

氮肥运筹方式对地膜旱作水稻抽穗后光合性能、 剑叶衰老及产量的影响*

杨安中 李孟良 牟筱玲 刘爱荣

(安徽科技学院植物科学学院, 安徽凤阳 233100)

EFFECT OF NITROGEN APPLICATION ON PHOTOSYNTHESIS AND SENESCENCE OF FLAG-LEAF AND YIELD OF UPLAND RICE CULTIVATED IN MULCHED SOIL

Yang Anzhong Li Mengliang Mu Xiaoling Liu Airong

(Department of Botany, Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100, China)

关键词 氮肥运筹; 地膜旱作水稻; 光合性能; 衰老; 产量

中图分类号 S511.606.2 文献标识码 A

水稻是一种喜水作物, 具有半水生或湿生的习性, 淹水栽培不仅耗水量巨大, 而且严重浪费水资源。我国是世界水资源严重缺乏的国家之一, 水资源已成为我国农业生产的重要限制因素。近年来在一些缺水、少雨地区旱作水稻发展很快, 节水效果显著。当前有关旱作水稻栽培研究报道颇多, 但主要是着力于品种选择及生理特性研究^[1~6]。氮肥是影响水稻生长的重要因素之一。氮肥运筹对水稻生长及产量影响前人已做了大量研究报道^[7, 8]。关于旱作水稻的氮素吸收动态特征, 石英等已做了研究报道^[9, 10]。目前地膜旱作水稻施肥一般都是在插秧前整地时一次性将肥料施完, 往往导致前期肥料过多, 分蘖发生多, 后期缺肥, 成穗率低, 叶片早衰, 光合产物积累少, 产量低^[1, 4]。本试验选用杂交中粳 II 优培九和常规中粳 898, 设计 5 个氮肥施用时期, 研究氮肥运筹对地膜旱作水稻抽穗后光合性能、剑叶及产量的影响, 旨在探讨氮肥运筹方式对地膜旱作水稻抽穗后光合性能、剑叶衰老及产量的影响, 从而确定合理的旱作水稻氮肥运筹方式。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试水稻品种为杂交水稻组合 II 优培九、常规中粳 898; 供试氮肥为安庆化工厂生产的双环牌尿素(N: 46%)。

1.2 试验设计与方法

试验于 2002 年 5 月至 10 月在安徽科技学院种植科技园进行。试验地土壤为黄褐土, 前茬为小麦, 耕作层土壤有机质含量为 11.98 g kg^{-1} (重铬酸钾容量法), 碱解氮为 71 mg kg^{-1} (丘林法), 速效磷 28 mg kg^{-1} ($0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 浸提法), 速效钾为 136 mg kg^{-1} (四苯硼酸比浊法)。耕地前施过磷酸钙 750 kg hm^{-2} , 氯化钾 150 kg hm^{-2} 。各处理全生育期施纯氮总量均为 276 kg hm^{-2} 。确定基肥(移栽前整地时施用), 分蘖肥(移栽后 7 d 施用), 促花肥(抽穗前 30 d 施用), 保花肥(抽穗前 20 d 施用), 粒肥(齐穗时施用) 5 个施肥时期, 随机区组排列, 3 次重复,

* 安徽科技学院重点学科建设基金项目(YZD2004-04)资助

作者简介: 杨安中(1959~), 男, 教授, 从事水稻高产栽培技术及生理教学与研究工作。E-mail: anzhangy88@163.com, 电话: 13955069351

收稿日期: 2005-04-17; 收到修改稿日期: 2005-08-11

小区面积 $2\text{ m} \times 3\text{ m}$ 。氮肥运筹情况见表1。基肥撒施,分蘖肥、促花肥、保花肥和穗粒肥浇施,各处理浇施肥料溶液体积相等,对照A浇施同体积水。

表1 各处理施肥设计(N kg hm^{-2})

处理编号	基肥	分蘖肥	促花肥	保花肥	穗粒肥
A(CK)	276	0	0	0	0
B	138	138	0	0	0
C	138	69	69	0	0
D	138	46	46	46	0
E	138	46	34.5	34.5	23

