

水稻不同栽培型及环境因子模拟研究

吴文钧 (营口市农业气象试验站)

本文根据生物体能量转化和生育互补平衡原理,将北方水稻现有栽培型划分为稀栽稳长、密植稳长两大生育表现型,通过田间模拟试验,从取得水稻生育特征量及收获产量数据入手,利用气候资料建立两种生育型不同发育期生育调控、产量预测(报)等数学模型,为水稻高效、低耗、定量化栽培提供实用技术。

本试验以分期播种、移栽所形成的不同热量分布为主因子,以栽培技术的可调因素土壤肥力、栽培密度及施肥数量、时间和各生育时段的肥量分配比率为辅助因子,借助于旋转回归和正交回归的思路与设计方法,拟定了多因素复因子试验方案。试验地点在营口滨海稻区,土壤轻度盐碱,中等地力;品种为“辽盐2号”。播种期:4月10、22日;移栽期:5月15、25、31日,6月6、16日;播植密度:30×6.6、9.9、13.2、16.5、19.8、23.1、26.4厘米,每穴3—4苗;本田标N用量35、45、55、65公斤/亩。小区面积16.5平方米,试区总面积676.8平方米,以30×9.9及30×19.8厘米为主要栽培生育型,并做重点模拟。

一、两种栽培生育型的划分

经多年(1986—1988)试验和生产实践,在总结北方水稻现有栽培型式的基础上,以30厘米行距为标准,根据其生育表现及生态特征,可以归纳、划分成稀栽稳长(30×16.7

厘米以上)和密植稳长(30×13.3厘米以下)两种生育型。

不同的栽培型,决定了水稻不同的生育表现类型。密植稳长生育型分蘖慢,成穗率低,进入生育中期(拔节或幼分始期)叶色有明显落黄过程;稀栽稳长型分蘖快,成穗率高,生育中期无明显落黄过程。叶色常绿,茎数常稀,为稀栽生育型的主要特征和两型生育的根本区别。

二、环境因子模拟模式

(一) 分蘖进程模式

在光照、热量、营养条件得到满足时,分蘖发生将遵循茎叶同伸规律。但实际上,限制分蘖继续增加是环境开始恶化和营养不足,又因稻体本身的生理反馈或调节作用,使分蘖达到长消平衡,尔后,进入稳定的穗数时期。经多因素方差分析显著性测定,在中等肥力田块上,各处理间茎蘖数与分蘖前期N肥施用量差异不显著。分析结果表明,未来某一时间的茎蘖数(S,万/亩)受当时的茎蘖基数(S_0 ,万茎/亩)由 S_0 至S所获积温($\Sigma T \geq 10^\circ\text{C}$)和稀植密度(P,万穴/亩)所制约。故此引入多元非线性回归模型,采用逐步回归的分析方法,建立水稻分蘖进程模式:

*华泽田同志协助做了本研究的数字计算工作。

$$S = 2.3 + 2.14S_0 + 0.076 \Sigma T - 0.015S_0 - 4.07 \times 10^{-5} (\Sigma T)^2 - 0.001S_0 \cdot \Sigma T - 0.0153 \cdot S_0 \cdot P \quad (1)$$

$$R = 0.91, F = 108.5 > F_{0.01}, n = 106$$

n = 106.

根据此式计算结果，给出营口稻区中晚熟型品种“辽盐2号”在不同插植规格基础上，各时段茎蘖发生数量(表1)。表1列出

表1 水稻茎蘖数与积温查算

6月/1日	6月/5日	6月/10日	6月/15日	6月/20日	6月/25日	6月/30日	7月/5日	7月/10日	7月/15日	7月/20日	7月/25日
0	95.6	196.4	302.2	410.7	524.1	641.6	760.1	880.3	1002.9	1129.5	1256.5
13.2	32.6	37.9	42.6	47.2	47.6	51.4	52.3	52.0	50.5	47.7	43.5
8.8	24.9	30.6	35.8	41.0	41.5	46.1	47.5	47.8	46.8	42.6	41.0
6.6	20.9	26.8	32.2	37.7	38.2	43.3	44.9	45.5	44.8	42.8	39.5
5.3	18.4	24.5	30.0	35.7	36.2	41.5	43.3	44.0	43.5	41.7	38.5
4.4	16.7	22.4	28.4	34.3	34.8	40.3	42.2	43.0	42.6	40.8	37.8
3.8	15.5	21.7	27.4	33.8	38.3	39.4	41.4	42.3	41.9	40.3	37.3
3.3	14.5	20.8	26.5	32.5	33.0	38.7	40.8	41.7	41.4	39.8	36.9

在栽培管理技术及环境因子变化比较正常的情况下，不同插植规格(30×6.6—30×26.4厘米)水稻的分蘖进程。表中第一行是以候为单位划分的分蘖日期；第二行是从6月1日开始，到达某一时段80%保证率下相应的常年气候积温；以下各行是30×6.6—30×26.4厘米插植规格各时段发生的茎蘖数(万茎/亩)。

