

文章编号: 1003-8701(2001)05-0008-07

水稻自动调节与产量

柳金来, 宋继娟, 李福林, 李彦利, 刘荣清

(吉林省通化市农科院, 吉林 梅河口 135007)

摘要:在密、稀、超稀和极端稀植群体中, 初步研究了水稻群体条件下的个体自动调节与分蘖生长、干物质生产和产量形成的关系。研究表明, 水稻在一定的密度范围内具有很强的调节能力, 生育初期的调节能力较小, 随着群体系统的不断发展调节能力逐步增强。提高光合势和净同化率有利于增加产量。施肥量、密度与产量分别呈显著水平, 二者互作效应不显著。群体的产量因素可相互调节, 稀植条件下单位面积穗数减少, 千粒重和成熟度增高, 克服了密植条件下千粒重和成熟度低的不利影响。

关键词:水稻; 自动调节; 分蘖; 干物质; 产量

中图分类号: S511

文献标识码: A

水稻群体的自动调节问题, 60年代就已进行过研究, 并取得许多成果。进入90年代, 北方寒冷稻作区提出了三早栽培和大养稀栽培以及稀播稀植等栽培技术。南方稻作区提出了稀少平和三高一稳栽培技术。由于这些南北呼应的稀植栽培体系的出现, 加之农业生产力的不断提高, 致使目前水稻移栽密度不断降低, 水稻群体的自动调节问题日益突出。为此, 本试验从不同密度出发, 分析水稻稀植条件下高产群体与个体的自动调节规律, 探讨低成本、高效益的栽培途径。

1 材料与方法

试验于1992~1993年在本院试验地进行, 土壤为白浆型水稻土。供试品种为通35。试验设计: ①密度处理: 分别为8.3穴/m²(极端稀植), 12.5穴/m²(超稀), 16.7穴/m²(稀)和25穴/m²(密), 共4种密度。每穴移栽基本苗3株。②肥料处理: 分为高肥(N 165+P₂O₅ 96+K₂O 108)kg/hm²、中肥(N 127.5+P₂O₅ 76.5+K₂O 85.5) kg/hm²和低肥(N 90+P₂O₅ 57+K₂O 61.5) kg/hm²。每个肥料区四周用泥土筑成池埂, 实行单排单灌, 共计12个试验小区。采取随机区组排列, 每个小区面积30 m², 重复3次。早育苗育秧, 4月13日播种, 5月25日移栽。其它管理措施与当地生产田相同。从6月5日~7月25日每5 d调查一次株高、茎数, 并在不同生育时段测定各器官干物质等。田间测产, 室内考种。

2 结果与分析

2.1 各群体的分蘖消长与自动调节特点

收稿日期: 2001-01-09

作者简介: 柳金来(1954-)男, 山东省五莲县人, 副研究员, 主要从事水稻栽培研究。

起点不同的群体,通过不同的发育途径,最后达到比较相近的穗数和产量,这种现象曾被称为群体的自动调节作用^[8]。由于水稻具有优良的分蘖属性,一般认为水稻具有很强的自动调节能力。通过各时段测得的结果看出(图 1):6 月 15 日以前各群体的个体分蘖生长基本以同样的速度增长,说明水稻初期的调节能力很弱。6 月 20 日以后由于群体系统的不断发展,分蘖生长受到群体发展的制约,结果导致密植条件下的个体分蘖生长速度慢,稀植条件下的个体分蘖生长速度相对快,至 7 月 10 日分蘖达到高峰。密植的部分分蘖死亡,茎数下降,极端稀植的继续分蘖,表现为“S”型。说明极端稀植条件下的个体分蘖生长尚未受到群体发展的制约。分蘖始终呈上升状态,实现了无浪费生长。

