

# 薄露灌溉减少稻田氮素渗漏损失的研究

陈 义<sup>1</sup>, 王胜佳<sup>1</sup>, 王宗道<sup>2</sup>, 封秀燕<sup>3</sup>, 赵秉强<sup>4</sup>, 张夫道<sup>4</sup>

(1 浙江省农业科学院土壤肥料研究所, 浙江杭州 310021; 2 浙江省东阳市农业局, 浙江东阳 322100;

3 浙江省气候中心, 浙江杭州 310017; 4 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

**摘要:**应用田间大型原状土柱渗漏计模拟技术对稻田薄露灌溉与常规浅层灌溉开展对比研究。结果表明, 稻田实行薄露灌溉可以节省灌溉用水量 11.7%, 减少通过渗漏途径的氮素(N)损失 0.6 kg/hm<sup>2</sup>, 氮素淋失率下降 12%; 同时可促使单季晚稻增产 5.45%。

**关键词:**薄露灌溉; 氮素淋失; 稻田

**中图分类号:**S275      **文献标识码:**A      **文章编号:**1008-505X(2002)S0-0132-03

## Study on effect of wet-irrigation on N-leaching loss in rice field by lysimetry

CHEN Yi<sup>1</sup>, WANG Sheng-jia<sup>1</sup>, WANG Zhong-dao<sup>2</sup>, FENG Xiu-yan<sup>3</sup>, ZHAO Bing-qiang<sup>4</sup>, ZHANG Fu-dao<sup>4</sup>

(1 Soil and Fertilizer Inst., Zhejiang AAS, Hangzhou 310021, China; 2 Dongyang Bureau of Agric., Zhejiang 322100, China;

3 Zhejiang Climate Center, Hangzhou 310017, China; 4 Inst. of Soil and Fertilizer., CAAS, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The observations of comparative study of wet-irrigation(WI) and shallow-irrigation (SI, check) in rice fields with undisturbed-monolith lysimeter technique showed that: to use wet-irrigation in rice-growing season could reduce the irrigation water rates at 11.7% as compared with conventional shallow-irrigation and decrease the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N loss/contamination enter underground water by leaching at 12%, as well as increase single-cropping-rice grain yield by 5.45%, as compared with the conventional shallow-irrigation.

**Key words:** wet-irrigation; N-leaching loss; rice field

中国的淡水资源总量在世界上并不算太低, 总水资源量达 2.8 万亿吨, 居世界第 6 位。但由于我国人口基数大, 故而按人均拥有水资源量来看(人均占有淡水 2474m<sup>3</sup>)则仅为世界平均值的 1/4 不到, 在世界上排名第 109 位, 是世界上淡水资源极度贫乏的 13 个贫水国之一<sup>[1]</sup>。

从水安全角度分析, 中国的水资源存在人均拥有水资源量极度贫乏; 水资源的时空分布极不均匀; 用水浪费大, 水资源利用率低下; 水质污染十分严重, 我国七大水系有一半严重污染, 81% 的城市河道水质超标, 净水越来越少等问题<sup>[2,3]</sup>。我国 666 座城市中有 400 多座缺水, 年缺水量达 6.0 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>。饮用水源污染十分严重, 我国 27 条主要河流有 56% 受到污染。我国沿海地区农田中的化肥有

50% 是通过河流和地表径流进入河道从而污染饮用水源的。

浙江省红土丘陵地区是我国水土流失最严重的地区之一, 研究农田节水灌溉技术对减少水土养分的流失及水质污染有重要的现实意义。关于氮肥的淋失研究多为模拟研究结果<sup>[4]</sup>; 朱兆良指出通过渗漏的氮肥淋失率可高达 5% ~ 10%<sup>[5]</sup>, 而又有不少研究认为淋失率不大<sup>[6]</sup>。为此我们应用田间大型原状渗漏计技术开展研究, 以探明节水灌溉对减少氮肥淋失的实际效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验设在本所自建的大型田间原状土柱渗漏计中进行。

