

寒地水稻旱育稀植高产栽培关键技术的研究

李兆方*

一. 前言

黑龙江省位于北纬 $43^{\circ}23'$ ~ $53^{\circ}36'$, 水稻已普及全省各地, 但集中分布于北纬 48° 以南的第1~3积温带, 无霜期在120—140天之间, 属于大陆性高纬度寒地稻作区。

1983年以前, 全省水稻单产不高、总产不多、发展缓慢、波动很大(见图1)。原因之一是, 生育期短, 且低温冷害频率高, 即每3-5年发生一次低温冷害年。以哈尔滨市水稻生产为例, 1960-1979年20年间, 出现7次低温年, 占35%; 丰年6次占30%, 平年7次占35%。欠年较平年减产41.3%, 较丰年减产58.1%。

1983年以后, 情况发生明显变化如图1。1986年稻作面积达50.7万公顷, 公顷产量4.36吨, 总产量221万吨。面积较1949年增加了3.54倍,

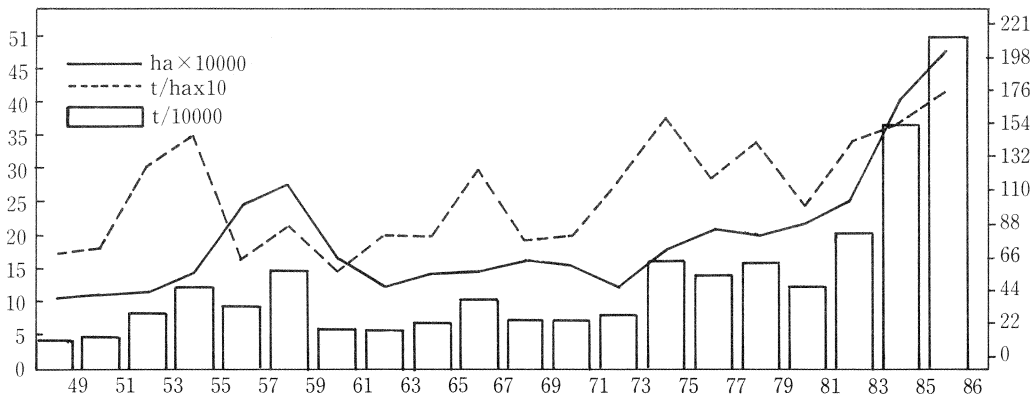


图1 黑龙江省稻作发展(1949-1986)

较1983年扩大0.92倍, 以平均每年8.1万公顷速度发展; 单产较1949年每公顷提高2.52吨(1.37倍), 较1983年提高0.84吨; 总产量较1949年增长9.78倍, 较1983年增加129.4万吨, 平均年增产43.13万吨。

从方正县气象资料看, 1984-1986年, 在本田生育期间都出现阶段性低温。但这三年全县1.5万公顷水稻, 平均产量仍稳定在5.5~6.0吨, 较1981年每公顷2.36吨提高1.22-1.54倍。1985、1986年还有800公顷高产试验田, 连续达到8吨的高产水平。

*参加试验者有: 车奎植, 崔成焕, 秋太权, 倪忠捷, 祝崇学, 张艺, 唐秉仁, 鲁伟, 刘多颖, 金学泳, 金官植。东北农学院, 哈尔滨, 黑龙江省

上述事实充分说明,在高纬度寒地,生育期短和低温冷害频率高,固然是影响水稻生育限制产量的因素,但关键在于政策和科学。近年稻作技术的发展,体现在变直播为插秧,变湿育为旱育,变密植为稀植,如图2。这三大变化乃是黑龙江省稻作发展的根本原因所在。“饮水思源”日本友人藤原长作和原正市先生,先后于1981和1982年,本着日中友好精神,远渡重洋不辞劳苦来到黑龙江省,传授水稻旱育稀植栽培技术,并进行试验示范和技术指导,才有这稻作技术的发展。为此,愿在这里向他们表示感谢。

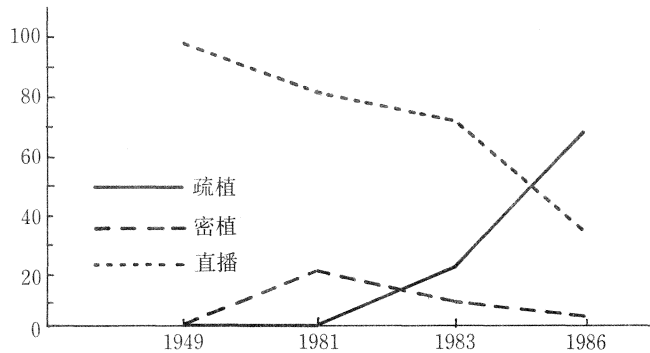


图2 稻作技术发展

在日本水稻旱育稀植技术基础上,结合黑龙江省的实际,通过1982-1986年的试验研究,初步形成实地水稻旱育稀植高产栽培综合技术新体系。这一技术体系的基本点,是以品种为前提,旱育壮秧为基础,旱插稀植为中心,足肥浅灌为关键,防病灭草为保证。

本文 仅就1982-1986年部分试验资料归纳分析而成。

二. 试验结果分析

(一) 产量构成及其相关

表1 产量构成因素及相关 (\bar{x}) 1985(方正)

项 目	粒数 万/m ²	穗数/m ²	粒数/穗	结实%	粒重g	产量 T/ha
平 均	4.603	550.68	83.90	64.04	25.14	7.56
粒 万/m ²		0.6789**	0.5161*	-0.1579	0.1966	0.4668*
穗/m ²			-0.2744	-0.4126*	-0.3551	-0.0309
粒/穗				-0.1529	0.6289**	0.6527**
结实%	$r_{0.05}=0.3809$				0.4254*	0.4197*
粒重g	$r_{0.01}=0.4869$					0.5041**

