

再生稻腋芽萌发与产量形成的生态研究*

熊 洪 方 文

(四川省农业科学院水稻高粱研究所, 泸州, 646100)

摘 要 本文研究了再生稻腋芽萌发和产量形成与生态条件的关系, 结果表明: 1. 再生稻腋芽萌发苗数与日均温和湿度呈抛物线型关系, 回归方程分别为 $\hat{y} = 18.6603x - 0.3657x^2 - 233.2135$ 和 $\hat{y} = 6.1187x - 0.0369x^2 - 248.6716$; 2. 头季稻齐穗后腋芽在鞘内伸长与稻株间光照强度关系密切; 头季稻收后的腋芽萌发期要求较多的日照时数; 3. 生态条件中日均温对再生稻产量的直接效应最大, 其次是日照时数; 4. 根据四川东南部气温变化规律, 再生稻9月10日前抽穗开花的安全保证率为80%。

关键词: 水稻, 再生稻, 腋芽, 产量, 生态条件。

再生稻具有生育期短, 日产量高, 省种、省工、节水、经济效益高等特点, 在热带、亚热带一些产稻国家都有种植, 并为水稻专家所关注。本世纪30年代, 四川农学院杨开渠教授首先研究。70年代对再生稻的研究深入到品种再生力的遗传与选育^[1], 腋芽的形态, 生育特点、营养生理、促芽肥施用时期和数量、田间水分管理、单项生态因子对再生稻腋芽伸长萌发的影响等诸多方面^[2-8]。

四川农业大学、四川省农科院从80年代初开展了杂交中稻留蓄再生稻的技术研究, 形成了较系统的栽培技术, 并在生产上应用。但是, 在近几年生产实践中, 再生稻腋芽萌发率低而不稳, 抽穗不整齐, 开花持续时间长, 受低温影响机率高, 两者造成再生稻穗数不足, 结实率偏低, 进而导致其产量年度间、地区间变化大, 稳定性差。为此, 研究再生稻腋芽萌发和产量形成与生态条件间的关系, 可为改进栽培技术, 促使再生稻生育进程与优良的生态条件同步, 达到稳产高产之目的提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 试材与基本技术 供试品种选用头季稻产量较高, 再生能力较强, 生产上留蓄再生稻的主要品种组合汕优₆₃; 留蓄再生稻的基本技术按现行生产上推广的进行。

1.2 试验方法

1.2.1 头季稻收割后腋芽伸长萌发与温度、湿度和光照的关系 为使再生稻腋芽萌发和产量形成期处在不同的生态条件下, 头季稻采用不同时期播种不同时期收割的方法。播种期1987年3月10日至4月14日, 每间隔7d播1次; 1988年3月8日至4月27日, 每间隔10d播1次。再生稻成熟期1987年在10月10—23日, 1988年在10月16—28日。小区面积13.3m², 每区栽369穴, 重复3次。

1.2.2 受控条件下腋芽伸长萌发与温湿度关系 1988年同时在受控条件下试验, 选田间生长一致的头季稻稻桩, 于收后当天搬入人工气候室进行不同温度和稻桩湿度试验, 温度设20℃、24℃、28℃和32℃4个处理, 误差设±0.5℃, 各处理空气湿度为70%, 光照1.0×10⁴lx, 每处理中一半盆钵的稻桩每天上午喷水1次, 喷湿稻桩为度, 以保持稻桩湿润, 处理14d, 每处

* 本研究得到四川省科委应用基础研究基金资助。林德明、陈代希参加了部分工作。

本文于1991年8月28日收到, 修改稿于1994年1月3日收到。

理 24 株。

1.2.3 头季稻齐穗后腋芽伸长与光照的关系 头季稻 3 月 8 日播种, 中苗移栽, 栽插规格 $16.7\text{cm} \times 13.3\text{cm}$, 小区面积 13.3m^2 , 每区栽 697 穴, 重复 3 次。到齐穗期采用去行、去窝的方法割去地上部分, 行窝距成为 $16.7\text{cm} \times 13.3\text{cm}$ 、 $26.7\text{cm} \times 16.7\text{cm}$ 和 $33.3\text{cm} \times 13.3\text{cm}$ 3 个处理(以下依次简称为处理 I、II、III), 使稻株间形成不同的光照强度。

