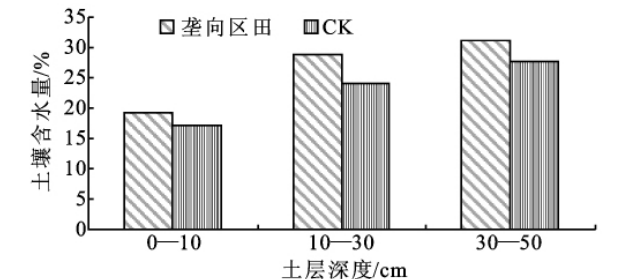


图 2 收获后 50 cm 土层内土壤含水量

表 2 收获后各处理土壤含水量 SSR 检验

土壤深度/cm	处理	均值
0—10	垄向区田	19.23 a A
	CK	17.05 b A
10—30	垄向区田	28.86 a A
	CK	23.96 b B
30—50	垄向区田	31.23 a A
	CK	27.60 b B

注:小写字母表示 5% 显著水平,大写字母表示 1% 的极显著水平。

2.3 大豆产量比较

经过 2008 年、2009 年两年重复试验,秋季测定大豆产量,产量构成如表 3 所示。

表 3 大豆产量构成比较

年份	处理	单株粒数/粒	百粒重/g	籽粒产量/(kg·hm ⁻²)
2008	垄向区田	65	15.88	3096.60
	传统垄作	60	12.87	2316.60
2009	垄向区田	65	16.55	3227.25
	传统垄作	64	15.68	3010.56

注:大豆密度为 300 000 株/hm²

由表 3 可以看出,两年试验中垄向区田处理均使产量有所增加。垄作区田为坡耕地拦蓄了降雨,雨后浅穴中贮水缓慢地渗入土壤,这样上坡下坡的土壤含水量差异比无垄作区田的小,使得坡上、坡下作物产量都有所增加,增加的幅度因降水量的多少而不同。

2008 年增产幅度较大,达 33.7%。2009 年增产幅度较小,为 7.2%。两年的气候差异较大,降水年内分配对产量产生了一定影响。2008 年整个中耕阶段降水较大,而前期降水较少,垄向区田有效拦截了田间径流,减少了水土冲刷,表现出了明显的增产效

应。2009 年气候较特殊,前期从 5—6 月,降水较多,而中耕阶段降水偏少,垄向区田技术的增产效应不明显。但两个年度内,垄向区田均减少了田间径流冲刷,减轻了水分及肥料的流失。

2.4 水分利用效率影响

不同处理条件下的水分利用效率比较见表 4。从表 4 中可明显看出在垄向区田的作用下,大豆产量及水分利用效率均比无区田处理的小区有所提高。

表 4 水分利用效率比较表

处理	降水量/ mm	1 m 剖面内全生育期 土壤有效储水量差值/mm	灌水量/ mm	总需水量/ mm	子粒产量/ (kg·hm ⁻²)	水分利用效率/ (kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
有区田	480.6	10.24	0	470.36	3227.25	6.86
无区田	480.6	28.32	0	452.28	3010.56	6.66

3 结 论

(1)对于坡耕地,垄向区田技术是一种效果很好的坡耕地水土保持耕作措施。与传统耕作措施相比,减少对土壤结构的破坏,有效保持了土壤中的水分,减少了对坡面土壤的冲刷。垄向区田的修筑技术简单、易操作,但要发挥垄作区田的最大效益,还要根据坡耕地的坡度及垄长确定最佳的挡距。

(2)在坡耕地进行垄向区田能够有效地提高作物水分利用效率,能充分利用天然降雨,提高产量。修筑土挡的目的在于拦蓄较强大的降雨,因而修筑土挡的时期应在雨季来临之前。黑龙江省雨季多在 6—8 月,而且降雨强度大。应在 6 月结合中耕修筑土挡,发挥垄向区田的最大作用。

(3)垄向区田措施较适宜土壤侵蚀严重的黑龙江省西部坡耕地种植区。本试验于 2008—2009 年在克山进行,该文的试验数据仅为 2 a 的观测结果,垄向区田技术对作物的后续生理生态效应还需作更加深入的观察和研究。

参考文献:

[1] 王宝桐,丁柏齐. 东北黑土区坡耕地防蚀耕作措施研究

(上接第 232 页)

[7] 方先知. 土地合理利用及其综合评价研究[D]. 长沙:中南大学,2005.
[8] 汪晓玲. 城市扩张中的土地非集约化利用现状分析[D]. 成都:四川大学,2006.
[9] 郑灵超,魏遐,祁黄雄. 台州土地可持续利用中的问题与对策[J]. 水土保持研究,2007,14(5):312-314.
[10] 倪杰. 我国城市化进程中土地集约利用问题及对策[J]. 经济纵横,2006(11):40-42.

相比正常垄作条件下,有区田处理的籽粒产量增加了 7.2%,水分利用效率增加了 3%。由此说明,在相同的管理条件下,单位体积的水能够得到更多的产量。由于在东北半干旱地区天然降雨是有限的,在没有灌溉条件的地区,利用好有限的降雨就显得更为重要。垄向区田正是这样一种能够充分拦蓄降落在坡耕地上的降雨,使其就地入渗,为作物充分利用,从而提高产量。

[J]. 东北水利水电,2008,26(1):64-66.
[2] 姜圣秋. 黑龙江垦区水土流失现状及治理措施[J]. 现代化农业,2006(11):26-28.
[3] 方继友,盖颜欣,郭辅民,等. 坡耕地聚流覆盖型改造利用技术模式研究[J]. 水土保持通报,1996,16(6):31-35.
[4] 武龙甫. 东北黑土区水土流失防治试点工程的实践探索[J]. 中国水利,2007(16):4-8.
[5] 张忠学,曾赛星. 东北半干旱抗旱灌溉区节水农业理论与实践[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
[6] 魏永霞,张忠学,王立敏,等. 节水抗旱组合技术措施对玉米产量影响的研究[J]. 节水灌溉,2004(6):21-22,26.
[7] 赵晓光,吴发启,刘秉正,等. 黄土高原坡耕地土壤水分主要受控因子研究[J]. 水土保持通报,1999,19(1):13-17.
[8] 罗金耀. 节水灌溉理论与技术[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.
[9] 陈光,李世泉,李建伟,等. 东北黑土区水土保持措施减沙效益初步分析[J]. 水土保持应用技术,2006(6):48-50.
[10] 沈波,范建荣,潘庆宾. 松辽流域水土流失现状及防治对策[J]. 东北水利水电,2002(8):44-46.
[11] 沈菖蒲,刘福,张世玲,等. 坡耕地垄作区田最佳挡距数学模型及其检验[J]. 水土保持通报,1997,17(3):1-5.
[12] 杨爱民,孙彦坤,孟莉,等. 坡耕地垄作区田保水增产效益的研究[J]. 干旱地区农业研究,1997,15(4):6-9.

[11] 孙钰,孙敏义. 城市化与我国城市土地集约利用问题研究[J]. 辽宁师范大学学报:社会科学版,2009,32(5):37-40.
[12] 国土资源部土地整理中心. 土地整理工程设计[M]. 北京:中国人事出版社,2005:17-18.
[13] 罗明,张惠远. 土地整理及其生态环境影响综述[J]. 资源科学,2002,24(3):60-63.
[14] 高向军,鞠正山. 中国土地整理与生态环境保护[J]. 资源·产业,2005,7(4):1-3.