

# 中子水分仪在旱塬地玉米农田土壤水分研究中的应用

晋凡生, 萧复兴

(山西省农业科学院旱地农业研究中心, 太原 030031)

**摘 要:** 采用中子微区模拟装置测量旱地玉米农田棵间蒸发的结果表明, 本试验装置实用可行。晋西棵间蒸发量占降水量(510 mm)的 54% 以上; 棵间蒸发与蒸腾的比值同叶面积指数呈负相关, 玉米产量与作物蒸腾呈正相关。  
**关键词:** 中子微区模拟装置; 农田棵间蒸发; 叶面积指数; 作物蒸腾  
**中图分类号:** S 152. 7      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2000) 04-0065-02

## The Application of the Neutron Probe in the Research of Farmland Soil Moisture of Dryland

JIN Fan-sheng, XIAO Fu-xing

(Arid Farming Research Centre, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, PRC)

**Abstract:** The device of the neutron micro zone model was applied to inspect the evaporation capacity among plants in dry land corn farmland. The results showed that the device was practical. In the western region of Shanxi province the evaporation capacity among plants accounts for more than 54% of the annual precipitation rain capacity(510mm). The ratio of evaporation to transpiration among plants was negatively correlated with leaf area index, and yield was positively correlated with crop transpiration.  
**Key words:** the device of neutron microzone model; evaporation among plants in farmland; leaf area index; crop transpiration

农田土壤水分研究是旱地农田研究的基础, 而农田棵间土壤水分蒸发的测定则一直没有一种简便实用的方法, 原来的小型换土蒸发器、500 型土壤蒸发器、液压称重式蒸渗器、机械电子称重式蒸渗器等器测法, 通过直接测定土壤水分损失量来计算棵间蒸发。上述测定方法的共同缺点是, 蒸发器内土体与周围自然条件下的土壤上下完全隔绝, 而且大部分是扰动土, 测定结果与自然条件下土壤蒸发之间相比有较大误差。中子法测定土壤水分, 是核技术在农业上应用卓有成效的一个方面, 是目前国内外测定土壤水分的先进技术。它突出的特点是: 不破坏土壤结构, 有利于长期定位观测田间土壤水分, 不受季节限制, 测量迅速准确。根据水量平衡原理, 我们

在隰县试区研究农田棵间土壤蒸发时, 设计了一套“中子微区模拟装置”, 其测定结果与农田自然状况更为接近, 比较简便实用。

### 1 试验设计与方法

#### 1.1 中子微区模拟装置的结构与安装

中子微区模拟装置主要有三部分构成: 中子水分仪、1 m(宽) × 1 m(长) × 2 m(高)的上下无底铁皮桶和模拟作物遮荫的假植株。中子微区模拟装置的安装方法: 在试验小区中部挖一面积为 1 m<sup>2</sup>, 深为 2 m 的长方体土柱, 并保持土柱与底层土体的自然连续, 然后将铁皮桶套在土柱上, 形成一个 1 m<sup>2</sup> 的微区; 在微区中部安装 2 m 深的铝导管; 根据植

\* 收稿日期: 2000-10-13  
国家“九五”科技攻关项目黄土高原水土流失区农业综合发展技术研究第 6 专题——晋西残塬区高产型农业综合发展研究(96-004-05-06)的内容。

物在不同生育期的遮荫程度配置相应的假植株用来遮荫。

1.2 中子微区模拟装置的原理

由于中子水分仪中的中子源辐射半径为 0.5 m, 所以将微区面积设计为 1 m<sup>2</sup>, 使其辐射不会超出微区范围, 测定的值为微区的水分值。上下开口的铁皮桶主要用来防止微区外的小区中玉米根系扎入吸水, 并隔断微区与外部土体的水分横向移动, 同时保持微区土体与 2 m 以下土体中水分的上下联系。假植株主要用来遮荫, 它的密度和微区所在的小区中玉米完全一致, 随玉米的生长发育进行叶片配置, 使其遮荫程度与周围小区玉米植株保持一致。

1.3 微区土壤水分测定

用中子水分仪测定, 每 20 cm 为一测点, 测至 2 m 土层; 每 10 d 测定一次; 生育期始末和一次降水超过 30 mm 增加测定一次。

1.4 玉米棵间蒸发的计算

采用农田水分平衡公式进行计算:

$$E_T = (W_H + P) - W_K$$

式中:  $E_T$ ——农田蒸散量;  $W_H$ ——播种时 2 m 土层储水量;  $P$ ——生育期降水量;  $W_K$ ——收获时 2 m 土层储水量。

