

灌溉方式对稻田生态系统某些功能的影响

杨茂成 李辉信 胡 锋

(南京河海大学)

(南京农业大学)

随着我国农业水资源的日益短缺,节水农业在农业生产中受到广泛重视。80年代以来,不论在北方稻区或是南方稻区,都已采用了诸如间歇灌溉、湿润灌溉和控制灌溉等多种节水灌溉措施。并有不少关于稻田节水灌溉与节水效应的报道^[1],但从稻田生态系统出发进行的研究尚不多。本文着重研究了常规浅水淹灌和湿润节水灌溉条件下,稻田生态系统某些功能特征的分异,以期为全面评价稻田灌溉制度,改进稻田水分管理提供参考。

一、灌溉方式和测试方法

本研究在河海大学农水基地进行。试区年平均降水量为1000mm,水稻生育期平均降水量为570mm。土壤为下蜀黄土发育的丘陵黄白土,pH为7.4,有机质和全氮含量分别为10.4g/kg和0.81g/kg,肥力水平中等。

(一)灌溉方式 水稻(品种汕优63)返青期保持水层,返青后分别实施以下灌溉处理。(1)浅水淹灌(浅灌):水稻返青后生育期保持20mm水层,分蘖末期烤田;(2)湿润灌溉(湿灌),水稻返青后控制土壤含水率在田间持水量(27.5%)附近,具体又分为3种水分状况处理:

湿灌Ⅰ:土壤湿度控制在100%田间持水量;

湿灌Ⅱ:土壤湿度控制在90%田间持水量;

湿灌Ⅲ:土壤湿度控制在80%田间持水量。

试验重复3次,随机排列,小区面积为 $23 \times 9\text{m}^2$ 。灌溉水及渗漏水量用自记水位计量测并观测记载水稻生长及产量等性状。

(二)样品测定与数据计算 水样、土壤、植株和肥料的有关测定按常规分析法,能值计算主要按《农业技术经济手册》^[2]换算。

二、结果与讨论

(一)灌溉方式对稻田的初级生产力影响

由表1可见,稻田净初级生产力(NPP)和水稻经济产量均以浅灌处理为高,比各湿灌处理分别相应高6.3—17.6%和23.6—33.8%,差异达显著或极显著水平($p < 0.01$ 或 $p < 0.05$)。究其原因,可能是本试验条件下,湿润灌溉方式对水稻生长和光合产物的运转产生一定的胁迫作用并影响养分的吸收利用等。据测定,湿润土壤条件下水稻对尿素氮的利用率比淹水状况降低了15.2%。然而,有些研究报道则显示,节水灌溉较淹灌有一定的增产效果,与本研究结果相悖,这可能与试验的土壤条件、水分运筹模式差异有关。

比较 3 种湿灌处理,发现各处理间 NPP 和产量均无显著差异,说明湿灌条件下,土壤湿度在 80—100%田间持水量之间,对水稻的生长发育没有明显影响。

不同灌溉方式下,水稻 NPP 构成也发生了分异(表 2)。籽粒占 NPP 百分比及谷/草比均为浅灌>湿灌 I =湿灌 II >湿灌 III。水稻干物质分布特征是光合产物运转平衡的结果,而水分管理影响了这种运转平衡^[3]。显然,本研究条件下浅灌有利于 NPP 和干物质形成积累及其向

表 1 灌溉方式对稻田净初级生产力 (NPP)* 及经济产量影响

灌溉方式	NPP(kg/ha/季)	经济产量(kg/ha)
浅灌	14876±1825	8039±747
湿灌 I	12652±1393	6008±374
湿灌 II	13686±96	6504±552
湿灌 III	13998±160	6503±117

* NPP= 稻谷+稻草+根茬+凋落物

表 2 灌溉方式对水稻 NPP 构成的影响

灌溉方式	籽粒占 NPP%	秸秆*占 NPP%	谷/草比
浅灌	54.0	46.0	1.17
湿灌 I	47.5	52.5	0.90
湿灌 II	47.5	52.5	0.90
湿灌 III	46.5	53.5	0.87

* 秸秆=稻草+根茬+凋落物

籽粒的运转。

(二)灌溉方式对稻田养分平衡状况的影响

不同灌溉方式下,稻田生态系统养分的输入和输出特征及其平衡状况列于表 3。结果显示,稻季后各处理 N、K 和 Si 基本上都处于亏缺状态,而 P 有盈余。比较不同处理养分盈余量,可以看出,湿润灌溉各处理养分平衡状况优于浅灌处理,其中以 Si 和 P 最为明显。N 的渗漏损失尤以湿灌处理为低(表 4),降低幅度为 158—515%,这对减少地下水源或面源污染有着积极的意义。从 N、P、K 和 Si 的总体平衡状况来看,湿灌 II 优于其它处理,表明它是养分生态效应较好的稻田生态系统。