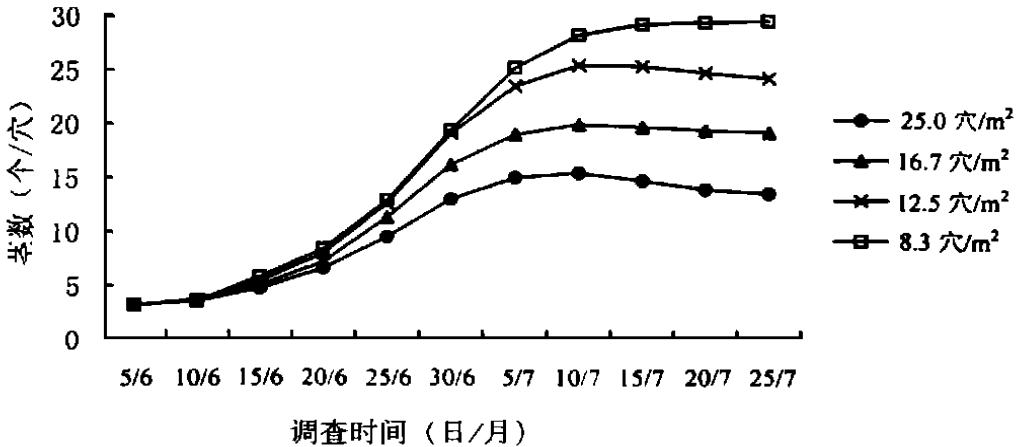
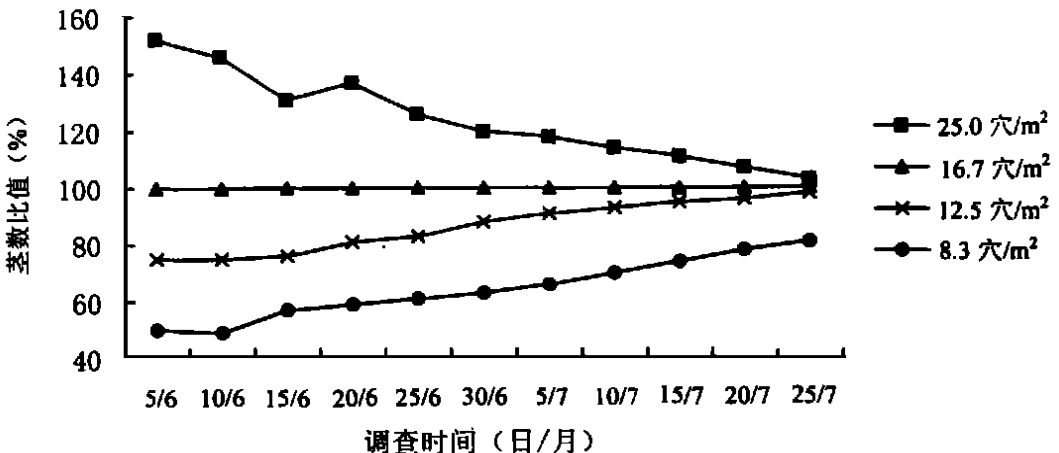


图 1 各群体的个体分蘖消长动态

经各时段田间测得的茎数统计表明(图 2),在生育初期各群体的茎数比值相差甚远,随着生育进程的不断进展,稀植的比值逐渐升高,密植的比值逐渐下降,至 7 月 25 日由原来比值相差 102% 缩小至 22%,使各群体的茎数比值逐渐接近。可见水稻茎数有很强的自动调节能力,这种调节能力随着群体系统的发展逐渐增大。而在 8.3 穴/m² 极端稀植处理下的个体虽然分蘖力最高,但由于单位面积的基本苗数过低,比值始终最低,说明水稻分蘖的自动调节能力是有限的。由此可见,水稻高产栽培中不可无限地降低移栽密度。



以 16.7 穴/m² 为 100% 作图,数据为 3 种肥料平均值

图 2 各群体单位面积茎数的调节特点

水稻分蘖成穗率与群体的自动调节和质量呈密切关系。表 1 表明:在各个密度处理下,单位面积移栽穴数愈少,有效分蘖成穗率愈高。主要是稀植处理下减少了无效分蘖,增强了群体质量和调节能力。由表 1 反映出,高肥区的有效分蘖成穗率低于低肥区的成穗率。可见增加施肥量虽然促进了水稻的分蘖力,但容易促的过茂,增加无效分蘖,加剧群体与个体的矛盾,导致有效分蘖成穗率降低。

表 1 水稻分蘖的自动调节与成穗率 (%)

肥料	密度(穴/m ²)			
	8.3	12.5	16.5	25.0
高肥	94.6	87.4	84.3	81.4
中肥	94.8	88.7	82.9	77.5
低肥	95.8	88.6	85.9	82.5

