

寒地玉米不同耕作方式下土壤水热动态

李 梁^{1,2}, 于 洋², 姜宇博², 郝玉波², 葛选良², 王俊河³, 钱春荣²

(1. 黑龙江省农业科学院 博士后科研工作站, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 3. 黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161041)

摘要:为解决东北春玉米春季低温干旱和耕层蓄水能力差的问题, 设置3种耕作处理, 即平作平管、平作垄管和垄作垄管, 研究耕作方式对土壤水分、温度和玉米产量的影响。结果表明: 3种耕作方式下土壤平均温度垄作垄管与平作垄管差异不大, 高于平作平管 1.26℃。平作可减少表层土壤水分的损失, 垄作管理方式则可有效增加深层土壤含水量。不同耕作方式下, 垄作垄管的产量比平作垄管和平作平管处理分别高 3.8% 和 5.2%。

关键词:春玉米; 耕作方式; 土壤水分; 温度; 产量

中图分类号: S513.048 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2017)02-0026-05 DOI: 10.11942/j.issn1002-2767.2017.02.0026

东北春玉米对稳定全国玉米生产总量起着十分关键的作用, 持续提高东北春玉米生产能力是确保国家粮食安全的需要^[1]。然而近年来水土资源退化及作物生产力水平低下的问题越发严重, 严重影响东北地区农业的持续高效发展^[2]。东北地区传统的耕作方式是否适应农业的持续发展是需要深入探讨的问题^[3], 因此研究不同耕作方式下土壤的水热动态, 可为耕作方式的改良提供依据, 同时对丰富玉米育种及栽培技术理论、进一步挖掘春玉米生产潜力具有重要的理论指导意义。该研究针对东北春玉米区雨养条件下, 春季干旱、耕层蓄水能力差等问题, 研究不同耕作管理方式对耕层土壤水热的作用机制及其对作物生长发育与产量形成的影响, 明确耕层水热高效利用的耕作调控途径。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013-2014 年在黑龙江省农业科学院试验田进行。试验田位于黑龙江省哈尔滨市道外区民生乡, 地处松嫩平原中南部, 海拔高度 136.8 m,

N45°51', E126°47', 属温带大陆性季风气候, 年平均气温 3.5℃, 全年平均降水量 569.1 mm。试验土壤为黑钙土, 有机质含量为 34.2 g·kg⁻¹, 全氮含量为 1.35 g·kg⁻¹, 全磷含量为 0.41 g·kg⁻¹, 全钾含量为 0.76 g·kg⁻¹, 土壤 pH6.56。

1.2 材料

供试玉米品种为先玉 335。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 设置 3 种不同耕作管理方式, 分别为平作平管、平作垄管和垄作垄管, 平作平管整个生育期内均保持平作状态, 平作垄管处理结合追肥起垄, 垄作垄管处理结合追肥扶垄。密度均为 60 000 株·hm⁻², 于玉米播种时一次性施入金正大缓控肥(N:P:K=24:12:12)600 kg·hm⁻²。小区 35 m 行长, 12 行区, 随机区组排列, 3 次重复。4 月末播种, 9 月末收获。

1.3.2 测定项目及方法 采用自动温度记录仪监测土壤各层次温度, 将温度探头分别置于地表(0 cm)、耕层 5、15 和 30 cm, 定期(每隔 1 h)采集温度数据。土壤水分的测定分别于抽雄吐丝期、成熟期采用 5 点法采集土样, 测定耕层 0~10、10~20、20~30、30~40、40~60、60~80 cm 土壤含水量, 采用土钻取土烘干法测定。同时在吐丝期和成熟期取样测定叶面积及干物重, 并分器官(叶、茎鞘、苞叶、籽粒、穗轴)粉碎用凯氏定氮法测定全氮含量。计算公式: 花前物质积累对产量的贡献率(%) = 花后干物质转运量/籽粒产量 × 100; 花后物质积累对产量的贡献率(%) = 花后干物质积累量/籽粒产量 × 100。

收稿日期: 2017-01-17

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303125-07); 国家科技支撑计划资助项目(2014BAD12B01); 黑龙江省农业科技创新工程资助项目(ZD020); 国家玉米产业技术体系资助项目(CARS-02-40)

第一作者简介: 李梁(1983-), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 博士, 助理研究员, 从事玉米高产与生理生态研究。E-mail: li_liang@aliyun.com。

通讯作者: 钱春荣(1973-), 女, 博士, 副研究员, 从事玉米高产高效栽培理论与技术研究。

1.3.3 统计分析 用 SAS 9.1 进行方差分析,表格及图表用 Excel 2010 进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对玉米农艺性状及产量的影响