1.3 栽培管理

2002年5月10日播种旱育秧,6月8日移栽。先地膜覆盖后栽插,栽插密度为 $20\text{ cm} \times 30\text{ cm}$,选择带蘖相同、大小均匀一致的秧苗,每穴插2粒种子苗。返青后查苗补苗,保证各处理基本苗一致。在浇足底墒水的基础上,于分蘖期、孕穗期、抽穗期灌3次水,每次灌水量以饱和为准(地表不积水),其余时间均不灌水。其他管理同大田生产。

1.4 测定项目与统计分析方法

每小区定5点观察记载生育期、茎蘖动态,并供取样。叶面积用WDY-500型微电子面积测定仪测

定,叶绿素含量用分光光度法测定^[11],光合速率用红外 CO_2 分析仪测定^[12],丙二醛(MDA)含量用硫代巴比妥酸法测定^[11]。收割前取样考察有效穗数、每穗实粒数、粒重。收获时分小区收割测定实际产量。数据分析采用 t 检验。

2 结果与讨论

2.1 氮肥运筹方式对地膜旱作水稻抽穗后光合性能的影响

2.1.1 对地膜旱作水稻齐穗后有效叶面积指数的影响 试验表明(表2),II优培九C、D、E各处理齐穗期有效叶面积指数分别为6.44、6.53、6.54,较对照A(6.03)分别增加6.80%、8.29%、8.46%;中粳898C、D、E各处理齐穗期有效叶面积指数分别为6.21、6.38、6.41,较对照A(5.91)分别增加5.08%、7.95%、8.46%。其中D、E两种处理较对照有效叶面积增加均达到极显著水平。说明在总施氮量相同的条件下,降低基肥的氮肥用量,适当增加穗粒肥的氮肥用量,有利于提高地膜旱作水稻齐穗后有效叶面积率,使有效叶面积显著提高,为增加后期光合产物的积累打下基础。

表2 各处理地膜旱作水稻齐穗期叶面积指数

处理编号	II 优培九			中粳 898		
	叶面积指数 LAI	有效叶面积率 (%)	有效叶面积指数 LAI	叶面积指数 LAI	有效叶面积率 (%)	有效叶面积指数 LAI
A(CK)	7.39	81.7	6.03	7.15	82.0	5.91
B	7.32	83.6	6.11	6.91	82.7	5.91
C	7.23	89.1	6.44*	6.84	90.8	6.21*
D	7.00	93.4	6.53**	6.81	93.7	6.38**
E	6.94	94.2	6.54**	6.78	94.6	6.41**

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。有效叶面积率 = 功能叶面积 ÷ 总叶面积 × 100%

2.1.2 对地膜旱作水稻剑叶叶绿素含量的影响

不同氮肥运筹对地膜旱作水稻剑叶叶绿素含量影响显著(表3)。开花初期,II优培九B、C、D、E各处理剑叶叶绿素含量较对照A分别高 0.11 mg g^{-1} 、 0.24 mg g^{-1} 、 0.28 mg g^{-1} 、 0.19 mg g^{-1} ;到抽穗后30d时II优培九B、C、D、E各处理剑叶叶绿素含量较对照A分别高 0.04 mg g^{-1} 、 1.06 mg g^{-1} 、 1.29 mg g^{-1} 、

1.68 mg g^{-1} ,其中C、D、E较对照A差异极显著。说明降低基肥中的氮肥用量,适当追施促花肥和保花肥,特别是施用穗粒肥有利于提高旱作水稻后期剑叶叶绿素含量,从而维持了较高的光合速率,保证了充足的“源”,为籽粒灌浆提供了重要的物质基础。氮肥运筹方式对剑叶叶绿素含量的影响,中粳898有相同趋势。

表 3 各处理旱作水稻剑叶叶绿素含量(mg g^{-1})

处理编号	开花后天数							
	0 d		10 d		20 d		30 d	
	II 优培九	中粒 898	II 优培九	中粒 898	II 优培九	中粒 898	II 优培九	中粒 898
A(CK)	4.83	4.77	4.76	4.65	3.25	3.06	2.18	2.18
B	4.94	4.80	4.91	4.50	3.54	3.11	2.22	2.15
C	5.07	4.92	5.05	4.86	3.79	3.60	3.24*	3.11**
D	5.11	5.00	5.08	4.93	4.36	4.31	3.47*	3.48*
E	5.02	4.98	5.03	4.97	4.87	4.58	3.86**	3.59**