2.2 水稻群体的自动调节与干物质生产

2.2.1 各群体的个体干物质积累动态

通过对各时段测定的干物质(图 3)分析看出:6 月 20 日以前,由于各群体的个体较小,水稻生长尚未受到群体生态条件的影响,各群体的干物质积累以同样的速度增长。之后,随着营养器官的不断扩大,个体之间相互遮荫,争肥争光,致使各群体条件下的个体所占据的生态环境资源越来越少,尤其移栽密度越大群体对个体的“反馈作用”越强,结果造成密植条件下的个体干物质积累相对慢,稀植条件下的个体干物质积累快。据二阶导数表明,密植条件下的干物质积累速度最快的时段为移栽后 70 d,稀植条件下出现在移栽后 76~78 d。收获时不同群体中的个体之间干物质差异达 133%,差异十分悬殊。

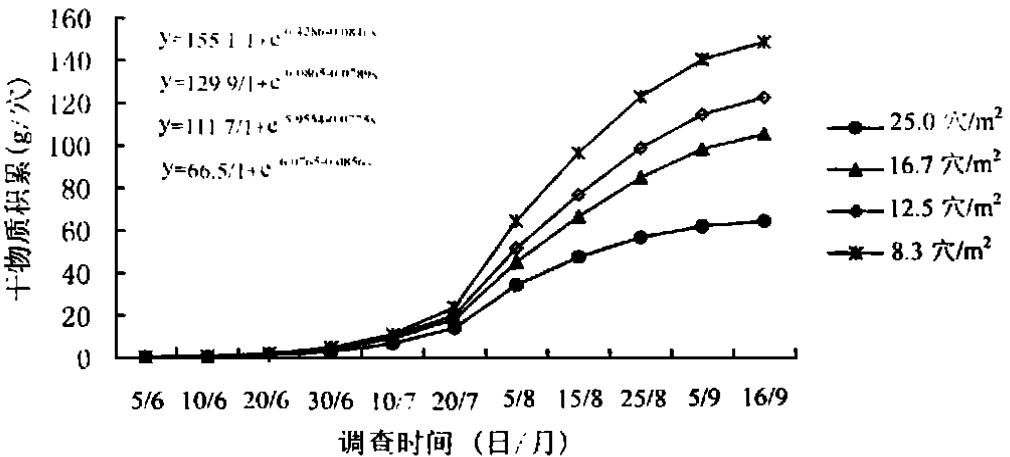


图 3 各群体的个体干物质积累动态

2.2.2 各群体的干物质自动调节特点

由图 4 看出:各群体在生长初期单位面积的生物学产量差异幅度达 55%,随着生育进程的发展,单位面积的生物学产量逐渐接近,呈明显的渐近曲线关系,成熟期 16.7 穴/m² 和 12.5 穴/m² 群体的生物学产量基本相同,25 穴/m² 密植的生物学产量低于 16.7 穴/m² 和 12.5 穴/m² 的生物产量,可见提高群体密度对增加生产干物质的作用小。8.3 穴/m² 极端稀植处理下的单位面积生物产量最低,说明干物质的自动调节能力也是有限的,这与上述分析的结果完全吻合。由此明确了在目前水稻高产栽培条件下,移栽密度不可低于 11 穴/m²,否则因密度过稀,造成单位面积穗数不足而影响产量的提高。

通过分析表明(表 2),水稻生育初期,由于各器官的营养体小,绿色面积小,干物质的自动调节能力低,个体的干物质调节幅度仅为 0.0013~0.0125g。进入生育中期,光合生产能