〔注〕 本试验为正交设计,旱育稀植,23/5插秧,30×13cm×3苗23/9收获

表1的产量及其构成表明,产量决定于总粒数,而总粒数取决于穗数和每穗粒数。但穗数同结实率及每穗粒数、粒重呈负相关,每穗粒数同粒重、产量高度正相关,结实率、粒重又同产量相关显著(+).在产量构成因素的这些错综复杂关系中,可以看出单位面积穗数,是牵一发而动全身的起

关键作用的因素。

从表2主、蘖穗与平均产量构成因素相关中，又可进一步看出，主穗与蘖穗的相关性是一致的。

表2 主穗与平均产量构成相关 1985

项 目		主 穗		蘖 穗		
		粒/穗	结实%	穗/M ²	粒/穗	结实%
平 均		129.66	73.20	472.92	76.56	61.19
平 均	粒/M ²	0.3386	-0.0386	0.6689**	0.5070**	-0.1658
	穗/M ²	-0.0458	-0.3035	0.9784**	-0.2626	-0.4567*
	粒/穗	0.4942**	0.3222	-0.2663	0.9660**	0.3100
	结实%	0.0979	0.8173**	-0.4636*	0.2802	0.9738**
	粒重	0.3412	0.5733**	-0.3582	0.5673**	0.3692
	产量	0.2612	0.5709**	-0.0227	0.6804**	0.3822*

〔注〕 与表1同一试验

在每穗粒数和结实率对平均产量及其构成关系方面，主穗除对粒重、产量的相关程度高于蘖穗外，其它各项均低于蘖穗，尤其单位面积的蘖穗同平均单位面积的粒数及穗数呈高度正相关，同结实率负相关也显著。因此，单位面积的蘖穗数，在产量构成因素中处于主导地位，这是早育稀植栽培方式的最突出的特征。

从表1和表2还可看到，在每平方米550.68穗数中，蘖穗数(472.92)占85.88%，而本试验插秧密度，每平方米只有75苗，所以，每株平均有6.3有效分蘖穗，这是平均公顷达到7.56吨产量的重要特点。

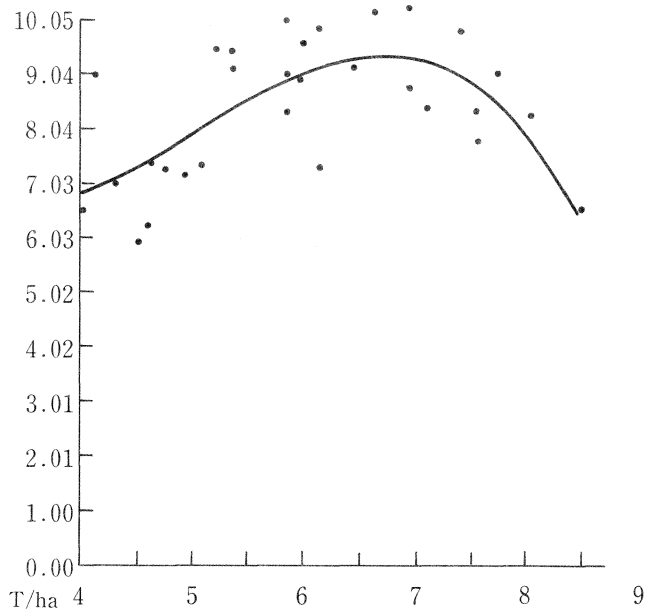


图3 单株蘖穗与产量
(1986 哈尔滨)

单株有效分蘖数同产量的关系，在历年试验中的趋势是一致的。图3是4因素二次回归旋转设计试验结果，回归曲线的最高峰值，是每株6.5蘖穗，过多或过少，曲线都向下滑动。计算的回归方程是 $y=17.1373-7.6429x+1.6845x^2-0.1075x^3$ ($F=8.8936^{**}$)。所以，早育稀植高产栽培综合技术体系，必须着眼于分蘖的促控措施上。

(二) 品种的选用

选用熟期适中，以保证安全抽穗、完全成熟，这是首要条件。根据全省20个品种的主茎叶数、本田生育日数和积温，进行回归分析结果如图4(1)一(2)。这样，即可从当地实际生育期或 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温，按图内一元回归方程，正确选用品种。

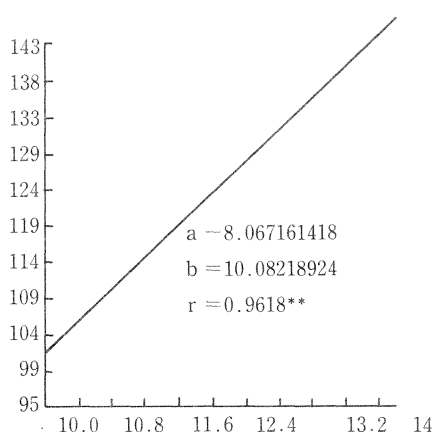


图4 (1)叶数与生育期(1987)

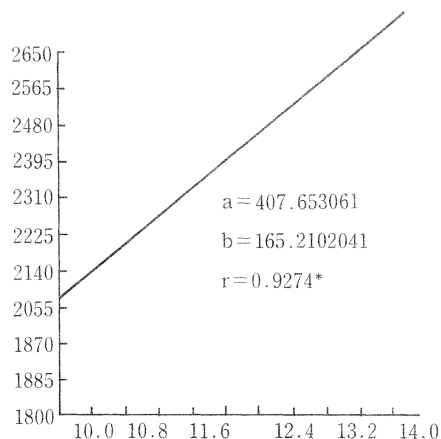


图4 (2)叶数与积温(1987)