1.5 作物蒸腾计算

根据公式  $E_T = E_p + W_k$

式中:  $E_T$ ——农田蒸散量;  $E_p$ ——作物蒸腾量;  $W_k$ ——棵间土壤蒸发量。

2 试验结果

2.1 棵间蒸发与叶面积指数的关系

通过对玉米农田的土壤水分和叶面积指数进行观测可以看出, 玉米农田棵间蒸发在玉米的不同生育期有着相应的变化。从棵间蒸发与蒸散的比值可以看出, 玉米苗期到灌浆期, 棵间蒸发逐渐下降(见表 1); 棵间蒸发与蒸散的比值下降与叶面积指数呈负相关, 其直线关系为:

$$Y = 96.905 - 16.465X \quad r = 0.99^{**}$$

式中:  $Y$ ——棵间蒸发与蒸散的比值;  $X$ ——叶面积指数。

表 1 棵间蒸发与叶面积指数的关系				
生育期	苗期	拔节 - 喇叭口	喇叭口 - 抽雄	抽雄 - 吐丝
蒸散量/mm	17.6	62.2	103.6	55.0
棵间蒸发/mm	16.3	40.8	44.0	16.5
棵间蒸发/蒸散	92.6	65.5	42.5	30.0
叶面积指数	0.17	1.4~2.8	3.18	3.8

2.1 棵间土壤失水动态研究

在 1994 年 4 月 20 日至 6 月 20 日之间 60 d 时段内, 无有效降水, 对研究农田棵间土壤水分蒸发的规律具有重要作用。对不同层次的土壤分别进行测定, 4 月 23 日测定结果表明, 10~30 cm 土层含水量为 43.8 mm, 50~70 cm 土层含水量为 46.0 mm, 110~130 cm 土层含水量为 39.7 mm, 6 月 20 日对上述各层土壤水再次测定, 与前次测定相差较大; 随着土层的加深, 土壤水分损失量呈下降趋势。10~30 cm 土层含水量减少 21.3 mm, 50~70 cm 土层含水量减少 12.2 mm, 110~130 cm 土层含水量仅减少 1.9 mm(表 2), 说明棵间土壤蒸发失水随土层加深而降低, 当土层深度超过 100 cm, 其蒸发损失是非常微弱的, 在 60 d 时段内, 20 cm 厚的土层仅仅失水 1.9 mm。

表 2 棵间土壤失水动态

测定时间	重复	10~30cm	50~70cm	110~130cm
4月23日	1	41.1	45.7	36.8
	2	47.8	44.9	40.3
	3	42.1	47.4	41.9
	平均	43.8	46.0	39.7
6月20日	1	21.0	32.5	36.5
	2	26.0	32.7	38.5
	3	20.5	36.1	38.3
	平均	22.5	33.8	37.8
蒸发失水		21.3	12.2	1.9

2.3 作物蒸腾与产量关系

根据连续 3 年试验, 农田玉米产量主要与玉米蒸腾量有关, 而与农田蒸散量无关。玉米植株蒸腾从 95.5 mm 增加到 234.5 mm, 玉米产量从 3 253.5 kg/hm<sup>2</sup> 提高到 6 820.5 kg/hm<sup>2</sup>(表 3)。产量与蒸腾量之间呈直线相关关系, 其直线方程为:

$$Y = 57.134 + 1.797X \quad r = 0.979^{***}$$

式中:  $Y$ ——玉米产量;  $X$ ——玉米蒸腾量。

由表 3 可以看出, 玉米农田蒸散量在几个处理之间变化不大, 说明在一定的土壤水分条件下, 如果没有被作物蒸腾利用, 就会由棵间土壤蒸发掉, 从而白白地浪费。

表 3 玉米产量与蒸腾量的关系

处理	1	2	3	4	5	6
产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	3253.5	5064	6493.65	6575.1	6585.9	6820.5
蒸腾量/mm	95.52	155.10	190.40	212.08	212.64	234.56
蒸散量/mm	424.60	429.73	426.45	440.25	450.86	447.99

3 讨 论

3.1 微区模拟农田小气候可行性评价

采用风速干湿表对微区和农田的气温与湿度进  
(下转第 88 页)

复筛,结果表明,担子菌 C 的长速、长势、粗纤维降解率、真蛋白提高率都较高,且与酵母菌 Y 有较好的协调作用。通过最佳配方试验,选用固体发酵培养基 为最佳发酵培养基,发酵料纤维降解率为 13.00%、真蛋白提高率为 35.81%。

4.1 醋糟发酵效果感观识别

棕褐色的醋糟经 CY 发酵后结成白色硬块,有蘑菇香味,掰开菌块棱角分明,菌丝粗壮洁白。若发酵不当,发酵料不能结块,或者菌块蓬松,呈褐黄色,有时带有发味。因此,从菌丝洁白粗壮程度、菌块硬度、发酵料色泽、香味几方面即可判断发酵效果。