1.2.4 考察项目 日均温、湿度、降雨量、日照时数和日射。稻株考察了腋芽长度、叶面积、茎鞘干物质、籽粒增重过程和头季稻收后每天腋芽萌发数。再生稻成熟时考察穗部性状和产量。每处理取样 30 穴。

2 试验结果与分析

试验于 1987—1988 年在四川南部泸州市郊区本所实验场和人工气候箱进行, 1989 年在自然条件下进行了验证试验。

2.1 再生稻腋芽萌发的生态

2.1.1 腋芽萌发与温度的关系 1988 年在人工气候室控制条件下试验结果列为表 1, 从结果看出, 在空气湿度为 70% 的受控条件下, 每天喷水一次保持稻桩湿润, 再生稻腋芽萌发数随日均温升高而增加, 当温度为 28°C 时发苗数达最高, 日均温继续升高, 腋芽萌发苗数下降, 两者关系相关显著 ($r=0.9976^{**}$), 其轨迹呈抛物线型(图 1), 回归方程 $\hat{y}=5.4818x-0.1033x^2-66.33$, 经检验曲线为极显著可靠, 极值点在 26.5°C 。在自然条件下, 头季稻收后 3 日内腋芽萌发苗数与日均温间关系密切 ($r=0.9992^{**}$), 其轨迹也呈抛物线型(图 1), 回归方程 $\hat{y}=18.6603x-0.3657x^2-233.2135$, 经检验曲线为极显著可靠, 极值点在 25.5°C 。受控条件下腋芽萌发苗数虽较自然条件下高, 但两条抛物线变化趋势基本一致, 腋芽萌发最高时的日均温高都在 26°C 左右; 日均温过高或过低都不利于腋芽萌发。

2.1.2 腋芽萌发与湿度的关系

据多年气象资料分析, 川东南中稻收后有高温低湿或低温高湿灾害天气, 除去表 1 中日均温为 20°C 不喷水的低温低湿不能代表自然条件外, 分析其它各处理表明, 日均温在 $24-32^\circ\text{C}$, 不喷水处理腋芽萌发苗数较喷水处理少, 死芽率和死苗率较喷水处理高。日均温为 24°C 喷水处理与日均温为 28°C 不喷水处理腋芽萌发苗数接近; 日均温达 32°C , 无论喷水与否, 腋芽萌发苗数均减少, 说明腋芽萌发苗数多少主要受控于日均温, 并与湿度关系密切。再从自然条件下试验结果看, 腋芽萌发苗数与湿度呈极显著相关, $r=0.9989^{**}$, 其轨迹呈抛物线型(图 1), 回归方程 $\hat{y}=6.1187x-0.0369x^2-248.6716$, 经检验曲线为极显著可靠, 极值点在 82.9% , 湿度过高或过

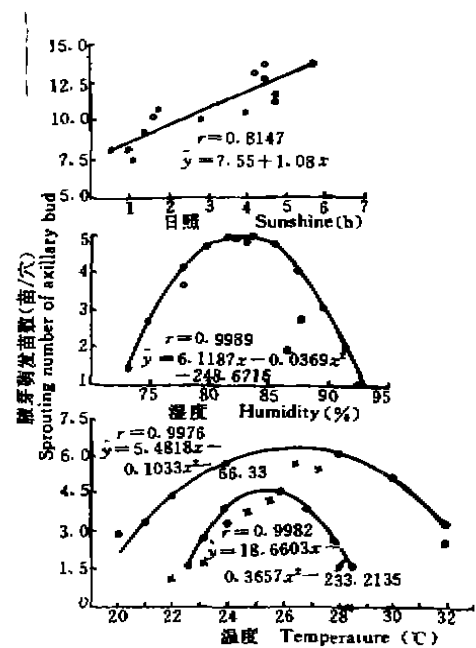


图 1 腋芽萌发与温度、湿度、日照的关系

Fig. 1 Relationship between sprouting number of axillary bud and temperature, humidity, sunshine