根据1982和1985年试验结果，绘出图5(1)和图5(2)。从两图比较看，尽管年分(1982、1985)、地点(阿城、第一积温带)、(方正、第二积温带)以及密度(3苗、4苗)不同，但其单株分蘖规律是一致的。而且有效分蘖终期和最高分蘖期都分别在6月下旬—7月上旬和7月10日左右。就品种之间比较看，则有分蘖速度快慢和多少的差别。因此，了解品种的分蘖力强弱和分蘖速度的快慢，才能有预见性地采取相应技术措施，实现最佳计划要求的蘖穗数，达到高产目标。从这个基本点出发，结合产量构成因素的相关分析，早育稀植应该选用穗数型品种，尤其在高纬度寒地，不宜选用穗重型品种。

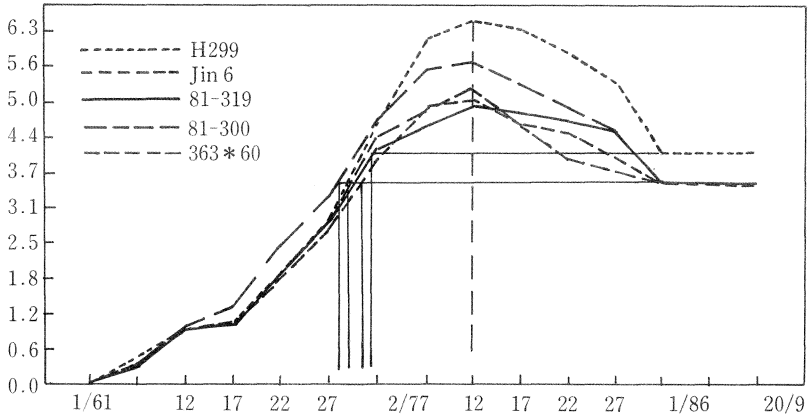


图5 (1)品种与分蘖(4株/穴)
(1982 阿城)

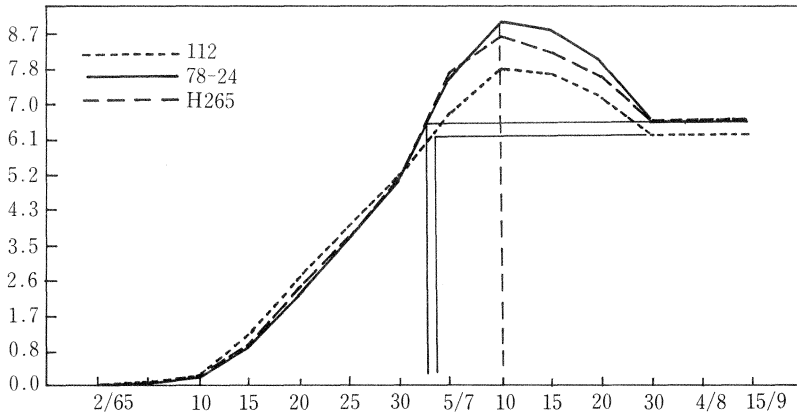


图5 (2)品种与分蘖(3株/穴)
(1985 方正)

(三) 插秧时期的确定

根据稀植依靠蘖穗增产这一特点，插秧时期当然应该宜早不宜迟，但早插又受成活临界温度和秧龄的制约。1984年育苗温度测定如图6。

经回归分析，平均气温与床内温度的回归方程为 $y = -3.6862 + 2.0617x$ ，($r = 0.7172^*$)；床内平均气温与床土温度(3cm)的回归方程为 $y = 7.6347 + 0.4995x$ ，($r = 0.7403^*$)。最低气温与床内温度的回归方程为 $y = 1.2685 + 1.806x$ ，($r = 0.7759^*$)；床内最低气温与床土(3cm)温度的回归方程为 $y = 9.6040 + 0.1240x$ ，($r = 0.1535$)。

根据上述回归方程，当平均气温稳定在6℃时，床内温度可达12.04℃，床土温度为13.65℃。既或在此期间最低气温下降到-3℃，床内温度降低到-2.27℃，床土温度仍保持9.32℃。所以日平均气

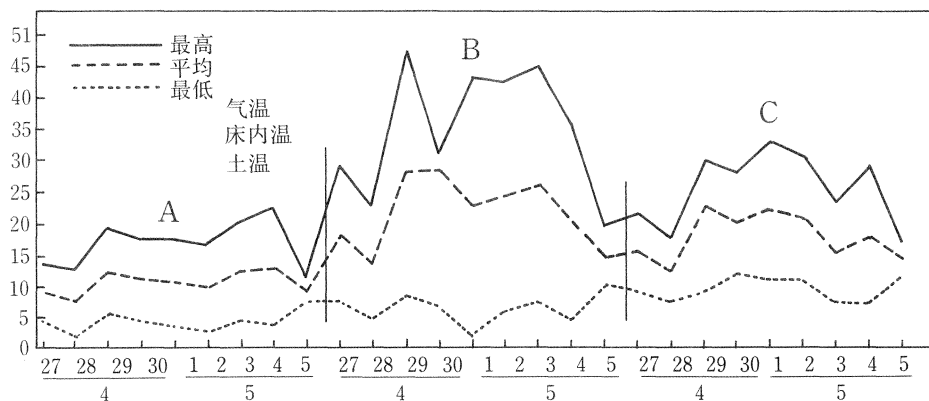


图6 早育保温育苗气温与床内、床土温度
(1984 方正)