表 3 灌溉方式对稻田养分平衡状况的影响(kg/ha)

灌溉方式	N			P			K			Si		
	输入(I)*	输出(O)*	I-O	I	O	I-O	I	O	I-O	I	O	I-O
浅灌	251.6	264.3	-12.7	32.9	31.0	1.94	113.7	2403	-126.6	468.9	692.4	-223.6
湿灌 I	225.7	233.1	-7.42	31.1	20.7	10.4	54.9	151.2	-96.3	251.5	406.5	-155.1
湿灌 II	226.0	228.9	-2.94	31.3	19.8	11.5	53.1	179.3	-126.2	265.4	424.0	-158.6
湿灌 III	219.8	217.2	2.60	30.4	21.9	8.57	43.0	163.8	-120.8	203.3	402.2	-198.9

* 输入(I)包括:灌溉、降雨、肥料、根茬和秧苗等

输出(O)包括:收获移出、淋失和 N 的气态损失等

(三)灌溉水生产效率与系统的能量特征

1. 灌溉水的生产效率

根据灌溉用水量和相应处理的稻谷产量,计算出不同灌溉处理灌溉水的生产效率^[4]列于表 5。结果表明,湿灌用水量大大低于浅灌,灌溉水生产效率明显提高。与浅灌相比,湿灌分别节水 2.4、6.1 和 3.7 倍,灌溉水生产效率则提高了 1.6—4.8 倍,具有明显的节水效果,其中尤以湿灌 II 最为显著。

2. 系统的能量特征

作物生产实际上是自然能与人工能投入后能量转化过程,能量转换效率是农田生态系统的重要特征^[5]。从表 6 可以看出,在同一太阳能输入的情况下,湿润灌溉稻田的能量转化效率较高。以能量输出/总能量输入指标为例,湿灌处理稻田能量转化效率平均较浅灌处理增高

表4 灌溉方式对稻田N素淋失量(kg/ha)的影响

灌溉方式	浅灌	湿灌Ⅰ	湿灌Ⅱ	湿灌Ⅲ
淋失量(kg/ha)	47.6	18.5	8.23	7.75

114%，其中湿灌Ⅲ增幅最大。这主要是由于湿灌系统能耗很低，尤其是灌水能耗少，单位灌溉投入能量的转化效率很高。从生态系统力能学的角度看，这种灌溉制度具有较好的能量生态效益。

表5 灌溉方式在用水量灌溉水的生产效率(ey)上的差异*

灌溉方式	灌水量(m ³ /ha)	ey(kg/m ³)
浅灌	34529	0.23
湿灌Ⅰ	10033	0.60
湿灌Ⅱ	4871	1.33
湿灌Ⅲ	7378	0.88

三、小 结

上述研究结果表明：本试验条件下不同灌溉方式对稻田生态系统的生产力特征、养分状况和能量转化效率都有不同程度的影响。湿润灌溉除了具有明显的节水效果外，还

* 灌溉水生产效率(ey)=产量/灌溉用水量

表6 灌溉方式对稻田生态系统能量的输入、输出及转化效率的影响

灌溉方式	能量输入(×10 ⁶ kJ)			能量输出 ^(c) (×10 ⁶ kJ)	能量转化效率(产/投比)	
	无机能 ^(a)	有机能 ^(b)	小 计		能量输出/总能输入	能量输出/灌水耗能
浅灌	253.1	52.8	305.9	185.8	0.61	0.80
湿灌Ⅰ	88.3	54.1	142.4	156.1	1.10	2.31
湿灌Ⅱ	70.4	66.4	136.8	166.7	1.22	3.35
湿灌Ⅲ	53.4	53.6	107.0	167.9	1.57	5.11

a. 输入的无机能包括：灌溉、机械、化肥、农药等能量投入；b. 输入的有机能包括：有机肥、种苗、劳力和畜力等能量投入；c. 输出的能量指稻株的能量生产值。

有良好的养分生态和能量生态效益，但其经济产量较低。进一步改进湿灌水分管理，特别是水分与N素等养分的综合管理，将有利于发挥湿润灌溉的综合生态经济效益。

参 考 文 献

- [1] 徐国郎等, 节水型农业灌溉技术, 气象出版社, 1990。
- [2] 农业技术经济手册编委会, 农业技术经济手册, 农业出版社, 1984。
- [3] 户莉义次(薛德榕译), 作物的光合作用与物质生产, 科学出版社, 1979。
- [4] 朱庭芸, 水稻灌溉区经济用水的途径, 水利学报, (4): 51-58, 1981。
- [5] 小田桂三郎(姜恕译), 农田生态学, 农业出版社, 1976。

更 正

本刊今年第5期第234页图2的图应与第237页图4的图对调(图题不对调); 第240页图2的图题应为“耗竭种植过程中土壤缓效钾含量的动态变化”。