

# 再生稻需氮特性和分次施氮的研究

袁继超 孙晓辉 田彦华 马 均

(四川农业大学, 四川雅安, 625014)

**提 要** 本文着重探讨了不同施氮水平下促芽肥(头季齐穗后 15 天施)与长苗肥(头季收后第二天施)对再生稻氮素营养、生长发育和产量形成的影响。结果表明:再生稻氮素吸收积累和运转特性受施氮方法影响很大;促芽肥的主要作用是改善头季后期营养,促进再生芽早生多发,增苗增穗;长苗肥可改善再生稻株碳氮代谢,促进生长发育,改善穗部性状;促芽肥与长苗肥最适比例视施氮水平而定,首先应保证一定的促芽肥,以争取足够穗数,在此基础上增施长苗肥,以形成大穗,长苗肥比例应随施氮水平的提高而增大。

**关键词** 再生稻;氮素营养;促芽肥;长苗肥;产量

利用头季稻桩上的休眠芽萌发长成的再生稻,具有省种省工、生育期短、经济效益高等特点。自 1986 年以来,四川及南方一些省大面积推广,仅四川常年面积即达 30 万 ha 以上,取得了很大的社会经济效益。

氮素是水稻生育的主要营养元素,尽管前人对早、中、晚稻的需肥特性有许多研究<sup>[3,5,8]</sup>,对再生稻的氮素运转已有一些报道<sup>[1,11]</sup>,但对于在不同施肥水平下再生稻的氮素吸收与运转分配尚未见系统研究。关于再生稻的施氮时期,多数研究认为在头季收前适时施促芽肥可促进再生芽萌发,增加有效穗<sup>[1,4,10]</sup>,但也有人认为在头季收前休眠芽尚无自己独立根系,稻株吸收的氮素大部分在头季收割时被带走,因而主张在头季收后施用<sup>[11,12,13]</sup>,而陈周前等报道,在 103.5kgN/ha 水平下分头季收前和收后两次施比全在头季收前施更好<sup>[10]</sup>,但对头季收前收后各施多少,在不同施肥水平下二者保持何种比例尚待进一步研究。本文拟就此进行探讨。

## 1 材料与方 法

试验以当前四川主栽杂交中稻组合汕优 63 为材料,于 1990 年在永川县一淹水冬闲田内进行,土壤为中壤土,有机质含量 2.02%,全氮、磷、钾含量分别为 0.12%、0.07%、2.48%,速效氮含量 88.4ppm。试验分两部分于同田进行(表 1),基本试验采用裂区设计,施氮水平为主区,促芽肥所占比例为副区,重复 3 次,补充试验未设重复。

3 月 10 日播芽谷,4 月 26 日移栽本田,行穴距 26.7×13.3 cm,头季分别施纯氮、磷、钾 135、90 和 187.5kg/ha,磷、钾全作底肥,氮肥底肥与追肥(返青期施)比为 7:3。头季 8 月 16 日收割,留桩高度 40cm,再生稻 10 月 16~21 日收割。全氮用“凯氏半微量定氮法”,碳水化合物用“斐林-碘量法”测定。

本项目由四川省教委重点科研项目资助。

收稿日期:1994-04-02, 终审完毕日期:1994-08-14

## 2 结果与分析

### 2.1 促芽肥对头季稻的影响

头季齐穗后约15天适施促芽肥可明显提高各器官(尤其是叶片)的含氮率(表2), 植株含氮率与促芽肥量呈极显著正相关( $R=0.9958^{**}$ )。适量的促芽肥还可提高茎秆还原糖和可溶糖含有率, 但103.5kg(纯氮, 下同)处理不及69和77.6kg; 淀粉则相反, 有效全糖(TAC)与可溶糖变化趋势一致。