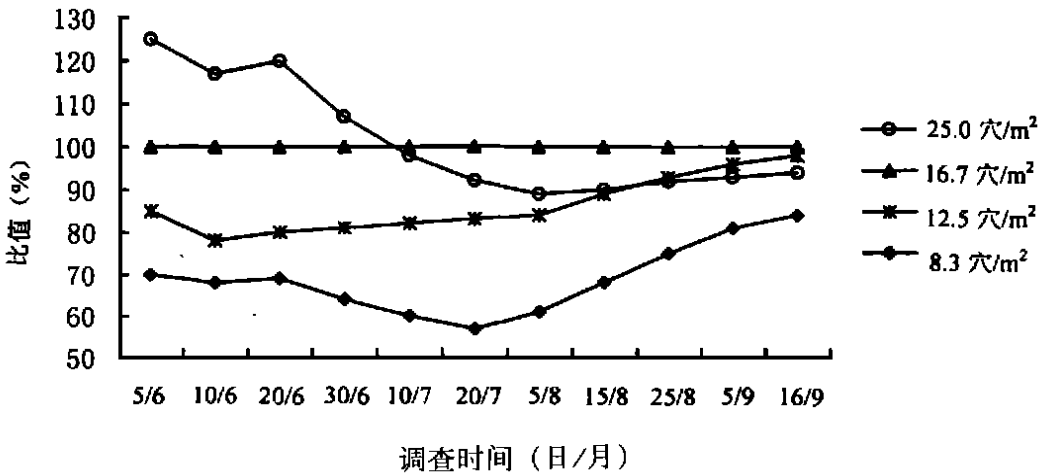


图4 各群体单位面积生物学产量的自动调节特点

力随之加强,个体的自动调节能力逐步增高,直至成熟期达到最大值。其中,高肥区每穴的干物质自动调节能力为 6.7 g,低肥区的自动调节能力为 3.9 g。各群体的自动调节能力由密至稀依次增高。由此说明,随着肥料施用量的增加和移栽密度的降低,水稻个体干物质调节能力越大。因此,水稻的自动调节能力生殖生长期大于营养生长期。

表2 肥料、密度与干物质的调节能力

g/穴

处 理	测 定 时 间(日/月)											
	5/6	10/6	20/6	30/6	10/7	20/7	5/8	15/8	25/8	5/9	16/9	
肥料	高肥	0.012 5	0.025 5	0.054 7	0.140 6	0.3425	0.809 7	2.571 8	4.110 0	5.394 4	6.226 1	6.657 7
	中肥	0.019 3	0.025 3	0.051 8	0.132 1	0.313 7	0.709 8	2.090 2	3.232 7	4.169 6	4.779 0	5.062 4
	低肥	0.017 2	0.026 4	0.046 2	0.125 8	0.338 0	0.839 4	2.106 6	2.934 7	3.491 1	3.799 5	3.927 5
密度 (穴/m ²)	8.3	0.004 6	0.014 0	0.046 7	0.049 7	0.068 7	0.180 0	0.801 6	2.007 4	3.297 4	4.241 6	4.760 1
	12.5	0.014 0	0.023 3	0.065 4	0.140 1	0.322 2	0.789 1	1.697 8	2.237 7	2.522 9	2.658 6	2.761 1
	16.7	0.004 7	0.009 3	0.032 6	0.116 5	0.317 1	0.737 2	1.644 0	1.879 4	1.754 8	1.501 8	1.317 3
	25.0	0.001 3	0.009 3	0.032 7	0.056 0	0.098 1	0.154 4	0.220 2	0.253 0	0.290 1	0.327 2	0.350 6

通过简单相关分析(表3)看出:各群体的干物质与产量关系,随着群体密度的降低相关性愈高。如 25 穴/m² 的干物质在 8 月 5 日以后与产量呈显著或极显著正相关,16.7 穴/m² 在 7 月 20 日以后干物质与产量呈显著或极显著正相关,8.3 穴/m² 和 12.5 穴/m² 处理区在 7 月 10 日以后干物质与产量呈显著或极显著正相关。由此明确了在稀植栽培条件下,应该重视中期营养元素的供应,提高成穗率和幼穗形成,进一步促进产量因素的形成。

表3 各时段干物质与产量的相关系数

处理 (穴/m ²)	测 定 时 间(日/月)										
	5/6	10/6	20/6	30/6	10/7	20/7	5/8	15/8	25/8	5/9	16/9
8.3	0.428 6	0.645 4	0.684 6	0.702 0	0.863 8	0.771 0	0.837 2	0.811 5	0.827 7	0.923 4	0.980 3
12.5	0.394 9	0.263 8	0.625 6	0.694 8	0.776 4	0.772 4	0.769 2	0.829 2	0.908 2	0.956 8	0.964 2
16.7	0.118 0	0.105 4	0.063 9	0.360 2	0.610 0	0.760 1	0.886 4	0.923 8	0.925 8	0.853 6	0.728 3
25.0	0.590 7	0.428 5	0.608 4	0.623 4	0.643 1	0.702 0	0.995 6	0.727 6	0.762 1	0.779 0	0.785 6