定稿日期: 2002-05-15

基金项目: 基础研究重大项目(973)前期研究专项(2001CCB00800); 科研院所社会公益研究专项资金(2000-173, 2001DIA10004)资助项目。

作者简介: 陈义 (1962—), 男, 浙江义乌人, 副研究员, 主要从事土壤肥力与土壤环境方面工作。

单个渗漏计的面积为  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  ( $4\text{ m}^2$ ),土柱高度为  $1\text{ m}$ ,下垫砂滤层  $45\text{ cm}$ ,地下坑道内每个土柱附设有三列五层 ( $10\sim 16,30\sim 36,50\sim 56,70\sim 76,90\sim 96\text{ cm}$ )的渗漏水采集管道,最下层则有  $1\text{ m}$  深的总排水管,由此可收集  $1\text{ m}$  深度土层的渗漏水。

渗漏计的土壤为典型的湖积物发育的潜育性水稻土,质地为粉砂性粘壤土,有机 C  $15.4\text{ g/kg}$ ,全 N  $1.55\text{ g/kg}$ ,碱解 N  $88\text{ mg/kg}$ ,AI-abbas-P  $399\text{ mg/kg}$ ,交换性 K  $67.5\text{ mg/kg}$ ,CEC  $14.1\text{ cmol/kg}$ ,pH  $6.5$ 。

试验设:1)薄露灌溉(WI)。具体方法是每当田间断水,田面基本沉实而表层尚未能出现开裂时,即行全层薄露灌溉为限;2)是常规浅层灌溉(SI),即每次灌水时保持水层在  $3\sim 5\text{ cm}$ 。6月19日移栽前每池一次性施用化肥 N  $60\text{ g}$ , $\text{P}_2\text{O}_5$   $30\text{ g}$ , $\text{K}_2\text{O}$   $30\text{ g}$ ,即相当于每公顷施 N  $150\text{ kg}$ , $\text{P}_2\text{O}_5$   $75\text{ kg}$ , $\text{K}_2\text{O}$   $75\text{ kg}$ 。每池移栽水稻 100 穴,水稻品种为“协优 7954”。除灌溉处理外,其它栽培管理措施均保持一致。10月2日收获。

1.2 观察测定项目

1.2.1 施肥后 1,2,3,5,8,15,30,60 d 及收获前分别采集  $1\text{ m}$  深度的渗漏水样,测定其硝态氮浓度,并与灌溉水源作比较。根据测定结果,应用计算机模拟回归分析,测算出不同处理的全生育期氮素淋失量,以估测施肥后不同时段排水中的硝态氮污染状况;

1.2.2 每日计测  $1\text{ m}$  深度的渗漏水量,计算出总渗漏水量;

1.2.3 使用水表计测两种处理的灌溉用水量,以比较节水效果。

2 结果与分析

2.1 薄露灌溉的节水效果

根据渗漏池渗漏水量的计测结果可知(图 1),在水稻生育前期(移栽后 19 d 以内,6月19日~7月8日),薄露灌溉区的渗漏水量与浅层灌溉区的似无大差别,其日平均渗漏量分别为  $1.70\text{ mm}$  和  $1.71\text{ mm}$ ,每池的渗漏水总量分别为  $128.98\text{ kg}$  和  $129.68\text{ kg}$ 。分析其原因,可能是与此时乃单季晚稻生育中期,适逢我国南方的梅雨季节的高强度降水有关(表 1),致使薄露灌溉区也经常有一定的水层所致。到水稻生育中期(7月9日~9月7日),此时期是水稻分蘖及幼穗形成时期,薄露灌溉的节水效果慢慢显现出来,测得薄露灌溉区的每池总渗漏量为  $98.71\text{ kg}$ ,对照浅层灌溉区的总渗漏量为  $155.18\text{ kg}$ ,前者比对照节减渗漏水量  $36.4\%$ ,节水效应明显。而后由于水稻生长进入生育盛期,根系生长加快,叶面蒸腾强烈,致使田间渗水量快速下降,到 9月7日最终达到 0。进入水稻生育后期(9月17日~10月2日),即收割前半个月左右,2个处理区又