2.1.1 不同耕作方式对玉米主要农艺性状的影响 从表 1 可知,不同耕作方式下最大叶面积指数均在 5 左右,叶面积指数的大小表现为平作平管>平作垄管>垄作垄管。平作平管的株高最大,而穗位高为垄作垄管的最高。不同耕作方式下叶面积指数、株高、穗位高间差异均未达显著水平。说明耕作方式的改进对玉米的农艺性状影响较小。

表 1 不同耕作方式下吐丝期叶面积指数、株高、穗位高比较

Table 1 Comparison on the leaf area index, plant height and ear height for different treatments in silking

耕作方式 Treatments	叶面积指数 LAI	株高/cm Plant height	穗位高/cm Ear height
平作平管(PP)	5.69 a	377.7 a	140.7 a
平作垄管(PL)	5.54 a	366.3 a	145.9 a
垄作垄管(LL)	5.51 a	372.7 a	146.3 a

同列数字后的小写字母相同表示处理间差异不显著,α=0.05,n=3。下同。

Within each column followed by different lowercases indicate significant difference at 0.05 probability level. The same below.

表 2 不同耕作方式下干物质积累、转运及对籽粒贡献的情况

Table 2 Dry matter accumulation,translocation and contribution to grain under different treatments

耕作方式 Treatment	干物质积累				干物质转运						花前物质积 累对产量 的贡献率 Contribution to grain before silking	花后物质积 累对产量的 贡献率 Contribution to grain after silking	收获 指数 Harvest index
	Dry matter accumulation				Dry matter translocation								
	积累量/ (g·m ⁻²)		积累率/%		转运量/ (g·m ⁻²)			转运率/%					
	Accumulation amount		Accumulation rate		Translocation amount			Translocation rate					
	花前 BS	花后 AS	花前 BS	花后 AS	叶 L	茎 S	茎叶 L+S	叶 L	茎 S	茎叶 L+S			
平作平管(PP)	1202	1893	38.83	61.17	39	−106	−67	10.32	−12.88	−5.57	−4.55	128.68	0.48
平作垄管(PL)	1065	1958	35.24	64.76	25	−259	−234	7.24	−35.89	−21.95	−16.85	141.12	0.46
垄作垄管(LL)	1155	1790	39.21	60.79	46	−111	−65	12.73	−14.07	−5.63	−4.68	128.72	0.47

2.1.3 不同耕作方式下氮素的积累、转运及对籽粒的贡献 由表 3 可知,不同耕作方式下花前的氮素积累均高于花后,花前的积累量占总积累量

2.1.2 不同耕作方式下玉米干物质积累、转运及对籽粒的贡献 从图 1 看出,不同耕作方式下干物质的积累均随生育期的推进而逐渐增大至成熟期达最大值,最终干物质的积累表现为平作平管>平作垄管>垄作垄管,且不同耕作方式花后的干物质积累均要大于花前。要想获得较高的产量,更要注重花后干物质的积累。

从表 2 可知,花后干物质的积累率均在 60% 以上。在干物质转运方面茎鞘的转运量与转运率要远远大于叶片的转运量和转运率,且茎鞘的转运量均为负值,而叶片的为正值,最终导致茎叶总的转运量和转运率为负值,从而花前物质积累对产量的贡献率呈现负值;花后物质积累对产量的贡献率均超过 100%。茎鞘物质输出率高说明库容大而源生产能力相对不足;茎鞘物质输出率低甚至为负值,说明库容相对不足,源生产的物质除满足库容需要外还有剩余。因此,不同耕作方式下均表现为库容相对不足。