温 6°C ，可做为育苗早期播种的临界温度指标。培育3.5叶令的中苗，需要30天秧令期，如此，在抽秧时气温可上升到 14°C 。这样，不仅插秧后可以正常成活，而且幼穗分化形成和抽穗期恰处于高温季节，结实期(45天)可在秋季气温下降到 13°C 以前完成，从而能够安全抽穗和充分成熟如图7。

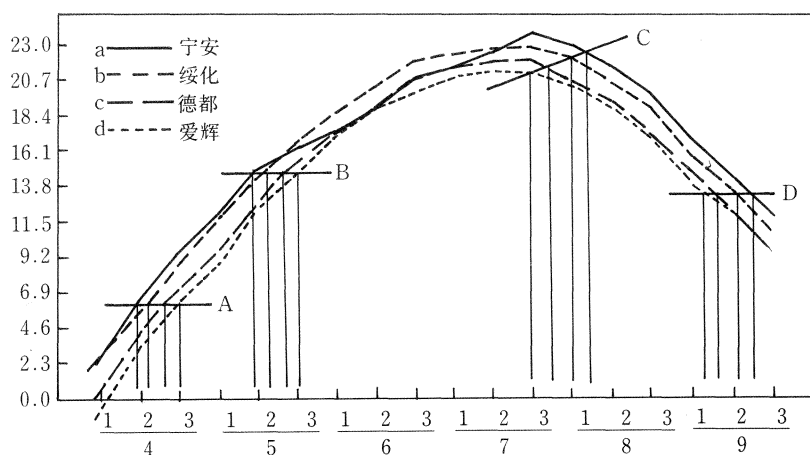


图7 黑龙江省气温与稻作

(1987)根据省气象局资料绘制

a. 宁安 $44^{\circ}20'\text{N}$. 22年平均

b. 绥化 $46^{\circ}37'\text{N}$. 28年平均

c. 德都 $48^{\circ}30'\text{N}$. 14年平均

d. 爱辉 $50^{\circ}15'\text{N}$. 27年平均

A. 播种、B. 插秧、C. 抽穗、D. 收获

早育稀植所以高产，归根结底在于一方面适应于水稻具有分蘖特性的生物学，另一方面是加长生育期充分利用热量资源，从而从水稻生物学和自然资源两方面扬长避短的必然结果。根据玉常县日平均气温资料，逐日统计结果(1975、1976、1977年)，三年(丰、平、欠)平均，早育稀植可较湿育密植加长16.3天，增加 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温167.6 $^{\circ}\text{C}$ ；较直播加长37.3天生育期，增加479.8 $^{\circ}\text{C}$ 活动积温。根据图4(2)回归方程，每增加165.2 $^{\circ}\text{C}$ 即可增加一片主茎叶数。如此，早育稀植可采用较直播多2.9叶、较湿育密植多1叶的品种，即以较晚熟品种实现高产，但是前题条件必须是早播早插。

(四) 栽植密度的选择

稀与密是个相对的概念，既或同一个密度也还有一个栽植规格问题。不同穴苗数的穴距条件下，决定早育稀植产量重要因素的分蘖状况各异，如图8和9。

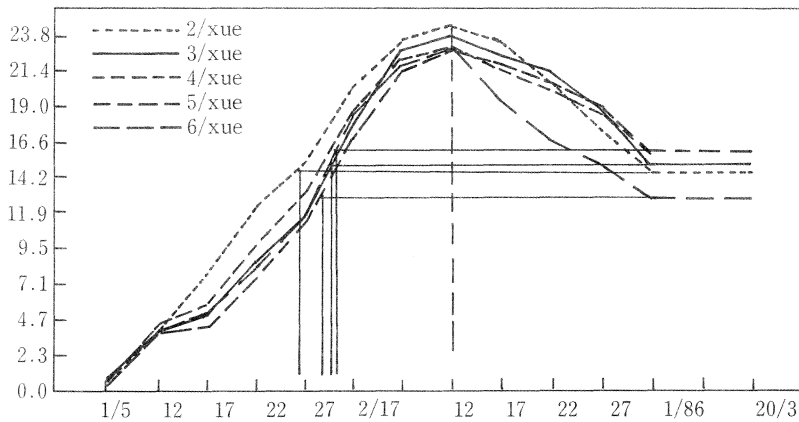


图8 穴苗数与分蘖
(1982. 阿城)

图8表明在相同栽植规格条件下，每穴苗数少则分蘖多而快，苗数多则分蘖少而慢，尤其每穴六苗最后每穴成穗数显著减少。而每穴3、4、5苗则介于2苗6苗之间，最后成穗数虽有差别但不显著。图9是每穴栽3苗的不同穴距分蘖情况，13.2cm穴距介于9.9cm和16.5cm之间。从图明显看出穴距的效应，即加大穴距减少密度时，分蘖不仅多而快，而且成穗也多，相反，缩小穴距增加密度则分蘖慢又少。比较图8和9，分蘖状况受穴距的影响大于每穴栽植苗数。因此，在确定行距基础上，必须正确选择穴距，每穴最多不宜超过5苗。

图9分蘖状况，虽然16.5cm穴距优于13.2cm，但产量结果则以13.2cm最高(公顷7.70吨)较9.9cm穴距增产3.25%，较16.5cm增产2.08%。这是因为不同穴距的单位面积穴数不同，从而导致单位面积穗数差异的结果(9.9cm=607穗，13.2cm=537穗，16.5cm=507穗/ m^2)。