(二) 分蘖成穗模式

为增强模式的调控效果和实用性，在式(1)中引进N肥用量这一重要可调因素。分析分蘖成穗规律，其最终成穗数与分蘖中后期至拔节长穗期总施肥量关系极为密切，该时段用肥系属分蘖调整肥和保蘖保穗肥。多年稻作实践表明，在辽宁稻区整个6月份到7月上旬为分蘖增长期和穗数决定期；分蘖盛期在6月15—30日。因此，根据该时段

茎蘖多少与其所获积温采取相应的施肥措施，便可以取得预定的目标穗数。

取6月15—25日间某日查得田间实际茎蘖数S(万茎/亩)、由实测S之日起到达6月30日的积温ΣT、6月20日—7月25日总施肥量N(公斤/亩)与最终成穗数Y建立两种生育型分蘖成穗模式：

$$Y_1 = 25.31 + 2.6 \times 10^{-1} \cdot S + 3.51 \times 10^{-2} \cdot \Sigma T - 3.29 \times 10^{-1} \cdot N - 2.33 \times 10^{-3} \cdot S^2 - 3.65 \times 10^{-5} \cdot (\Sigma T)^2 - 7.74 \times 10^{-5} \cdot N^2 - 4.22 \times 10^{-4} \cdot S \cdot \Sigma T + 1.71 \times 10^{-4} \cdot S \cdot N + 3.82 \times 10^{-5} \cdot N \cdot \Sigma T \quad (2)$$

$$Y_2 = 20.3 + 2.71 \times 10^{-1} \cdot S + 3.31 \times 10^{-2} \cdot \Sigma T - 1.32 \times 10^{-1} \cdot N - 2.33 \times 10^{-3} \cdot S^2 - 3.65 \times 10^{-5} \cdot (\Sigma T)^2 - 7.74 \times 10^{-5} \cdot N^2$$

$$\begin{aligned}
 & \cdot N^2 - 4.22 \times 10^{-4} \cdot S \cdot \Sigma T \\
 & + 1.71 \times 10^{-4} \cdot S \cdot N + 3.82 \\
 & \times 10^{-5} \cdot N \cdot \Sigma T \quad (3) \\
 R = 0.91, \quad F = 12.56 > F_{0.01}, n = 53
 \end{aligned}$$

式中, Y_1 、 Y_2 分别为密植稳长和稀栽稳长型最终成穗数(万穗/亩); S 为田间现有生育量(万茎/亩), 并综合反应了水稻移栽后土壤肥力、秧苗素质及分蘖前期的光温状况; ΣT 与 N 是提供未来数量调控的重要因子。由于式(2)、(3) 包括的信息较多, 而且信度较高, 所以, 生产实用性很强。只要将田间实测茎蘖数、插植密度、施肥量及未来提供的积温量数据输入后, 即可求出成穗数 Y 值; 反之, 当确定了目标量 Y 值, 就可以计算出在给定 S 、 ΣT 基础上的施肥量 N 值, 具有明显的实用意义。

在辽宁营口、盘锦滨海稻区, 以5月20日为标准插秧日, 6月1日视为返青后的分蘖起点(茎蘖基数)。如密植型亩2万穴上下, 穴插3—5苗, 则6月1日一般可达8—10万茎/亩, 其有效分蘖终止期约在6月20日以前; 最高分蘖期约在7月5—7日, 亩最高茎蘖数50—55万茎, 成穗数35万左右; 稀栽型亩1万穴上下, 穴插3—5苗, 6月1日可达4—5万茎/亩, 有效分蘖终止期在6月25—30日, 最高分蘖期在7月10日前后, 亩最高茎数小于45万茎, 成穗数32万穗左右, 为水稻优化栽培营养体时期定量调控指标。

(三) 叶温系数模式

叶龄(主茎着生叶片数)是水稻生育进程的重要标志。同一品种相同叶位的叶片, 尽管出生和完成时间不同, 其所需积温大体是一致的, 此可称为叶龄积温常数。而同一品种因年际气候差异及施肥管理水平不同, 其出叶速度、主茎总叶数也有很大差别。在

等量施肥条件下, 密植者叶数减少, 稀栽者叶片增多。为明确叶龄与积温、栽培型的关系, 在取得大量数据资料的基础上, 统计模拟既含有热量因子, 又含有密度因子的叶温系数模式:

$$\begin{aligned}
 Y = & 0.236 + 9.9 \times 10^{-3} \cdot \Sigma T + 2.28 \\
 & \times 10^{-5} \cdot P \cdot \Sigma T - 1.66 \\
 & \times 10^{-6} \cdot (\Sigma T)^2 \quad (4) \\
 R = & 0.997, \quad F = 3547.4 > F_{0.01}, \\
 n = & 56
 \end{aligned}$$