低腋芽萌发苗数都减少。

表 1 不同温度、湿度条件下腋芽萌发苗数

Table 1 Number of sprouting seedling from axillary bud under different temperature and humidity conditions

温度 (°C) Temp.	处理 Treat- ments	每穴腋芽萌发苗数 Numb. of sprout- ing seedlings from axillary bud	死芽率(%) Death rate of axillary bud	死苗率(%) Death rate of seedling
20	1. 不喷水	6.1	33.4	0.0
	2. 喷水	2.8	54.9	19.4
24	1. 不喷水	0.8	56.6	27.8
	2. 喷水	3.3	50.4	15.3
28	1. 不喷水	3.5	71.4	37.5
	2. 喷水	8.6	47.2	4.2
32	1. 不喷水	0.2	85.2	81.9
	2. 喷水	0.5	78.2	58.3

1. No watering 2. Watering

齐穗 10d、20d 和成熟期 3 个时期的腋芽,可看出其长度一直无变化。而处理 I 和 II 在齐穗 10d 后,腋芽伸长很快(图 2)。表 2 中茎干物质与腋芽伸长速度呈显著正相关($r=0.6937^*$)。说明齐穗后疏株,在改善光照条件的同时也改善了稻株营养条件,从而可提高光合效率,增加茎的光合产物积累,丰富的营养物质有利于腋芽快速伸长;反之,则抑制其伸长。

2.1.3.2 头季稻收后腋芽萌发与日照关系

头季稻收后 3 日内日照时数与腋芽萌发苗数关系不密切;但在整个腋芽萌发期,日照时数与腋芽萌发苗数间呈正相关(图 1, $r=0.8147^{**}$)。说明在适宜日均温和湿度条件下,头季稻收后的短期内日照多少虽对腋芽萌发无明显影响,而在整个腋芽萌发期,日照时数较多有利于提高稻株光合作用和养分的转移,从而促进腋芽快发、多发。

2.2 再生稻产量形成的生态

2.2.1 主要生态条件与再生稻产量间的相关性

两年试验表明生态条件与再生稻产量间有密切关系(表 3),进行相关分析结果(表 4),日均温、日照时数与再生稻产量呈极显著正相关,日射与再生稻产量呈显著相关。进一步进行通径分析看出(表 4),几个主要生态条件对再生稻产量的直接效应日均温>日照时数>日降雨量>日射量,而间接效应为日射量>日照时数>日降雨量>日均温。根据表 4 中的 $r_{13}, P_{13}=0.9911, r_{14}, P_{14}=0.7768$,说明再生稻灌浆结实期日照多、日射强、日均温较高,能增强光合作用,促进干物质生产,有利于再生稻产量的提高。相关分析中日降雨量与再生稻产量呈微弱负相关; $r=-0.2472$,与通径分析的效应略有差别。分析产量与降雨日数的相关性, $r=-0.8238$,表明降雨量不能说明降雨时间长短,而雨日多,日照减少,温度降低,光合产物随之下降;可见降雨对产量有间接的负作用。

1989 年进一步试验,8 月 8—18 日晴天无雨,日均温为 27.6℃,湿度为 79.3%,属低湿较高日均温生态条件,每穴仅发 0.3 苗。8 月 19 日下雨后,日均温降至 25.1℃,湿度增到 81.4%,生态条件改善,8 月 20—29 日的 10d 中每穴发 3.8 苗。进一步说明只有在日均温和湿度同时适宜的生态条件下,才有利于腋芽萌发。

2.1.3 腋芽伸长萌发与光照的关系

2.1.3.1 头季稻齐穗后腋芽伸长与光照的关系 表 2 资料经方差分析,处理 I 与处理 II 间腋芽长呈 0.01 显著水平差异;而处理 I 与 III 间腋芽长无显著差异。检查处理 I