注: F_{0.05} = 0.706 7

途径分析(图5)表明,净同化率对产量的直接贡献最大,其次是光合势,而叶面积和生长率的直接贡献相对较小,所以,提高净同化率和光合势对增加水稻产量比增加叶面积有利。因此,在水稻高产栽培中,适当降低移栽密度,培育健壮的个体,增强群体质量,促进群体的同化能力是提高水稻产量的有效途径。

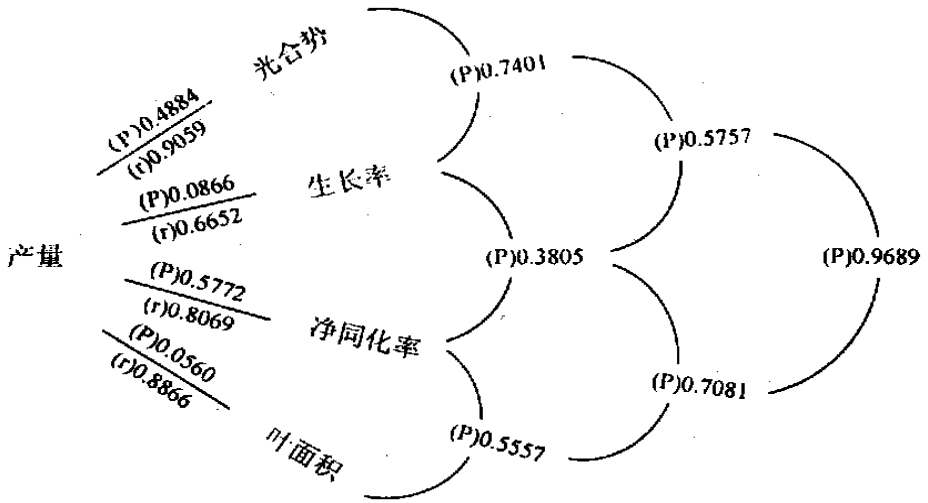


图5 各形态生理指标与产量的通径系数

2.3 群体的自动调节与生育期

根据2年的田间调查结果表明(表4),在稀植条件下,由于移栽密度低,个体所占土地面积大,有足够的空间和生态环境资源,水稻在生长过程中不受各项生态因子的限制,充分发挥了水稻固有的分蘖属性,结果延迟了有效分蘖终止期;相反,在密植条件下,水稻处在拥挤的生态环境中,由于群体对个体的反馈作用直接削弱了水稻的分蘖能力,导致有效分蘖终止期提前4~10 d。关于施肥量对有效分蘖终止期的影响,在12.5~25穴/m²的范围内,施肥量愈高,有效分蘖终止期出现的愈晚,3种肥量处理下相差2~5 d,可见水稻有效分蘖终止期受生态环境因素的影响较大。因此,水稻自动调节是环境型的一种表现。但在8.3穴/m²极端稀植条件下,高肥区的有效分蘖终止期出现的早,中肥区出现的晚,这可能是极端稀植处理下个体分蘖生长的一种规律。又由表4看出:各群体的抽穗期除高、中肥区的8.3穴/m²和12.5穴/m²的延迟1~2 d外,其它各群体的抽穗期完全相同。可见抽穗期对密度和肥料的反映相对稳定,这是受基因型影响的一种内在表现。

表4 群体的自动调节与生育期

(月·日)

生育期	肥量	密度(穴/m ²)			
		8.3	12.5	16.7	25.0
有效分蘖期	高肥	7.08	7.05	7.05	7.01
	中肥	7.13	7.05	7.02	6.30
	低肥	7.10	7.03	6.30	6.28
抽穗期	高肥	8.08	8.07	8.06	8.06
	中肥	8.07	8.07	8.06	8.06
	低肥	8.06	8.06	8.06	8.06