开始出现渗漏水流,薄露灌溉和浅层灌溉的每池渗漏水总量分别为  $10.0\text{ kg}$  和  $13.6\text{ kg}$ ,其日平均渗漏量分别为  $0.18\text{ mm}$  和  $0.24\text{ mm}$ ,两者差别不大。

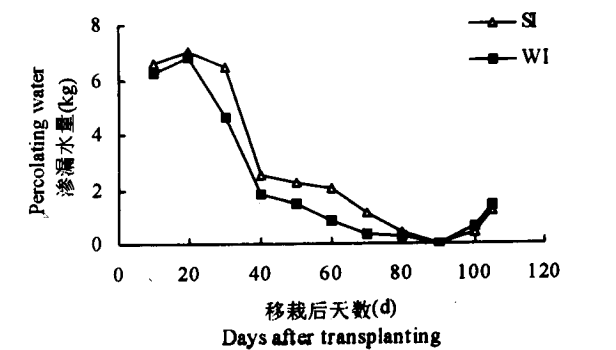


图 1 薄露灌溉与浅层灌溉的渗漏水量经时变化  
Fig.1 Timing changes of percolating water flow in wet-irrigation treatment and shallow-irrigation treatment

又据水表实测结果,薄露灌溉区的总灌溉用水量为  $2.141\text{ m}^3$ ,常规浅层灌溉区为  $2.425\text{ m}^3$ ,分别相当于  $5352$  和  $6065\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,薄露灌溉可比浅层灌溉节水  $713\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。这其中有  $134\text{ m}^3$  是通过减少渗漏水量损失的贡献,除此之外的节水效果可能是由于水面及叶面蒸发的减少所致。可以预计此种节水效果在大田实际情况下会更好。因为在实际农田中,田埂不高,如遇大雨或暴雨常会发生水漫田埂的现象,而薄露灌溉因它几乎没有水层,在这种情况下可更有效地利用自然降水。而本渗漏计的池壁较高,即使遇上大雨也不会溢出,所以这方面的节水效果无法在本试验中得到体现。

表 1 试验期间降水量分布  
Table 1 The contribution of precipitation in experiment period

| 旬别<br>Period of ten days | 降水量 Precipitation (mm) |            |            |            |             |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|------------|-------------|
|                          | 6 月<br>Jun             | 7 月<br>Jul | 8 月<br>Aug | 9 月<br>Sep | 10 月<br>Oct |
| 上旬                       | 76.7                   | 55.7       | 3.8        | 7.9        | 34.4        |
| 中旬                       | 38.1                   | 8.4        | 52.3       | 8.0        | 41.3        |
| 下旬                       | 53.4                   | 44.8       | 72.2       | 31.2       | 22.2        |

2.2 薄露灌溉减少稻田氮素淋失的效果

根据经时采集  $1\text{ m}$  深度渗漏水样的分析结果可知(表 2),薄露灌溉区中  $1\text{ m}$  深度渗漏水中的硝态氮浓度与浅层灌溉的几无差异。应用线性模式求得

1m 渗漏水中硝态氮浓度( $y_1$ )与施肥后天数( $x$ )的关系方程为:

$$\text{浅层灌溉: } y_1 = 8.65 - 0.053x, F = 8.23^*$$

$$\text{薄露灌溉: } y_1 = 8.44 - 0.041x, F = 6.87^*$$

而 1m 渗漏水量( $y_2$ )与施肥后的天数( $x$ )的关系方程则为:

$$\text{浅层灌溉: } y_2 = 9.59 - 0.191x + 0.001x^2,$$

$$F = 37.1^{**}$$

$$\text{薄露灌溉: } y_2 = 9.53 - 0.231x + 0.00143x^2,$$

$$F = 50.6^{**}$$

应用上述方程,可进一步计算出两种处理的一季水稻生育期间每公顷稻田的氮素淋失量为:

$$\text{浅层灌溉的 N 淋失量} = 2.5 \times 10^{-3} \int_0^{105} [(9.59 - 0.191x + 0.001x^2) \times (8.65 - 0.053x) / 105] dx = 5.0 (\text{kg/hm}^2);$$

$$\text{薄露灌溉的 N 淋失量} = 2.5 \times 10^{-3} \int_0^{105} [(9.53 - 0.2307x + 0.00143x^2) \times (8.44 - 0.041x) / 105] dx = 4.4 (\text{kg/hm}^2).$$