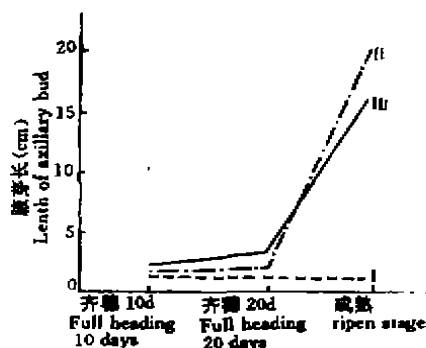


图 2 不同光照条件对腋芽伸长的影响

Fig. 2 Effect of stretching rate of axillary but under different light condition

表 2 不同光照条件对腋芽伸长的影响

Table 2 Influence on stretching of axillary bud under different light

处理 Treatments	气候条件 Climate condition		齐穗 10d Full heading 10 days		齐穗 20d Full heading 20 days		齐穗 27d(成熟期) Ripen stage						
	天气 状况	大气 温度 (°C)	株间 温度 (°C)	株间 光照 (lx)	湿度	茎干 物质 (g/苗)	绿叶 面积 (cm ² /苗)	穗重 (g/穗)	腋芽 长 (cm)	茎干 物质 (g/苗)	绿叶 面积 (cm ² /苗)	穗重 (g/穗)	腋芽 长 (cm)
16.7cm × 13.3cm	晴天	32	27.5	360	92	0.91	265.41	2.08	0.72	0.63	207.20	2.47	0.67
	阴天	25	23.9	400	96								
26.7cm × 16.7cm	晴天	32	28.0	1800	79	0.86	284.20	1.90	0.77	1.04	192.02	3.47	1.31
	阴天	25	23.9	930	92								
33.3cm × 13.3cm	晴天	32	28.0	2030	76	0.97	236.56	2.27	0.82	1.12	193.30	3.32	3.30
	阴天	25	24.0	1133	92								

Not 1. Weather condition 2. Air temperature 3. Temperature between plants 4. Light intensity between plants 5. Humidity 6. Dry matter weight of stem 7. Green leaf area 8.

Panicle weight 9. Length of axillary bud

表 3 再生稻产量形成期生态条件与产量的关系

Table 3 Relationship between ecological condition from heading to maturation and grain yield of ratooning rice

年份 Year		1987						1988				
1. 齐穗期(月/日)		9/11	9/18	9/20	9/28	10/3	10/6	9/4	9/7	9/17	9/21	9/25
2. 始穗至成熟	3. 日均温度(°C)	21.91	21.43	21.10	19.73	19.69	19.87	20.02	19.58	18.44	18.09	17.41
	4. 日降雨量(mm)	2.60	4.23	3.99	4.34	3.55	3.19	6.87	7.23	3.81	3.27	3.69
	5. 日照(h)	2.99	2.50	2.31	2.03	2.34	2.39	1.24	1.07	1.08	1.08	0.25
	6. 日射(MJ/m ²)	9.25	7.38	7.10	4.69	6.98	7.01	5.90	5.38	6.19	6.19	4.74
7. 产量 (t/hm ²)		3.44	2.78	2.55	2.46	2.19	1.55	1.23	1.45	1.23	0.73	0.49

Note: 1. Full heading date 2. From heading to maturation 3. Daily AV. temperature 4. Daily rainfall 5. Sunshine 6. Insolation 7. Grain yield.

2.2.2 主要生态条件对再生稻产量构成因素影响 再生稻产量是由有效穗数、穗实粒数和千粒重组成,三者与产量间呈极显著的相关性,相关系数分别为 0.8924、0.8704、0.9195。

表 4 主要生态条件与再生稻产量间的相关系数及其效应

Table 4 The correlation coefficient and effect between ecological condition and yield of ratooning rice.

相关系数 The correlation coefficient	日均温与产量 Between daily average temp. and yield	日降雨量与产量 Between daily rainfall and yield	日照时数与产量 Between sunshine and yield	日射与产量 Between insolation and yield
	$r_{1y}=0.9071$	$r_{2y}=-0.2472$	$r_{3y}=0.8970$	$r_{4y}=0.6792$
直接效应 Direct effect	$P_{1y}=1.0618$	$P_{2y}=-0.3566$	$P_{3y}=0.1249$	$P_{4y}=-0.3644$
间接效应 Indirect effect	$r_{12}P_{2y}=0.0047$ $r_{13}P_{3y}=0.1072$ $r_{14}P_{4y}=-0.2666$	$r_{23}P_{3y}=-0.0141$ $r_{24}P_{4y}=-0.0502$ $r_{25}P_{5y}=0.1737$	$r_{34}P_{4y}=0.9911$ $r_{35}P_{5y}=0.1433$ $r_{36}P_{6y}=-0.2820$	$r_{45}P_{5y}=0.7768$ $r_{46}P_{6y}=0.1700$ $r_{47}P_{7y}=0.0968$
总 计 Total	-0.15547	0.1094	0.85524	1.0436