表1 处理方案  
Table 1 Treatment combination

基本试验 Fundamental experiment					补充试验 Supplement experiment				
处理代号 Code	总氮量 Nitrogen rate (kg/ha)	BF量 BF rate (kg/ha)	TF量 TF rate (kg/ha)	BF比例 BF ratio (%)	处理代号 Code	总氮量 Nitrogen rate (kg/ha)	BF量 BF rate (kg/ha)	TF量 TF rate (kg/ha)	BF比例 BF ratio (%)
HA	103.5	103.5	0.0	100	LA	34.5	34.5	0.0	100
HB	103.5	77.6	25.9	75	LB	34.5	25.9	8.6	75
HC	103.5	51.8	51.8	50	LC	34.5	17.3	17.3	50
HD	103.5	25.9	77.6	25	LD	34.5	8.6	25.9	25
HE	103.5	0.0	103.5	0	LE	34.5	0.0	34.5	0
MA	69.0	69.0	0.0	100	I	20.7	10.4	10.4	50
MB	69.0	51.8	17.3	75	J	117.3	58.7	58.7	50
MC	69.0	34.5	34.5	50	K	69.0	10.4	58.7	15
MD	69.0	17.3	51.8	25	L	69.0	58.7	10.4	85
ME	69.0	0.0	69.0	0	T	138.0	69.0	69.0	50
CK	0.0	—	—	—					

注: BF——促芽肥, 在头季齐穗后15天施; TF——长苗肥, 在头季收后第二天施。

Note: BF——bud fertilizer applied 15 days after full heading of main crop; TF——tiller fertilizer applied 1 day after harvest of main crop.

适量的促芽肥可加快各节休眠芽在头季收前的伸长速度(表2)。至成熟时, 各节休眠芽长

表2 BF(促芽肥)对头季稻后期碳氮代谢及休眠芽的影响  
Table 2 Effect of BF(bud fertilizer) on nitrogen- and carbohydrate- content and dormant bud at the late stage of main crop

BF量 BF rate (kg/ha)	含氮率 Nitrogen content		茎秆碳水化合物含有率 Carbohydrate content of stem				休眠芽 Dormant bud		LAI
	茎秆 Stem	整株 Whole plant	还原糖 Reducing sugar	可溶糖 Soluble sugar	淀粉 Starch	TAC	2~5节 平均长 BL(cm)	4~5节 存活率 PVB(%)	
0.0	0.38	0.94	7.2	10.6	25.7	36.3	1.05	19.2	0.53
17.3	0.39	0.98					1.79	36.6	1.20
25.9	0.40	0.99					1.98	32.1	1.54
34.5	0.40	1.00	9.2	12.7	25.4	38.0	2.31	30.5	1.91
51.8	0.44	1.06					4.21	44.4	2.05
69.0	0.47	1.09	11.5	14.9	24.1	39.0	4.89	63.8	2.62
77.6	0.49	1.11	10.5	16.8	22.7	39.3	7.33	62.1	2.64
103.5	0.57	1.17	8.8	11.4	25.5	36.5	5.08	48.6	2.69

注: TAC—有效全糖(可溶糖+淀粉)。

Note: TAC—total available carbohydrate (soluble sugar + starch); BL—av. length of dormant buds originated from 2nd to 5th nodes (from top to bottom); PVB—av. percentage of viable dormant buds originated from 4th and 5th nodes.

度均以促芽肥 77.6kg 最高,其次为 103.5 和 69kg,对照最低。2~5 节(节位从上往下数,下同)平均芽长(Y)与植株含氮率(X)呈二次函数关系( $Y = -136.1 + 242.4X - 103.5X^2$ ,  $R = 0.913^{**}$ ),与茎秆可溶糖×全氮和 TAC×全氮呈显著或极显著正相关(相关系数分别为 0.9765<sup>\*\*</sup>和 0.8858<sup>\*\*</sup>)。适量的促芽肥还可显著提高下部芽(4、5 节)存活率。