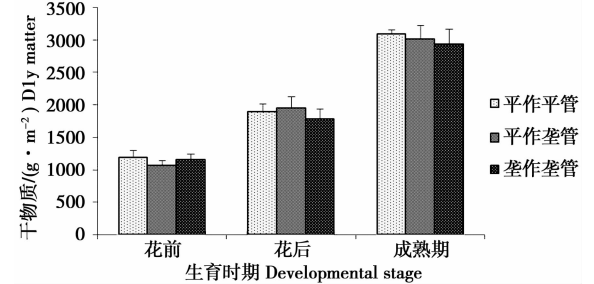


图 1 不同耕作方式下干物质积累

Fig. 1 Dry matter accumulation under different treatments

的 60% 左右,花后在 40% 左右。氮素转运方面,叶片的转运量及转运率要明显高于茎鞘,不同处理间差异不明显。不同耕作方式下花后氮素积累

对产量的贡献率要高于花前,说明籽粒中的氮大部分是由器官转运来的,但仍有 40%左右的氮素

需要靠花后的吸收,因此,要想获得较高的产量,在玉米籽粒灌浆阶段同样要保证氮肥的充足。

表 3 不同耕作方式下氮素积累、转运及对籽粒氮贡献的情况

Table 3 N accumulation,translocation and contribution to grain under different treatments												
耕作方式 Treatments	氮素积累 N accumulation				氮素转运 N translocation						花前氮素积	花后氮素积
	积累量/ (g·m ⁻²)		积累率/%		转运量/ (g·m ⁻²)			转运率/%			累对产量的	累对产量的
	Accumulation		Accumulation		Translocation			Translocation			贡献率	贡献率
	amount		rate		amount			rate			to grain	to grain
	花前	花后	花前	花后	叶	茎	茎叶	叶	茎	茎叶	before	after
	BS	AS	BS	AS	L	S	L+S	L	S	L+S	silking	silking
平作平管(PP)	19.82	13.88	58.80	41.20	5.39	3.36	8.75	50.28	36.93	44.15	—4.55	128.68
平作垄管(PL)	18.96	12.61	60.05	39.95	5.51	3.01	8.52	54.88	33.74	44.94	—16.85	141.12
垄作垄管(LL)	19.51	11.38	63.15	36.85	6.50	3.08	9.58	60.27	35.25	49.08	—4.68	128.72

2.1.4 不同耕作方式对玉米产量及其构成的影响

由表 4 可知,不同耕作方式下垄作垄管的产量比平作垄管和平作平管处理分别高 3.8%和 5.2%,且穗数与穗粒数均较高,不同处理间产量及产量构成因素间差异均不显著。不同处理的收

获密度明显低于 60 000 株·hm² 的种植密度,要想产量进一步提高,必须要保证群体的整齐度。在密度提高的同时,群体的倒伏率增加,而垄作可提高玉米的抗倒性,这也是其产量较高的原因之一。

表 4 不同耕作方式下产量及其构成

Table 4 Yield components under different treatments						
处理 Treatments	穗数/ (穗·hm ⁻²)	穗粒数 Grain number	千粒重/g 1 000 grain weight	产量/ (kg·hm ⁻²)	出籽率/% Rate of seed	氮肥偏生产力/ (kg·kg ⁻¹)
	Ear number	per ear		Grain yield		PFP
平作平管(PP)	41100 a	663 a	389.6 a	10642.5 a	84.2	47.3
平作垄管(PL)	42210 a	653 a	391.8 a	10783.5 a	84.7	47.9
垄作垄管(LL)	42975 a	668 a	391.4 a	11191.5 a	83.2	49.7

2.2 不同耕作方式对土壤温度的影响

2.2.1 不同耕作方式对土壤月平均温度的影响

从图 2 看出,不同耕作方式下不同层次土壤的月平均温度大致均在 7 月达到最高值,其中增温幅度为垄作垄管>平作垄管>平作平管。垄作耕

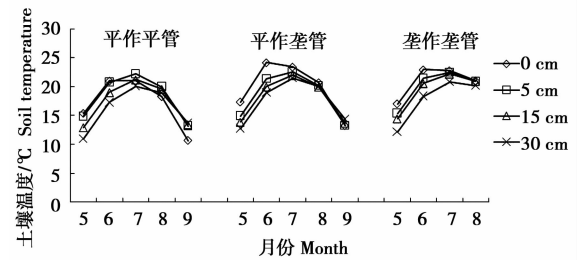


图 2 不同耕作方式下不同土层土壤月平均温度变化

Fig.2 Mean soil temperature for different treatments under different maize growing stages

作方式对表层土壤的增温效果明显,在后期的保温效果也要好于平作,垄作垄管与平作垄管土壤的平均温度差异不大,高于平作平管 1.26℃。不同层次土壤的月平均温度随土层深度的增加呈现下降的趋势。

2.2.2 不同耕作方式对土壤月最低温度的影响

从图 3 看出,不同耕作方式下不同层次土壤的月最低温度变化与平均温度变化趋势大体一致,均呈单峰曲线变化,峰值出现在 7 月。垄作不同层次的土壤温度略高于平作,同样对表层的增温效果明显,后期的土壤温度也高于平作。不同层次土壤的月最低温度随土层深度的增加呈现升高的趋势,说明深层土壤的温度稳定性要高于表层。

2.2.3 不同耕作方式对土壤月最高温度的影响

从图 4 看出,不同耕作方式下不同层次土壤的