2.2.2.1 日均温与结实率的关系 已有的研究表明,籼稻抽穗开花要求的最低日均温为 22℃^[4]。从表 5 可以看出,1987 年 9 月 8 日齐穗处理,抽穗开花日均温大于 22℃,无连续 3 天 <22℃低温日,空壳率仅 11.57%;1988 年 9 月上旬和中旬齐穗 3 个处理的日均温虽大于 22℃,但有 3 天的低温日,空壳率增至 35.05%。如果抽穗开花的日均温低于 22℃,甚至有多于 3 日的低温日,空壳率高达 35.37%(1987)和 48.45%(1988)。分析再生稻孕穗期和抽穗开花期日均温与空壳率间相关性,日均温与空壳率间呈显著负相关(表 5)。表明再生稻孕穗和抽穗开花两个时期对低温均敏感,要求有效高日均温才能顺利完成花粉发育与受精过程;若孕穗期和抽穗开花期日均温都低于 22℃或者其中一个时期日均温低于 22℃,都将导致空壳率增加。

2.2.2.2 温、光与千粒重的关系 分析抽穗开花至成熟期间生态条件与千粒重关系看出,日均温和日照时数与千粒重呈显著相关, $r=0.8263$ 和 $r=0.8936$,降雨日数与千粒重呈显著负相关, $r=-0.6339$,表明雨日多对籽粒灌浆影响较大。再生稻千粒重仅 24—25g,为头季稻千粒重 85%—90%,这与其齐穗期绿色叶面积仅为头季稻的 50%—60%,籽粒充实期气温由高到低下降快、秋雨多、日照少关系密切。进而说明根据各地生态条件,把再生稻籽粒灌浆期安排在日照多、气温较高、雨日少的生态条件下,有利于提高千粒重增加产量。

表 5 日均温与再生稻空壳率的关系

Table 5 The relationship between daily average temperature and percentage unfilled spikelet of ratooning rice

年份 Year	1987						1988					与日均温的相关系数 Coerrelation coefficient
齐穗期(月/日) Full heading date	9/8	9/18	9/20	9/29	10/3	10/6	9/4	9/7	9/17	9/21	9/25	
孕穗期日均温(°C) Av. temp. duration booting stage	26.66	24.14	24.00	22.10	21.52	21.37	25.37	23.45	23.02	22.40	22.81	-0.7709*
齐穗期日均温(°C) Av. temp. duration flowering stage	24.00	21.95	21.52	19.81	20.93	21.84	23.02	22.44	22.52	21.75	18.96	-0.6067*
各旬<22°C日数 <22°C Days in a period of 10 days	1	5	6	4			3	3	9			
空壳率(%) Percentage of un- filled spikelet	11.57	24.90	23.75	38.47	34.70	55.07	32.79	36.23	36.12	43.53	53.36	

2.2.3 四川东南部秋季低温规律与再生稻安全抽穗开花的关系 统计分析 1951—1988 年 38a 气象资料表明(表略),盆地东南部 9 月上旬日均温变幅在 24.6—26.4°C,连续 3 日低于 22°C 频率在 16.67%—22.73%,平均 20.79%,再生稻安全抽穗开花的保证率在 80%左右。9 月中旬日均温在 21.8—23.3°C,连续 3 日低于 22°C 频率在 38.89%—81.82%,平均 56.7%,遇低温的频率很高,对再生稻抽穗开花极为不利。因此,把抽穗开花期提前到 9 月上旬,越过这一阶段的不良生态条件是提高结实率的关键。