4.2 醋糟发酵过程中水分、pH、温度对发酵的影响

(1) 水分。担子菌 C 发酵醋糟,培养基水分以 62% 为宜,水分太小菌丝稀疏,生长缓慢;水分太大影响透气,下层料厌氧发酵,腐黑变臭,菌丝呈波浪式缓慢延伸;水分适中时菌丝生长旺盛,尖端整齐,呈梳状。

(2) pH 值。担子菌 C 生长最适 pH 为 6.5 ~ 7.0,但由于醋糟酸度大,调好 pH 值后,在装料、灭菌过程中 pH 下降幅度较大,再加上发酵后菌丝呼吸代谢分泌有机酸,固体发酵培养基 pH 值以调到

7.5 ~ 8.0 为宜。

(3) 温度。担子菌 C 最适宜温度为 28 , 34 接近致死温度,在发酵初期,中期菌丝代谢强度逐渐增大,菌丝会散发出一定热量,使料温升高,因此在发酵过程中应注意翻瓶、翻袋、翻堆或控制料层厚度。

4.3 醋糟发酵料失重原因

菌丝分泌酶类分解粗纤维底物时,一种转化为营养物质,一种转化为气体、水分、热能散失,因而发酵料普遍失重。而且培养基含水量不合适时失重更大,培养基含水量太小时,菌丝分解纤维所得物质少部分转化为营养物质供菌丝生长,而大部分转变为代谢水使培养基含水量增加;培养基含水量太大时,菌丝分解基质时消耗培养基中部分水分,分解基质得到的物质除供菌丝生长外,相当一部分转化为气体和热能散失,从而使基质含水量下降。

总之,通过利用微生物发酵醋糟提高其营养价值的研究,我们初步确定了最佳发酵菌种和培养基配方,以及发酵条件与发酵期,但是,要进一步提高其酶活性与酶效率,要进一步在广大农区推广发酵饲料,还需作许多具体的工作。

(上接第 66 页)

行测定,测点分别为离地表 5 cm 和 50 cm 处。

表 4 模拟微区与农田的气候对比

测定时间	测定高度 5cm				测定高度 50cm			
	干球		湿球		干球		湿球	
	微区	农田	微区	农田	微区	农田	干球	湿球
8 月 30 日	24.3	25.2	24.1	24.8	25.1	25.1	24.2	24.1
9 月 2 日	24.4	25.3	24.2	24.4	25.8	25.4	24.0	24.0

测定结果说明(表 4):距地表 5 cm 处,两次测定干球读数,农田比微区高 0.90 ,湿球读数,农田比微区高 0.2 ~ 0.7 ,距地表 50 cm 处的两次测定,无论干球或湿球读数,微区与农田极为接近。说明微区与农田小气候基本一致,用微区测定的农田棵间蒸发能够代表农田的棵间蒸发量。

3.2 中子微区模拟装置的优点

这套装置的主要优点在于能将农田棵间蒸发从蒸散中分离开,有利于深入研究土壤作物大气系统的水分运动与分配。但在研究农田作物蒸腾时,应与农田蒸散测定同时进行,使试验更为完整。

3.3 农田棵间蒸发测定研究表明

提高降水利用率是发展北方旱地农业的突破口。我国北方降水量偏少,干旱严重,是发展农业生产的主要障碍。然而,在用中子微区模拟装置研究棵间蒸发的过程中发现,农田棵间蒸发损耗土壤水分数量较大。单产量 6 750 kg/hm<sup>2</sup> 的玉米农田,其蒸腾量为 234 mm;玉米棵间蒸发量为 270 ~ 280 mm,占玉米农田蒸散量的 53.9%。试验基地常年降水量 510 mm,玉米蒸腾耗水量只占降水量的 45.8%。这一百分比说明作物对降水的利用率比较低,大部分降水还未得到利用,作物产量与蒸腾量呈正相关。要提高玉米产量,就必须提高蒸腾量或降水利用率,而要提高降水利用率,必须减少棵间蒸发,促进作物蒸腾,将蒸发耗水转为蒸腾耗水。为此,应采取措施充分开发降水生产潜势,从而达到提高降水生产率和粮食产量的要求。

参考文献

1 信乃诠,等.旱地农田用水状况与调控技术[M].北京:农业出版社,1992  
2 W.拉夏尔著.植物生理生态学[M].北京:科学出版社,1980  
3 晋凡生,等.旱原地玉米降水生产潜势及提高途径研究[J].华北农学报,1995,(10):35 ~ 40