从上述结果可知,薄露灌溉的 N 渗漏损失可比较常规浅层灌溉减少 0.6 kg/hm<sup>2</sup>, N 渗漏损失下降 12%。

表 2 薄露灌溉区和浅层灌溉区 1m 深度  
渗漏水中硝态氮浓度的经时变化(mg/L)

Table 2 Timing changes of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N contents  
in 1 m percolating water in wet-irrigation and  
shallow-irrigation treatments

| 处理     | 施肥后天数(d) Days after N-application |     |     |     |     |     |     |     |
|--------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Treat. | 1                                 | 2   | 3   | 5   | 8   | 12  | 30  | 60  |
| SI     | 7.6                               | 7.7 | 8.0 | 8.9 | 9.4 | 9.4 | 6.4 | 5.4 |
| WI     | 7.5                               | 7.8 | 7.7 | 8.5 | 9.0 | 9.3 | 7.1 | 5.7 |

### 2.3 薄露灌溉对单季晚稻产量的效应

根据渗漏池内单季晚稻产量的实收结果测知,薄露灌溉区的谷产相当于 7.25t/hm<sup>2</sup>,对照浅层灌溉区的产量为 6.88t/hm<sup>2</sup>。表明薄露灌溉可比浅层灌溉增产 5.45%。究其原因主要是薄露灌溉方式

有利于水稻根系的发育及扩展从而增加其对心土层养分的利用,进而增加水稻的干物质积累从而达到增产的效果。

### 3 小结

应用田间大型渗漏计模拟实验探知,稻田实行节水薄露灌溉可以减少农田灌溉用水量 713m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节水效应 11.76%。与此相应田间 1m 土层的渗漏水量减少 31.4%,硝态氮淋失减少 12% (N 0.6kg/hm<sup>2</sup>),同时单季晚稻增产 5.45%。由此表明实行节水薄露灌溉的节水效果和减污效果明显,对农家来说此项措施简单易行,值得在农田中普推广应用。在本项模拟实验中由于条件的限制,渗漏计的地表径流为 0,而在实际田间状况下尤其是在梅雨季节特大降水状况下,田面表层的肥料氮冲失十分严重,为此要全面评价薄露灌溉的减污效果就需要在田间加以再验证。另一方面我们发现渗漏水的硝态浓度在所监测的 60 天时段内并没有出现以往所观测到的季节性变化<sup>[7]</sup>,对此也需作进一步的验证。

### 参考文献:

- [1] 国家环境保护局. (1996) 中国环境状况公报[N]. 科技日报, 1997-06-10(7).
- [2] 林洪孝, 李怀岭, 吴常龙. 关于水资源可持续发展的思考[J]. 水土保持通报, 1999, 19(5): 41-43.
- [3] 穆兴民, 李锐. 论水土保持在解决中国水问题中的战略地位[J]. 水土保持通报, 1999, 19(3): 1-5.
- [4] Webster C P, Belford R K, Cannell R Q. Crop uptake and leaching losses of <sup>15</sup>N-labelled fertilizer nitrogen in related to waterlogging of clay and sandy loam soils[J]. Plant & Soil, 1986, 92: 89-101.
- [5] 朱兆良. 土壤中氮素的转化和移动的研究概况[J]. 土壤学进展, 1979, (1): 1-16.
- [6] 朱济成. 关于氮肥地下流失率的研究[J]. 环境科学, 1983, 4(5): 35-39.
- [7] Wang Jiayu, Wang Shengjia and Chen Yi. Leaching loss of nitrogen in double-rice-cropped paddy fields in China[J]. 浙江农业学报, 1995, 7(3): 155-160.