式中, Y 为每增加1片叶所需活动积温, 即叶温系数, ΣT 为从出苗开始到达某一叶龄时 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温, P 为两种栽培型不同插植密度(万穴/亩)。

按式(4) 计算出30厘米行距不同插植株距到达某一叶龄所需积温或不同积温下对应的叶龄列于表2。当插植株距确定后, 可根据叶龄由表2中查出相应的积温; 反之, 亦可查出同一积温下对应的叶龄, 为准确判定幼穗分化发育及出穗期, 决定施肥时间的重要依据。在获取相同积温量时, 稀栽生育型叶龄明显大于密植型。如积温达2000 $^\circ\text{C}$ 时, 19.8厘米株距叶龄15.54, 9.9厘米株距叶龄仅为14.63, 相差近1片叶, 说明稀栽型叶片增多, 个体发育健壮, 源足、流畅, 为形成多粒大穗打下物质基础。

表2 水稻叶龄与积温查算

株距 (厘米)	9.9	13.2	16.5	19.8	23.1	26.4
叶龄						
4	380	374	368	362	357	351
5	490	482	474	466	459	452
6	605	595	584	575	565	556
7	726	712	700	687	675	664
8	852	836	820	805	790	777
9	986	966	947	928	911	894
10	1129	1104	1081	1059	1038	1017
11	1283	1252	1224	1197	1172	1148
12	1450	1412	1379	1345	1315	1286
13	1635	1588	1545	1505	1463	1434
14	1846	1786	1731	1681	1636	1594
15	2099	2015	1943	1879	1821	1769
16	2433	2301	2196	2109	2033	1966

以30×9.9厘米为基础的密植型和以30×19.8厘米为主的稀栽型,到达不同叶龄的叶温系数(表3)差异十分明显。无论在出叶前期和后期,叶温系数均以稀栽型为小,其差异随叶龄增长而加大。在9叶期以前相差不足10℃/叶,15—16叶期达104℃/叶,这说

明即使在同一发育期,由于栽培型的改变,积温的贡献是不等价的。稀栽型虽使分蘖期拉长,最终出穗期并无明显延迟,由于出叶速度加快,积温有效性提高,遂使之转入安全出穗期。

表3 水稻不同生育型叶温系数

生育期 \ 叶龄	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—13	13—14	14—15	15—16
密型	110	115	121	126	134	143	154	167	185	211	235	334
稀型	104	109	112	118	123	131	138	148	160	176	198	230

(四) 产量预测模式

取环境因子水稻生育中前期即移栽(5月15日—6月16日)至出穗期(8月10—15日)的积温量、幼穗分化发育期的施肥量,以及和水稻产量关系紧密的生态因子单位面积颖花量与最终产量做单项方差和相关分析,结果表明,热量、施肥量以及单位颖花量对产量影响均达到极显著标准。热量和施肥量是影响水稻前、中期生育的主导因子,而单位颖花数是提高同化产品容纳量的充要条件,前者是“源”的基础,后者是“库”的容积,它们同为获取目标产量的重要因素。

统计田间列区模拟试验数据资料,为定量描述热量、养分、颖花数与产量的数量关系,以移栽至出穗的积温量 T 、生育中期施肥量 N (公斤/亩)及颖花数 m (千万/亩)为自变量,与终端输出的谷实产量 Y (公斤/亩)建立水稻生育中期产量预测模式:

$$Y_1 = -1085 + 1550m - 0.204T - 29.8N + 0.015N \cdot T - 215.3m^2 \quad (5)$$

$$R = 0.954, \quad F = 18.34 > F_{0.01}, \quad n = 18$$

$$Y_2 = -771 + 716m + 0.405T + 14.2N - 0.007N \cdot T - 107m^2 \quad (6)$$

$$R = 0.754, \quad F = 15.15 > F_{0.01}, \quad n = 18$$

模式(5)及(6)是在长穗期施肥量标 N 5—35公斤,颖花数2.2—3.7千万/亩,进行模拟的。产量400—650公斤/亩的基础上如将单产目标定为600公斤/亩,按式(5)、(6)得出的因子最佳组合:移栽至出穗期积温1700—1600℃;密植型颖花数3.3—3.5千万,中期施肥量12.5—15.0公斤/亩;稀栽型颖花数3.0—3.2千万,中期施肥量20—22.5公斤/亩。在使用时只要掌握水稻生育中期(6月下旬至7月)施肥量、移栽至出穗开花期的活动积温和田间实际颖花数,就可以在8月中旬以前比较客观地报出终端产量,并按现有生育特征量和未来可能提供的环境因子,采取相应的调控措施,达到预期目标产量,对水稻生产具有重要的指导意义。

参 考 文 献

- 【1】蒋德隆, 水稻生产与气象, 气象出版社, 1983年。
- 【2】丁希泉, 农业应用回归设计, 吉林科学技术出版社, 1986年。