## 2.2 施氮水平和促芽肥与长苗肥比例对再生稻的影响

### 2.2.1 对再生稻发苗和抽穗的影响

施氮水平和促芽肥比例对再生稻的发苗数和发苗势有显著影响(图 1),表现为施氮的较对照、促芽肥比例高的(尤其是 75%作促芽肥的)较低的前期(头季收后 5 日内)发苗多而迅速,后期(10 日以后)则呈相反趋势。相关分析表明,头季收后 3 日和 5 日发苗数与头季成熟时平均芽长(表 2)呈极显著正相关,相关系数分别为 0.9700<sup>\*\*</sup>和 0.9789<sup>\*\*</sup>。

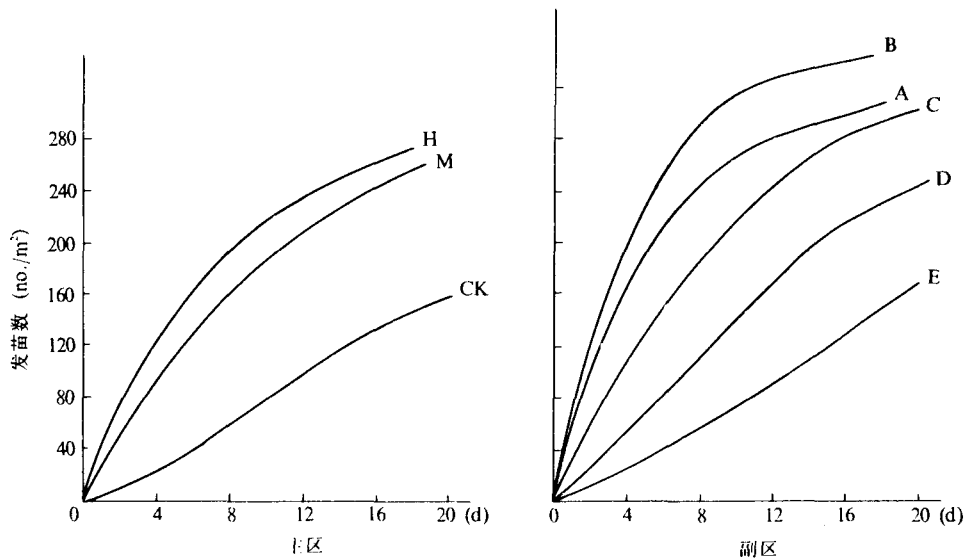


图 1 再生稻发苗进程

Fig.1 Speed of tillering

不同施氮水平和促芽肥所占比例对抽穗的影响与对发苗的影响基本一致,75%、100%和 50%作促芽肥的在 9 月 12~16 日齐穗,25%和 0%作促芽肥的及对照在 9 月 19~21 日才齐穗。

### 2.2.2 再生稻吸肥特性和碳素代谢

头季收后施长苗肥可提高再生稻株的含氮率(表 3),再生稻株含氮率与长苗肥量呈极显著正相关(苗、穗和成熟期相关系数分别为 0.9072<sup>\*\*</sup>、0.9346<sup>\*\*</sup>和 0.9690<sup>\*\*</sup>)。抽穗期以叶片含氮率最高,氮素主要分配至叶片,而成熟期则主要分配至穗部(图 2a)。抽穗期和成熟期叶片氮素的分配率均随长苗肥量的增加和萌发节位下降而提高,而穗部的分配率和抽穗后茎叶氮素的转移率则相反(图 2b)。再生稻株的氮素大部分在头季收后积累,促芽肥比例高的以前期(8 月 17~31 日)积累速度较快,而长苗肥比例高的则以中期(9 月 1~18 日)较迅速(图 3a)。头季收前和前期积累量及所占百分比随促芽肥比例的增大而提高,后期则相反(图 3b)。

不同长苗肥量对再生稻茎鞘碳水化合物含有率也有影响。表 3 表明,在抽穗期,可溶糖含有率随长苗肥量的增加而降低,与其含氮率呈负相关( $R = -0.9512^{**}$ ),淀粉含有率在处理之