在稀植情况下，不可避免地随着有效穗增加，而产生较多无效分蘖，并在一定范围内不是绝对坏事，因为有效穗与最高分蘖数显著正相关。1982年试验结果统计 $r=0.4712^{**}$ ($N=36$)；1986年

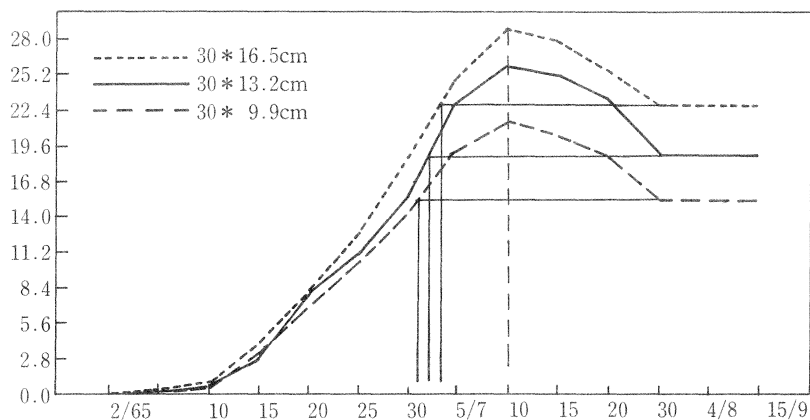


图9 穴距与分蘖
(1985 方正)

结果 $r=0.7760^{**}$ ($N=31$), 都达到极显著标准。从最高分蘖数与产量的关系看, 最高分蘖数的适宜范围, 在每穴25-30之间(栽植密度是 $30 \times 13.2\text{cm} \times 3$ 苗), 如图10, 低于或高于这个范围产量都明显降低, 多项式回归方程 $y = -16.1151 + 2.0888x - 0.0558x^2 + 0.00046x^3$ ($F=5.0531^{**}$)。因此, 必须对分蘖提出明确具体指标, 并从技术措施上加以实现, 才能达到高产目的。

对最高分蘖数进行控制的实质和目标, 在于控制单位面积的有效分蘖数(见图3)。

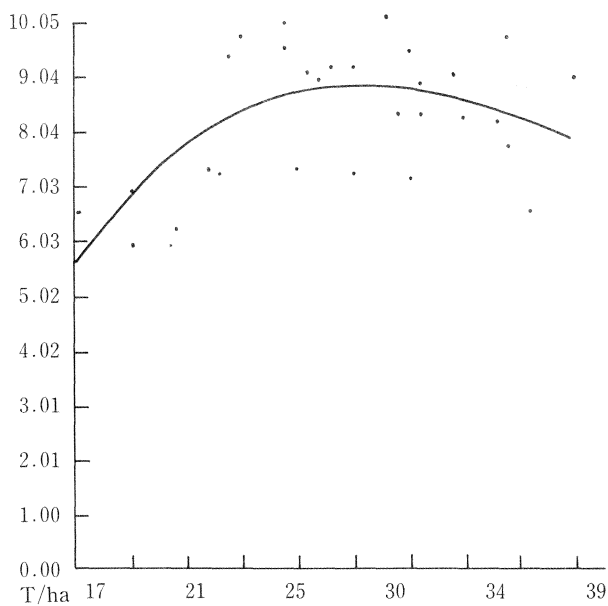


图10 最高蘖数与产量
(1986 哈尔滨)

(五) 肥料的施用

施肥是极其复杂的技术，既要从高产出发，立足于品种耐肥抗病性上，又要同气温变化、土壤基础肥力等相匹配，归根结底，是要充分满足水稻各生育时期对营养元素的需要。

从施肥量与施肥方法对产量的效应看，如图11。高肥(A)以2次(基+藁)肥产量最高，分别比1次、3次施用每公顷增产0.39和0.62吨；中肥(B)则以1次基肥施用产量高，比2次和3次分别增产0.57、0.98吨；少肥(C)也以基肥1次施法高，较2、3次施用增产0.42吨。从这一试验结果明显看出施肥方法在施肥技术中的重要作用。互作效应表明，高肥宜分次施用，中少肥宜集中1次基肥施用，不论高中低肥，采用3次(基+藁+秧)施肥法，产量都最低。这一特点，同大陆性高纬度寒地气候(见图7)以及早育稀植依靠藁穗增产不无关系。

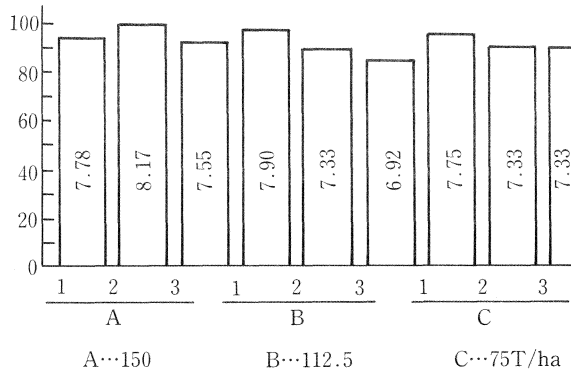


图 11 施量×施法与产量

(1985 方正)