2.4 群体的自动调节与产量

将不同密度和肥量条件下的产量因素及产量结果列入表5。从表5看出:高肥区以12.5穴/m²的产量最高,其次是16.7穴/m²的产量。中肥区和低肥区均以16.7穴/m²的产量最高,其次是25穴/m²的产量。在3种肥量处理下均以8.3穴/m²极端稀植的产量最低,产量差异为极显著。由此进一步证明水稻的生长调节能力是有限的。变量分析表明(表略),本试验条件下区组间(F3.14 < F_{0.05} 3.34)不显著,处理间(F36.2 > F_{0.01} 2.80)呈极显著水平。在同一肥量处理下,12.5、16.7和25穴/m²的群体产量差异均不显著,可见水稻在一定密度范围内有很强的自动调节能力,这将为合理降低水稻插秧密度,减少育苗面积,节省生产成本提供可靠依据。肥量(F220、47 > F_{0.01} 5.45)、密度(F13、16 > F_{0.01} 4.07)对产量的影响分别达到极显著水平,其中,肥量对产量的影响大于密度对产量的影响。肥量与密度(F2.2 <

$F_{0.05}(2,44)$ 对产量的互作效应不显著。

表 5 不同密度和肥料条件下的产量因素及产量

处 理	穗/ m^2 (穗)	粒/穗 (粒)	千粒重 (g)	成熟度 (%)	产量($kg/667m^2$)			差 异 显著性	
					1991	1992	平均		
高肥	8.3	256.8	127.9	25.3	78.9	541	550	545.5	b
	12.5	293.8	118.2	25.0	76.4	564	584	574.0	a
	16.7	306.4	108.6	25.0	74.6	566	574	570.0	a
	25.0	378.6	101.1	24.0	68.7	564	566	565.0	a
中肥	8.3	209.6	125.4	27.4	86.5	506	514	510.0	b
	12.5	276.5	114.7	26.2	79.5	535	547	541.0	a
	16.7	308.1	105.4	25.3	72.4	560	548	554.0	a
	25.0	311.3	99.9	25.2	72.1	538	568	553.0	a
低肥	8.3	187.6	113.3	29.0	86.3	464	446	455.0	b
	12.5	243.8	111.1	27.7	83.9	495	485	490.0	a
	16.7	298.9	103.4	27.4	81.3	514	488	501.0	a
	25.0	307.5	89.1	27.1	80.5	510	480	495.0	a

从表 5 还可看出:在 3 种肥量处理下,随着移栽密度的降低,单位面积穗数递减,而每穗粒数依次增多,千粒重和成熟度逐渐升高,致使各产量因素之间表现负相关,反映出水稻产量因素之间具有高度自动调节作用。通过相关分析表明,稀植条件下穗数与产量呈显著的正相关($r=0.8903^{**}$);密植条件下各产量因素与产量均不显著,只有每穗粒数与产量接近显著的正相关。据此认为,稀植条件下穗数是影响产量的主导因素,而千粒重和成熟度对产量影响较小。这是因为在产量因素形成过程中,千粒重和成熟度是最后形成的产量因素,由于稀植条件下单位面积穗数少,产量因素通过自动调节进行互补,而这种自动调节能力却补偿于千粒重和成熟度,成为稀植条件下的千粒重和成熟度高于密植的主要原因。在寒冷稻作区低温年因千粒重和成熟度低,成为影响产量的主导因素,为此,稀植栽培恰好克服了这一不利因素。

3 小结与讨论

3.1 水稻群体的自动调节特点

在本试验条件下,各群体的干物质积累和分蘖生长在 6 月 20 日之前以同样的速度增长。之后,随着生育进程的不断发展,营养体逐渐扩大,个体间的环境资源越来越少,导致密植条件下的分蘖增长和干物质积累相对慢,稀植条件下相对快,结果各群体间的生物学产量逐渐接近,呈显著的渐近曲线关系,从而表现出很强的自动调节能力。其中,生殖生长期的自动调节能力大于营养生长期的自动调节能力。因此,水稻的自动调节能力是环境型的综合效应。

3.2 群体的自动调节与产量形成和生育期

随着群体密度的降低,干物质积累与产量的相关性愈高,并与产量显著相关的生育时段愈早。净同化率对产量的直接贡献最大,其次是光合势。水稻密植条件下的有效分蘖终止期出现的早,成穗率低;稀植条件下与此反之。水稻抽穗期受群体的自动调节能力影响较小,这是基因型影响的一种表现。