间差异较小;在成熟期,可溶糖含有率随长苗肥量的增加而提高,与其含氮率呈正相关( $R=0.9045^{**}$ );而淀粉则相反,与含氮率呈负相关( $R=-0.8754^{**}$ )。

表3 2~4节再生稻株平均含氮率和碳水化合物含有率  
Table 3 Av. nitrogen and carbohydrate content of ratoon plants originated from 2nd to 4th nodes

处理 Treatment	含氮率(%) Nitrogen content			碳水化合物含有率(%) Carbohydrate content						
	苗期 Tillering stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Maturity stage	抽穗期 Heading stage			成熟期 Maturity stage			
				可溶糖 Soluble suger	淀粉 Starch	TAC	可溶糖 Soluble suger	淀粉 Starch	TAC	
施氮水平 Nitrogenrate	103.5	2.46	1.59	1.27	12.04	29.9	42.0	8.38	25.0	33.4
	69.0	2.42	1.45	1.16				6.13	26.1	33.3
	100	1.94	1.26	1.03	13.55	29.9	43.5	5.40	26.8	32.2
BF比例 BF ratio	75	2.00	1.23	1.07						
	50	2.56	1.43	1.19	13.26	29.9	43.1	6.22	25.7	32.0
	25	2.79	1.78	1.34						
	0	2.93	1.90	1.44	9.30	30.0	39.3	10.15	24.1	34.3

注: 苗期: 8月31日; 抽穗期: 9月18日; 成熟期: 10月16~20日。

Note: Tillering stage: 31 Aug.; Heading stage: 18 Sep.; Maturity stage: 16--20 Oct.

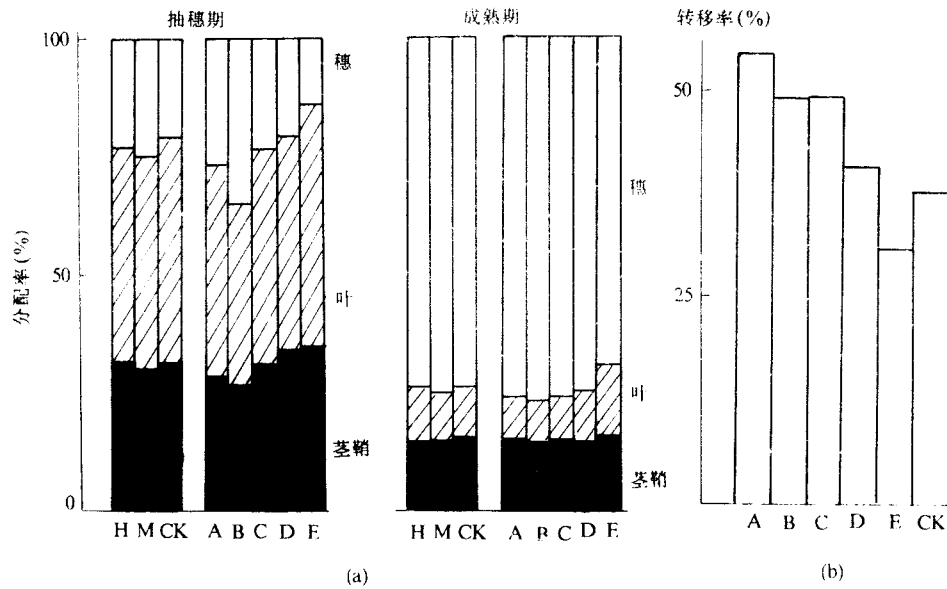


图2 从第2~4节上萌发的再生稻株氮素分配与抽穗后茎叶氮素向穗部的转移率(b)  
Fig. 2 Nitrogen distribution(a) and translocation from stem & leaf to panicle after heading of ratoon plants originated from 2nd to 4th nodes of stubble

注: 
$$\text{转移率}(\%) = \frac{\text{抽穗期茎叶含氮量} - \text{成熟期茎叶含氮量}}{\text{抽穗期茎叶含氮量}} \times 100$$