1. 基肥全层 2. 基肥+藁肥

3. 基肥+藁肥+穗肥

施肥与各生产时期土壤速效营养(N. P. K)的关系，如图12和13。图12表明随施肥量增加，土壤中速效营养也多，在分蘖期尤其明显。经方差分析结果，施氮量在分蘖期 $F=13.1975^{**}$ ，高低肥相差 40.78ppm^{**} ，中低肥相差 23.92ppm^{**} ；施磷量在分蘖期 $F=16.7274^{**}$ ，高低肥差值 8.47ppm^{**} ，高中低肥差值 6.31ppm^{**} ，而且这一差异直延续到拔节孕穗期， $F=7.1960^{**}$ ，高低肥之差为 6.09ppm^{**} ；钾肥因按比例施量较少，差异不显著。抽穗到成熟期间，低氮和钾肥都有回升现象，大概因低氮藁数少需肥量也相对减少，以及在结实期需钾量下降的缘故。

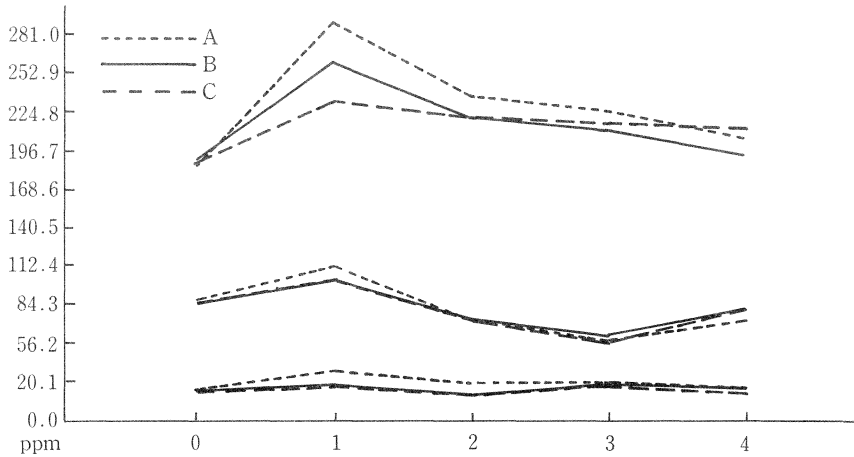


图 12 施肥量与速效营养

(1985 方正)

A. 高肥、B. 中肥、C. 低肥、O. 基础

1. 分蘖期 2. 拔节期 3. 抽穗期 4. 成熟期

图13表明，氮肥一次基肥施用，使土壤速效氮始终保持较高水平。比较不同施用方法(次数)，经方差分析，于分蘖期和拔节孕穗期差异未达到显著标准，而抽穗期的 $F=5.3565^*$ ，1次与2次施用之差值为 13.78ppm^* ；成熟期 $F=6.9085^{**}$ ，1次与2次相差 12.67ppm^* ，并且3次(基+蘖+穗)较2次(基+蘖)施用也高 11.0ppm^* 。施肥方法与土壤速效氮这个基本变化规律，恰恰佐证了前述中少肥宜1次施用，而多肥要分次施用，即要基肥+蘖肥。所以不论高中低肥，都以“基地+蘖肥+穗肥”3次施用产量最低，就在于结实过程的成熟期，土壤速效氮量过高。在分析同一试验的施肥量与粒重关系时，也发现随施氮量的增加而使千粒重下降，方差分析 $F=6.6916^{**}$ ，低肥较高肥提高 0.7克 ，达 0.05 显著水平。本试验的磷钾肥，都是基肥一次施入，从图上看也有某些差异，但经统计分析均未达到显著标准。

施肥与分蘖的关系如图14和15。总的情况是，随施用氮肥量的增加每穴分蘖数多，成穗数也高，而且有效分蘖终期较早，因此增施氮肥可促进早期低位优势分蘖的生长如图14。而施肥方法(次数)对分蘖的影响如图15。

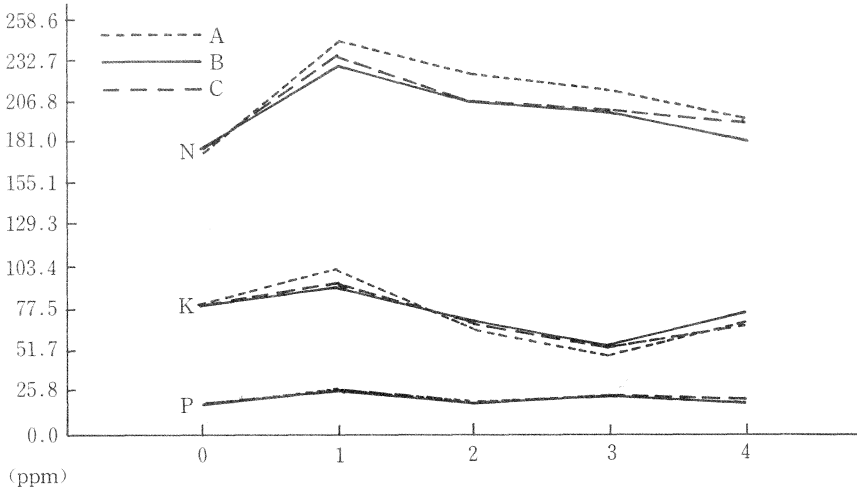


图 13 施肥法与速效营养

(1985 方正)

A. 1次 B. 2次 C. 3次 O. 基础

1. 分蘖期 2. 拔节期 3. 抽穗期 4. 成熟期

基本规律是，集中施肥分蘖快而多，分散(多次)施肥分蘖慢而少。其中，3次施用虽然每穴成穗数也较多，但最高分蘖期后延，使营养生长同生殖生长的重叠时间加长，对幼穗分化形成不利；4次施法，则明显看出分蘖速度慢，有效分蘖终期拖延，意味分蘖素质劣化。