3.3 群体的自动调节与产量因素及产量

随着移栽密度的降低,单位面积穗数递减,每穗粒数、千粒重和成熟度逐渐升高,产量因素表现出高度自动调节能力。因此,稀植栽培克服了千粒重和成熟度低的不利因素。各群体的产量结果:高肥区以 12.5 穴/ m^2 处理下的产量最高,中肥和低肥区均以 16.7 穴/ m^2 处理下的产量最高,3种施肥量处理皆以 8.3 穴/ m^2 极端稀植下的产量最低,证明水稻群体的自动调节能力是有限的。因此,目前水稻高产栽培的移栽密度不可低于 12.5 穴/ m^2 ,否则,因单位面积穗数少而影响到产量的提高。

3.4 提高群体自动调节能力的调控措施

稀播育壮秧,确定适宜的基本苗和移栽密度。在早育苗条件下,播种 125 g/ m^2 ,苗龄 $4.5 \sim 5.0$ 叶期移栽。移栽密度:肥沃的土壤为 12.5 穴/ m^2 ,肥力低的土壤为 16.7 穴/ m^2 ,每穴移栽基本苗 $2 \sim 4$ 株。既有利于充分发挥个体的分蘖能力,使个体都能健壮的生长,提高群体的质量和成穗率,增强群体的自动调节能力,又可促进抽穗后的同化能力,从而达到低成本高效益的目的。田间施肥量:氮肥(N) $120 \sim 135$ kg/ hm^2 ,磷肥(P_2O_5) 69 kg/ hm^2 ,钾肥(K_2O) $75 \sim 90$ kg/ hm^2 。氮肥施用比例注重于中期营养元素的供应,有利于保蘖、促进枝梗、颖花的分化发育,争取大穗,获得高产。

参考文献:

- [1] 汤玉庚,石泰良. 水稻生产中的群体概念和自动调节作用[J]. 中国农业科学, 1961, (8): 15-19.
- [2] 许哲鹤,金熙镛,严光彬,等. 水稻三早栽培研究报告 I、II 报[J]. 吉林农业科, 1986, (4): 1988, (1).
- [3] 金玉女,金熙镛,赵世龙,等. 水稻大养稀栽培施肥氮肥效应研究初报[J]. 吉林农业科学, 1991, (4): 50-54.
- [4] 徐奎彻. 论水稻稀播稀插栽培[J]. 吉林农业科学, 1983, (2): 25-34.
- [5] 方展森,等. 北方水稻早育稀植栽培技术的研究 III. 高产机理及不同土壤气候地区的应用[J]. 吉林农业科学, 1992, (1): 9-14.
- [6] 蒋彭炎,姚长溪,任正龙. 水稻稀播少本插高产技术研究[J]. 作物学报, 1981, (4): 241-248.
- [7] 蒋彭炎,冯来定,姚长溪. 水稻“三高一稳”配套栽培技术的研究[J]. 浙江农业科学, 1990, (2): 63-66.
- [8] 柳金来,高德宇,等. 通化市水稻丰歉鉴定试验 III. 产量与主要气候因素的研究[J]. 吉林农业科学, 1988, (2): 85.

Rice Automatic Regulation and Yield

LIU Jin-lai, et al.

(Tonghua Academy of Agricultural Sciences, Hailong Jilin 135007, China)

Abstract: This paper preliminary studied relations on the rice individual automatic regulation and tillering growth dry matter production and yield formed by density, sparse, super sparse, extreme sparse planting. The results showed that the rice had strong regulative ability within the limits of density, among them, ability of regulation is minor in the early days of growth, regulative ability was strengthened with developing of colony system, improving photosynthetic power and net assimilation ratio advantageous to increase yield. Quantity of applying fertilizer, density and yield reached remarkable level, its mutual effect is not remarkable. Yield actor of colony can mutually regulate, under sparse planting, reducing the ear of grain quantity in unit area, improving thousand grain weight and mature degree, overcoming disadvantage effect on low thousand grain weight and mature degree under sparse plant condition.

Key words: Rice automatic regulation; Tillering; Dry matter; Yield