Note: 
$$\text{Percentage of translocation}(\%) = \frac{\text{Amount of nitrogen of stem and leaf at heading stage} - \text{Amount of nitrogen of stem and leaf at maturity stage}}{\text{Amount of nitrogen of stem and leaf at heading stage}} \times 100$$

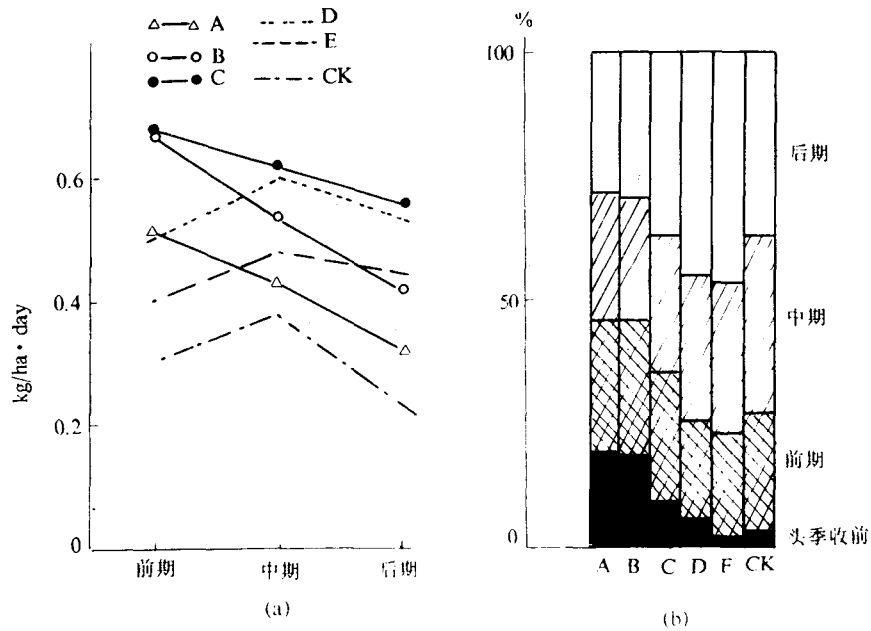


图3 从第2~4节上萌发的再生稻株各时期吸氮速度(a)和所占百分比(b)  
 Fig. 3 Speed(a) and percentage(b) of nitrogen absorption in different growth period of ratoon plants originated from 2nd to 4th nodes of stubble

2.2.3 再生稻经济性状

令施氮水平为  $X_1$ , 促芽肥所占比例为  $X_2$ , 以再生稻产量及有关性状为  $Y$ , 分别拟合为二元三次回归方程  $Y = a_0 + a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + a_{12}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{13}X_1^3 + a_{23}X_2^3 + b_{11}X_1X_2 + b_{12}X_1X_2^2 + b_{21}X_1^2X_2$ . 根据表4结果, 再生稻有效穗数主要受促芽肥量影响, 在中低肥(69kg以内)水平下以