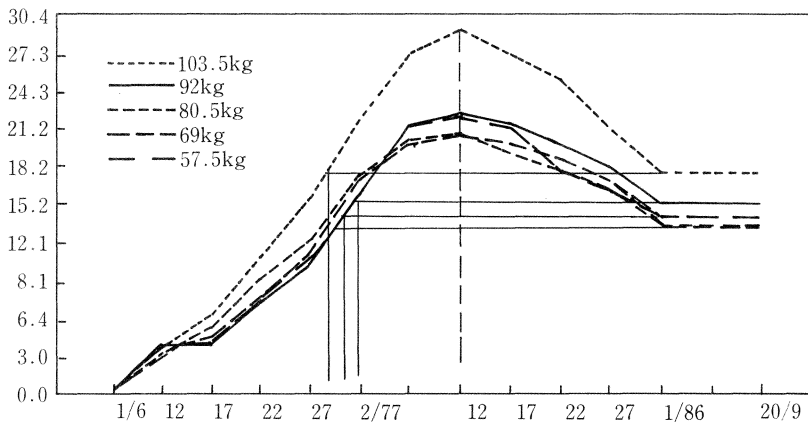


图 14 施肥量与分蘖

(1982 阿城)

综合上述施肥与产量、施肥与土壤速效营养以及施肥与分蘖的关系，不仅看出这三方面间的完全一致性，而且可以认为大陆性高纬度寒地稻作特点，决定了相对增加施肥量，减少施肥次数，是黑龙江省水稻旱育稀植高产施肥技术的基本点。

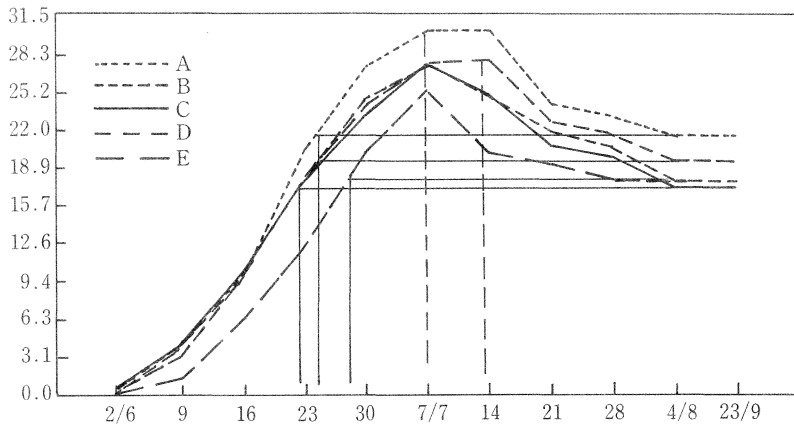


图 15 施肥法与分蘖

(1986 哈尔滨)

- A. 1次(基肥全层) B. 2次(基+穗)
C. 2次(基+蘖) D. 3次(基+蘖+穗)
E. 4次(基+蘖+穗+粒)

(六) 高产模式

综合前述产量构成及其相关、品种的选用、插秧时期的确定、栽植密度的选择，肥料的施用各项分析，并根据1982-1986年旱育稀植水稻的生育进程试验资料统计结果，从黑龙江省自然特点出发，立足于稳产基础上，实现超7.5T/ha高产目标，提出在第二积温带地区(无霜期125天左右， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温2,500-2,700 $^{\circ}\text{C}$)，选用12叶品种，在中上等肥力稻田进行旱育稀植的生育技术高产模式，如图16。其他地区，可参照本模式，按前述各关键技术分析，灵活运用。

模式中氮肥施用量为公顷105公斤，较前述有关试验资料分析的施量偏低，原因是建立在稳产基础上的高产，并充分注意到1982-1986年试验的结实率过低，平均71.10%(64.04-75.58%)。从表1和表2明显看出，结实率与单位面积穗数，特别是同蘖穗数显著负相关，而蘖穗数同施肥量的关系又十分密切如图12。同时根据1982年(5因素2次回归旋转)和1986年(4因素2次回归旋转)试验的结实率同施氮量关系，分别以87.8kg/ha和95.56kg/ha最高，但并非产量最高。所以，本模式将结实率提高到80%，适当减少施肥量，从产量构成看是合理的，从经济效益论也是必要的。从这里看出如何提高旱育稀植的结实率，是今后应该进一步研究的课题。如能执行本模式，公顷产量可达8吨以上。