注: ** $p < 0.01$

2.1.3 对地膜旱作水稻剑叶光合速率的影响

由表 4 表明, 地膜旱作水稻不同氮肥运筹方式各处理抽穗后剑叶光合速率变化趋势基本一致, 但各处理抽穗后剑叶光合速率明显高于对照。抽穗后 2 d 各处理剑叶光合速率较对照增加不显著, 抽穗后 9 d C、E 处理剑叶光合速率较对照增加显著, D 处理剑叶光合速率较对照增加极显著; 抽穗后 16 d 各处理

剑叶光合速率达最高, B、C、D、E 处理剑叶光合速率较对照分别增加 7.3%、16.2%、19.3%、15.9%, B 处理剑叶光合速率较对照提高达显著水平, C、D、E 处理剑叶光合速率较对照提高达极显著水平; 抽穗后 30 d 对照光合速率已降到 $\text{CO}_2 14.2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, C、D、E 处理剑叶仍保持较高的光合速率, 有利于后期光合产物积累, 促进籽粒灌浆。

表 4 各处理旱作水稻剑叶光合速率 ($\text{CO}_2 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

处理编号	开花后天数				
	2 d	9 d	16 d	23 d	30 d
A(CK)	31.0	48.6	52.2	36.3	14.2
B	32.2	51.3	56.9*	42.6*	20.7*
C	32.8	54.5*	57.4**	48.5**	24.9**
D	33.1	58.0**	60.9**	49.5**	27.6**
E	33.7	55.3*	62.6**	50.6**	28.1**

注: 水稻品种为 II 优培九; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

2.2 氮肥运筹对旱作水稻剑叶丙二醛(MDA)含量的影响

由表 5 可以看出, 氮肥运筹对旱作水稻剑叶 MDA 含量的影响显著。与对照相比, II 优培九 B、C、D、E 各处理剑叶 MDA 含量极显著降低, 说明降

低基肥中的氮肥用量, 适当追施促花肥、保花肥和穗粒肥有利于降低旱作水稻剑叶细胞膜脂过氧化水平, 增强细胞膜的抗氧化能力, 质膜受损程度降低, 维持了细胞结构及功能的稳定性, 从而很好地延缓了旱作水稻叶片衰老。氮肥运筹方式对剑叶 MDA

表 5 各处理旱作水稻剑叶 MDA 含量 ($\text{nmol g}^{-1} \text{ FW}$)

处理编号	开花后天数					
	10 d		17 d		24 d	
	II 优培九	中粒 898	II 优培九	中粒 898	II 优培九	中粒 898
A(CK)	23.2	23.9	37.9	38.0	56.8	57.0
B	22.6*	21.6*	32.7**	34.5**	53.4**	54.1**
C	20.8**	20.2**	30.4**	31.2**	49.2**	47.8**
D	20.1**	19.4**	29.3**	27.4**	45.3**	45.9**
E	20.1**	19.2**	27.8**	27.3**	40.6**	40.2**

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

含量的影响,中粳 898 有相同趋势。

2.3 氮肥运筹对旱作水稻产量因素及产量的影响

由表 6 看出,氮肥运筹对旱作水稻产量因素有较大的影响。随着基肥施氮量减少和后期施氮量增加,单位面积有效穗数呈下降趋势,每穗实粒数和千粒重呈上升趋势。处理 B 与 A(CK) 单位面积有效穗数、每穗实粒数、千粒重及理论产量差异均不显著;处理 C、D、E 较 A(CK) 单位面积有效穗数降低不显著,但每穗实粒数、千粒重及理论产量增加均达

到显著水平或极显著水平。说明适当控制基肥用氮量,增加中后期用氮量,可以控制无效分蘖的发生,有利于提高旱作水稻每穗实粒数和千粒重,从而为旱作水稻高产打下了基础。从各处理实际产量可以看出,在施氮肥总量相同的情况下,氮肥运筹方式不同,旱作水稻的产量亦不同。II 优培九 C、D、E 处理较 A(CK) 分别增产 7.0%、11.2%、14.4%,中粳 898C、D、E 处理较 A(CK) 分别增产 7.5%、14.1%、14.9%,均达极显著水平。