3 讨论

3.1 本研究表明,头季稻收后腋芽萌发的适宜日均温在 26°C 左右;相对湿度在 83%左右;且日均温和湿度需同时适宜才有利于腋芽萌发。Ichii, M. (1983) 研究结果,在日温 30°C 条件下腋芽萌发较多,以收后 5 日内日温对发苗数影响最大,其萌发的适宜温度与本研究虽不尽相同,但两项研究都表明头季稻收后的短期内日温对腋芽萌发有重要影响。Chauhan (1990) 研究表明,以昼/夜温度(29°C/21°C)对腋芽萌发有利,再生率达 100%,再生分蘖多,高温(37°C/27°C)和低温(22°C/20°C)都不利于腋芽萌发,与本研究结果一致。与已有研究不同的是本项研究揭示了生态因子对腋芽萌发的综合效应,结果符合生产实际。

3.2 头季稻齐穗后腋芽在鞘内伸长与稻株间光照强度关系密切,光照强,腋芽伸长快,成熟时腋芽长。头季稻收后短期内光照对发苗无明显影响,而整个发苗期则要求较多日照时数,以提高稻株光合作用。这一结果与 Garcia 和 Quddus (1981) 及 Ichii (1983) 在遮光条件下的研究结果一致。

3.3 生态条件中日均温对再生稻产量的直接效应最大,其次是日照时数。空壳率与孕穗期和抽穗开花期日均温呈显著负相关,千粒重与日均温、日照时数呈显著正相关,与降雨日数呈显著负相关。

3.4 根据四川东南部气温规律,再生稻 9 月 10 日前抽穗开花的安全保证率为 80%,这是指导再生稻生产的依据。

本项研究对再生稻腋芽萌发和产量形成与生态条件间关系作了初步研究,如何探明腋芽萌发机理,掌握发苗规律,改进栽培技术,促使再生稻腋芽萌发期与优良生态条件同步等都有待深入研究。

参 考 文 献

- [1]李实贵等.水稻品种再生力特性的遗传研究.中国农业科学,1988,21(2):39—45
- [2]方文等.我国再生稻研究进展及发展前景.农牧情报研究,1989,11:26—30
- [3]管康林.试论再生稻.植物生理学通讯,1986,(6):9—14
- [4]方文等.四川双季晚稻齐穗期的低温危害及其对策.四川农业学报,1987,2(4):1—8
- [5]Garcia R N. The effects of growth duration and different levels of light intensity on the ratooning ability of rice, BS thesis, University of Philippines at Los Banos, Baguio, Philippines, 1981, 49
- [6]Ichii M. The effect of light and temperature on plant ratooning. Jpn. J. Crop Sci. 1982, 51(3): 281—285
- [7]Chauhan J S, Vergara B. S & Lopez F. S. S. Rice ratooning. IIRI Research paper Series 1985, 102
- [8]Chauhan J S. Growth of rice ratooning tillers under different temperature conditions. 1990

STUDY ON ECOLOGICAL CONDITIONS OF AXILLARY BUD SPROUTING AND YIELD OF THE RATOONING RICE

Xiong Hong Fang Wen

(Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy
of Agricultural Sciences, Luzhou, 646100)

Having a study on the relationship between the ecological condition and sprouting of axillary bud, as well as yield of the ratooning rice, it was found that: 1. Sprouting number of axillary bud had a parabolic relationship with daily average temperature and relative humidity after harvest, with the regression equations of $\hat{y} = 18.6603x - 0.3657x^2 - 233.2135$ and $\hat{y} = 6.1187x - 0.0369x^2 - 248.6716$, respectively, and thus the suitable temperature and relative humidity for sprouting of axillary bud would be about 26°C and 83%, respectively. 2. The stretching of axillary bud in leaf sheath had a close relation with light intensity in plants before harvest, and a longer duration of sunshine was required for the sprouting period of axillary bud after harvest. 3. The daily average temperature was the most important in all ecological conditions affecting yield of the ratooning rice and the duration of sunshine was the second. 4. According to the weather regularity in the southeast Sichuan province, the safety factor was 80% to ensure that the ratooning rice flowered before Sept. 10.

Key words: rice, ratooning rice, axillary bud, yield, ecological condition.