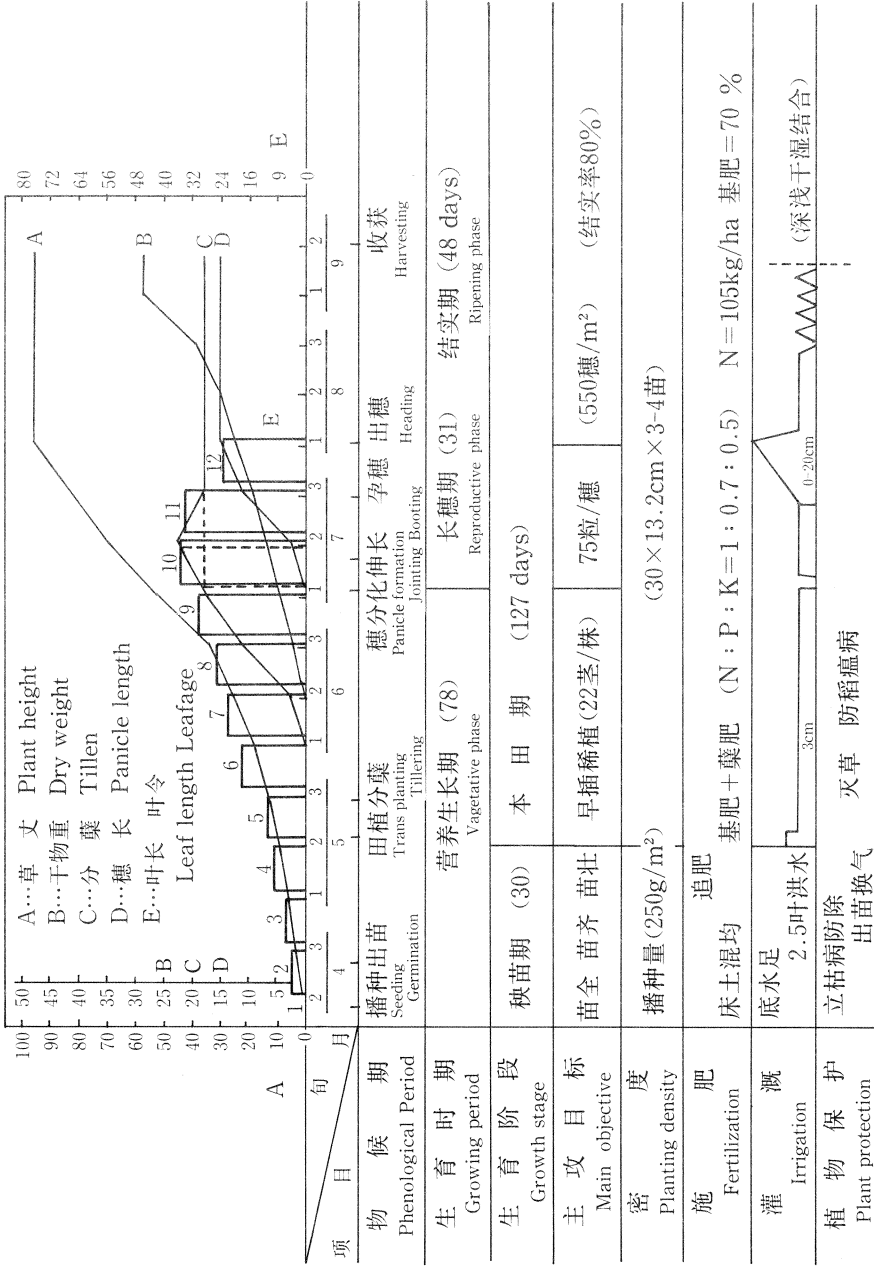


图16 水稻秧苗疏植多收模式
Fig. 16 High-Yield cultivation model of rice
(Upland-Nursery and Low-Density Transplanting Method)

三. 结语

(一)在引进日本稻作技术基础上, 结合黑龙江省实际所进行的试验研究过程中, 初步形成具有适应大陆性高纬度寒地特点的水稻旱育稀植高产栽培综合技术新体系。这一技术体系, 是由以品种为前题、旱育壮秧为基础, 早插稀植为中心、足肥浅灌为主导、防病灭草为保证这五项基本技术关

键组成。

(二)早育稀植水稻高产的实质,在于壮秧早插加长了生育期、增强了抗逆性,最大限度地利用了热量资源(包括可采用较晚熟品种),这不仅克服了高寒地区生育期短和低温障碍,又使日照比较充足、昼夜温差大这一自然优势得以发挥,同时,稀植也适应于水稻具有分蘖的生理特性,从而从特定的自然条件和水稻生物学两个方面扬长避短,使水稻高产潜力充分发挥出来。

(三)早育稀植最突出特点,是依靠分蘖增产。因此,就要在气温稳定于6°C时,进行早育以便当气温上升到13-14°C时实行早插,这不仅加长有效分蘖期保证收获穗数(550穗/m²),而且可提高分蘖的素质,增加每穗的粒数。为保证分蘖的早期迅速发生,就要真正稀植,规格以30×13.2cm的行穴距,每穴插秧苗数,本着早插、高肥要少,晚稻低肥可多的原则掌握,以每穴3-4为宜,最多不超5苗,在如此稀植规格前提下,施肥量,每公顷可施纯氮105公斤,但要同磷钾肥配合,N.P.K比例一般应是1:0.7:0.5;氮肥的施用方法,不宜“少吃多餐”,而要基肥(70%)与追肥(蘖肥占30%)相结合,切忌施用粒肥、穗肥也要慎重,尤其施肥量低于每公顷90公斤时宜进行一次基肥施用。按上述稀植规则,于6月末每穴要达到22个基数,如果达到这一指标就要排水晒田进行控制,防止最高分蘖期茎数过多导致收获穗数超过计划要求而减产。从上述稀植足肥的要求,品种选用上,除注意熟期、高产优质外,必须采用多穗型、抗病耐肥的品种。

(四)为了逐步实现生产计划化、生育指标化、技术标准化、作业规格化,根据1982-1986年试验资料,拟出水稻早育稀植高产模式,供生产参考和检验。

(五)在早育稀植水稻产量构成方面,提高结实率的研究,是今后有待加强的重要课题。

讨 论

西山岩男(热研中心):本报告的稀植每平方米多少株?

答:行距30cm,穴距10cm,每平方米33穴,每穴3苗,合每平方米99苗。

须田秀雄(育苗技术):1)关于健苗的评价方法,2)到现在为止所用的是什么样的苗?

答:1)早苗健苗的标准是:根系发达,8-10条/苗,株高13cm左右,苗风干重2-3克/100苗。

齐藤滋(北农试):报告中曾谈到为了丰产提高结实率是重要的,这是指减少障害不孕粒还是充实不良粒。

答:提高结实率主要是解决秕粒。因为秕粒不实粒中所占比重,而且低温冷害也多属于延迟性冷害类型。