表4 拟合回归方程系数  
 Table 4 Coefficients of cubic regression equation

		有效穗 Effective panicle (no./m <sup>2</sup> )	穗实粒 Filled spikelets (no./ear)	结实率 Percentage of filled spikelets	产量 Grain yield (kg/ha)	纯收入 Net income (RMB yuan/ha)
一次项 Linear	$a_{11}$	6.1076	0.1598	0.3875	18.865	20.070
	$a_{21}$	0.6365	0.3058	0.2896	-0.7750	-0.9034
二次项 Quadratic	$a_{12}$	$-7.40 \times 10^{-2}$	$-1.19 \times 10^{-3}$	$-3.64 \times 10^{-3}$	-0.1379	-0.1656
	$a_{22}$	$3.14 \times 10^{-2}$	$-6.74 \times 10^{-3}$	$-1.11 \times 10^{-2}$ *	0.1898	0.2279
三次项 Cubic	$a_{13}$	$2.70 \times 10^{-4}$	$-7.38 \times 10^{-8}$	$5.87 \times 10^{-6}$	$1.28 \times 10^{-4}$	$1.54 \times 10^{-4}$
	$a_{23}$	$-2.33 \times 10^{-4}$	$4.32 \times 10^{-5}$ **	$6.88 \times 10^{-5}$ **	$-7.33 \times 10^{-4}$	$-8.81 \times 10^{-4}$
交互项 Interaction	$b_{11}$	$5.56 \times 10^{-3}$	$-2.27 \times 10^{-3}$	$-3.44 \times 10^{-3}$	$7.72 \times 10^{-2}$	$9.18 \times 10^{-2}$
	$b_{12}$	$-2.65 \times 10^{-4}$	$-1.03 \times 10^{-5}$	$2.25 \times 10^{-5}$	$-3.02 \times 10^{-3}$ *	$-3.62 \times 10^{-3}$ *
常数项 Constant	$b_{21}$	$2.13 \times 10^{-4}$	$2.34 \times 10^{-5}$	$1.81 \times 10^{-5}$	$1.68 \times 10^{-3}$	$2.02 \times 10^{-3}$
	$a_0$	3.32	29.57	70.65	773.39	476.92
F		20.13**	5.68**	6.50**	7.82**	6.34**
R		0.926	0.794	0.813	0.837	0.809

注: \*, \*\* —— 分别代表差异显著和极显著; n=40(除CK外的所有原始小区数据)

Note: \*, \*\* —— significant at 5% and 1% level, respectively; n=40 (all original data on plot basis except CK)

75%~100%作促芽肥为宜,在高肥(103.5~138kg)水平下以50%~75%作促芽肥较好;与之相反,结实率和穗实粒数受长苗肥影响较大,在中低肥水平下结实率以全作长苗肥高,穗实粒数以75%左右作长苗肥为好,在高肥条件下结实率以75%左右作长苗肥高,穗实粒数则以50%~75%作长苗肥好;再生稻产量与纯收入同时受施氮水平和促芽肥与长苗肥比例影响,施氮量与促芽肥和长苗肥比例之间存在一定互作(图4)。