表 6 各处理旱作水稻产量因素及实际产量

水稻品种	处理编号	有效穗 ($\times 10^4 \text{hm}^{-2}$)	每穗实粒数	千粒重 (g)	理论产量 (kg hm^{-2})	实际产量 (kg hm^{-2})	较CK增产 (%)
II 优培九	A(CK)	242.8	138.6	24.8	8345	7803	—
	B	244.3	142.3	24.9	8656	7998	2.5
	C	241.5	153.1**	25.3*	9354**	8350	7.0**
	D	238.6	159.4**	25.9**	9850**	8680	11.2**
	E	238.0	152.9**	27.1**	9861**	8928	14.4**
中粳 898	A(CK)	251.4	116.8	23.7	6959	7186	—
	B	253.2	118.5	23.7	7110	7418	3.2
	C	252.9	124.7**	25.0**	7890**	7728	7.5**
	D	247.8	130.2**	25.4**	8194**	8203	14.1**
	E	245.1	130.1**	26.3**	8386**	8260	14.9**

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.1$

3 结论

在全生育期施纯氮总量为 276 kg hm^{-2} 条件下,降低基肥的氮肥用量,增加穗粒肥用量,可以提高地膜旱作水稻抽穗后有效叶面积率和叶绿素含量,改善光合性能,提高光合速率;降低地膜旱作水稻剑叶细胞膜脂过氧化水平,增强细胞膜的抗氧化能力,延缓剑叶衰老,增加每穗实粒数和粒重,提高旱作水稻产量。全生育期氮肥按基肥、分蘖肥、促花肥、保花肥、穗粒肥之比为 3:1:0.75:0.75:0.5 施用,较全部作基肥施用旱作水稻齐穗期有效叶面积指数提高 8.46%,开花后 30 d 剑叶叶绿素含量提高 1.68 mg g^{-1} 、光合速率提高 $14.9 \text{ CO}_2 \text{ n mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$,开花后 24 d 剑叶丙二醛含量降低 $16.2 \text{ n mol g}^{-1} \text{ FW}$,每穗实粒数增加 14.3 粒,千粒重提高 2.3 g,增产 14% 以上。

参考文献

- [1] 黄义德,李金才,张自立. 水稻地膜覆盖旱作技术研究初报. 安徽农业科学, 1997, 25(3): 208~210
- [2] 谢德体. 水稻半旱栽培增产效应. 西南农业大学学报, 1985, (4): 120~127
- [3] 张学亭. 水稻三旱栽培技术及应用. 作物杂志, 1991, (2): 25~27
- [4] 张矢. 水稻、陆稻地膜覆盖栽培的技术效应. 黑龙江农业科学, 1983, (5): 27~29
- [5] 郑丕尧,杨孔平,王经武,等. 水、陆稻在水田、旱地栽培的生理生态适应性研究. 中国水稻科学, 1990, 4(2): 69~74
- [6] 马跃芳,陆定志. 灌水方式对杂交稻根系衰老及生育后期一些生理活性的影响. 中国水稻科学, 1990, 4(2): 56~62
- [7] 杨永春,朱志凌,陈莉萍,等. 氮肥不同运筹方法对水稻产量的影响. 上海农业科学, 2000, (3): 45~46
- [8] 易杰忠,尹建义,刘芹,等. 氮肥运筹对不同覆盖物水稻旱管栽培产量形成的影响. 贵州农业科学, 2000, 28(5): 14~17

- [9] 石英, 松进, 沈其荣, 等. 覆膜旱作水稻的生物效应及吸氮特征. 农村生态环境, 2001, 17(2): 22~ 25
- [10] 石英, 冉炜, 沈其荣, 等. 不同施氮水平下旱作水稻土壤无机氮的动态变化及吸氮特征. 南京农业大学学报, 2001, 24(2): 61~ 65
- [11] 李合生主编. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000. 134~ 137, 151~ 156, 260~ 261, 167~ 168
- [12] 苏祖芳, 张亚洁, 张娟, 等. 基肥与穗粒肥对比对水稻产量和群体质量的影响. 江苏农业科学, 1995, 16(3): 21~ 23