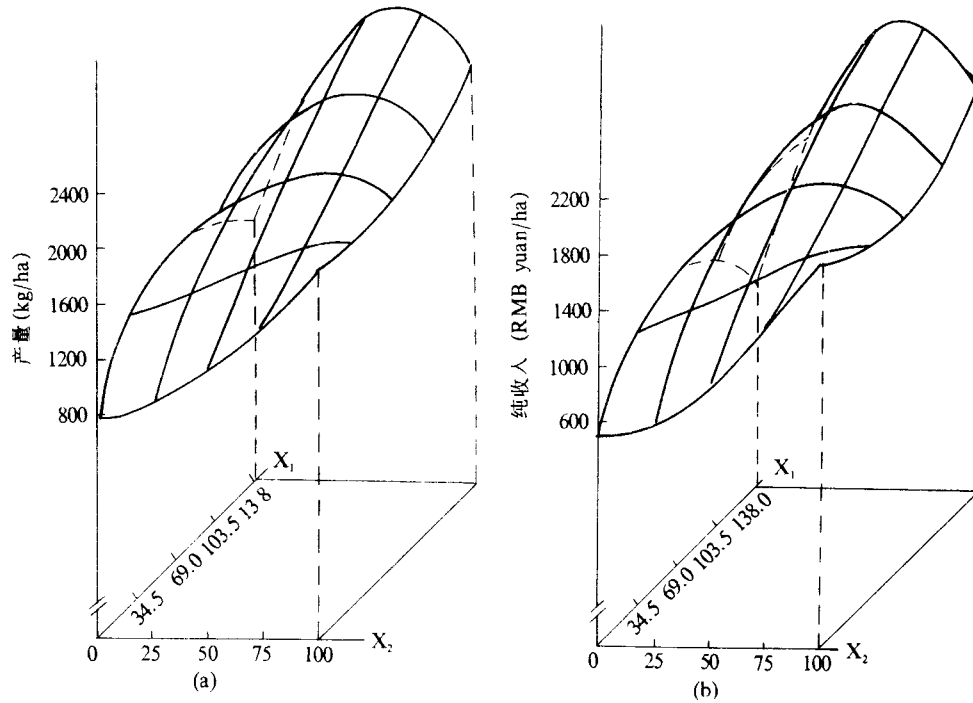


图4 再生稻产量(a)和纯收入(b)与施氮量( $X_1$ )和BF比例( $X_2$ )的关系

Fig. 4 Effect of nitrogen rate ( $X_1$ ) and BF ratio ( $X_2$ ) on grain yield (a) and net income (b) of ratoon crop

### 3 讨论

#### 3.1 再生稻需氮特性

再生稻株含氮率以苗期最高,随生育进程推进而降低。在抽穗以前以叶片含氮率最高,氮素主要分配至叶片,抽穗以后茎叶的部分氮素逐步向穗部转移,穗部含氮率和分配率逐渐提高,这与早、中、晚稻基本一致<sup>[3,5,8]</sup>。但由于再生稻的生育期短,植株氮素的分配运转受施肥方法(尤其是长苗肥量)的影响较大,也与其从稻桩上的萌发节位有关,表现为长苗肥量越多、萌发节位越低,叶片的含氮率和分配率越高,后期向穗部的转移率越低。

再生稻一生中的氮素主要在头季收后吸收(有少量从稻桩中转移而来),其积累速度在各生育时期存在很大差异,也因施肥方法而明显不同。促芽肥充足的,再生芽在头季收后即迅速萌发生长,因而前期氮积累多而迅速;而促芽肥少、长苗肥多的则表现为生育中期积累较快。再生稻结实成熟期氮积累速度虽不是最高,但其时间相对较长(约占全生育期的一半),因而积累百分率较高(尤其是长苗肥比例高的),这与早、中、晚稻有较大差异<sup>[3,5,8]</sup>。

由于再生芽在头季收前已开始萌发生长,头季收后全生育期短,其生殖生长期相对较长,

因此,根据再生稻的营养特性和生长发育规律合理施肥显得更为重要。

### 3.2 促芽肥与长苗肥的作用

在头季齐穗后 15 天左右适量施用促芽肥能改善头季后期的碳氮代谢,延缓植株衰老,提高叶片光合能力,使茎秆积累较多营养物质,减少下部芽死亡,促进休眠芽萌发伸长,因而可增苗增穗(与孙晓辉、马均等研究结果<sup>[1,4]</sup>一致)。再生稻有效穗数与促芽肥量间呈极显著正相关( $R=0.8964^{**}$ )。而且,施适量促芽肥的与不施肥或只施长苗肥的相比,发苗早而较整齐一致,抽穗、成熟提早了 5 天左右。这在川东南再生稻区秋季气温下降快,保证再生稻在 9 月中下旬气温下降至 22℃ 前安全齐穗具有特殊意义。

头季收获时新生根数目少,根系活力低,头季收后新生根数目迅速增加,吸肥能力增强<sup>[7]</sup>。头季收后再生苗迅速萌发生长,对养分需要量增大,应及时补施肥料。本试验表明头季收后适施长苗肥能提高再生稻株(尤其是叶片)含氮率,改善植株营养状况,提高单株叶面积和 RGR,从而提高结实率(与长苗肥量之间相关系数为 0.8441<sup>\*\*</sup>)和穗实粒数,利于形成大穗。过去,在四川,一般只于头季齐穗后 15 天左右适施促芽肥,头季收后未施长苗肥,今后为了进一步提高再生稻产量,长苗肥的作用不容忽视。

### 3.3 促芽肥与长苗肥的比例

关于促芽肥与长苗肥比例问题,近年虽有一些经验总结,但结果不尽一致。江诗毅等认为头季收前应重施促芽肥<sup>[6]</sup>,陈志生、管康林等主张头季收前薄施促芽肥,而在头季收后重施长苗肥<sup>[9,12]</sup>,邓凤仪则认为促芽肥与长苗肥应各占一半<sup>[2]</sup>。本研究表明,促芽肥与长苗肥的最适比例不能一概而论,应视施肥水平而定。再生稻的产量主要受有效穗数和穗实粒数的影响,在有效穗数、穗实粒数和千粒重三构成因素中,产量与有效穗数和穗实粒数的偏相关系数分别为 0.977<sup>\*\*</sup>和 0.710<sup>\*\*</sup>。为了夺取再生稻高产,首先应保证一定的促芽肥,以夺取较多有效穗,并在此基础上增施长苗肥,以改善穗部性状,形成穗多穗大。长苗肥占总氮量的百分比应随施氮水平的提高而逐渐增大。在本试验所设施氮处理范围内,在低肥(34.5kg)水平下再生稻产量和纯收入以全作促芽肥最高,在中肥(69kg)条件下以 75% 作促芽肥较好,而在高肥(103.5~138kg)水平下以 60% 左右作促芽肥为宜(图 4)。

## 参 考 文 献

- 1 马 均、孙晓辉、王化新,1992,西南农业学报,5(1),41~46。
- 2 邓凤仪,1991,杂交水稻,(3),8~11。
- 3 四川农业大学、贵州农业大学、云南农业大学主编,1992,作物栽培学,贵州农业出版社,贵阳,69~74。
- 4 孙晓辉、田彦华、任天举,1982,四川农业科技,(3),1~7。
- 5 孙晓辉,1983,四川农学院学报,1(1),47~55。
- 6 江诗毅、丁有天、陈兰祥等,1991,湖北农业科学,(6),14~16。
- 7 刘富贵、王学栋、吴跃进,1990,安徽农业科学,(2),105~109。
- 8 肖恕贤、覃步生、陈盛球等,1982,作物学报,8(1),23~32。
- 9 陈志生,1989,广西农业科学,(4),11~13。
- 10 陈周前、毛文彬、田辉等,1989,安徽农业科学,(3),32~37。
- 11 张明鹏、刘振声、邱泉发等,1980,中国农业科学,(3),1~5。
- 12 管康林、陈跃武、肖跃文,1979,中国农业科学,(3),23~30。
- 13 Turner, F. T. and W. O. Mellrath, 1988, Rice Ratooning, IRRI, Philippines, 187~194。

## Study on Nitrogen Requirement and Split Application of Nitrogen Fertilizer in Ratooning Rice

Yuan Jichao Sun Xiaohui Tian Yianhua Ma Jun

(Sichuan Agricultural University, Ya'an, 625014)

**Abstract** The effect of split application of nitrogen fertilizer, namely, the ratio of BF (bud fertilizer applied 15 days after full heading of the main crop) and TF (tiller fertilizer applied 1 day after harvest of the main crop) under different nitrogen rate on the nitrogen nutrition, growth and grain yield of ratooning rice was studied. The results were summarized as follows: The nitrogen absorption, translocation and distribution of ratoon plant were strongly influenced by the fertilizer application method, especially the TF rate. BF promoted the carbohydrate- and nitrogen-metabolism of the plant at the late growth period of main crop, thus enhanced the elongation and sprouting of the dormant bud, as a result, increased tillers and effective panicles of ratoon crop. TF promoted the growth of ratoon plant, thus increased the percentage of filled spikelets and numbers of filled grains per panicle of ratoon crop. The proper ratio of BF and TF depended on nitrogen rate. Sufficient BF should be applied to insure more effective panicles, and adequate TF should be practised to obtain more filled grains per panicle. The ratio of TF to total nitrogen rate should be increased with increasing the total nitrogen rate.

**Key words** Ratooning rice; Nitrogen nutrition; Bud fertilizer; Tiller fertilizer; Grain yield.