

日本水稻施肥法的发展

上海科学技术情报研究所

日本水稻施肥法的发展

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 2.75 字数: 68,000

1976年10月第1版 1976年10月第1次印刷

印数: 1—30,500

代号: 151634·312 定价: 0.40 元

(限国内发行)

总号	027782
类号	S564.26
种次号	3

毛主席語錄

中国人民有志气,有能力,一定要在不远的将来,赶上和超过世界先进水平。

学习外国的东西，是为了研究和发展中国的东西。

[illegible]

出版说明

水稻施肥法的改进，是本世纪来日本水稻生产发展的重要组成部分。本着伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导，我们编译成这本资料，其内容包括短文五篇。第一篇综述日本水稻施肥法的发展经过，其余四篇摘要介绍几种代表性施肥体系的基本原理和若干具体措施，以与第一篇互相参照。

日本的水稻施肥法对于我国有些是可以借鉴的。但鉴于两国的土壤、气候条件不同，栽培方法也不一样，特别是日本当前仍以栽培单季稻为主，单季稻生长期长，后期往往发生缺肥现象，而我国双季稻占有很大比重，其特点与单季稻有所不同；日本水稻用肥以化肥为主，化肥品种大都用尿素、硫酸铵、氯化铵及复合肥料等品种，而我国以有机肥为基础，化肥则以碳酸铵、氨水等品种占有较大比重；日本的水稻栽插密度较稀，约为我国一般栽插密度的二分之一到三分之一”；因此，涉及某一具体施肥措施能否为我所用，亟须审慎。

我们希望从事水稻栽培的同志遵循伟大领袖毛主席的教导：“学习外国的东西，是为了研究和发展中国的东西”，走我们自己的路，创造出的一套我们自己经济合理的施肥方法。

目 录

日本水稻施肥法的发展·····	(1)
一、日本水稻产量的提高和水稻栽培技术的改进·····	(1)
二、日本水稻施肥法的发展·····	(3)
三、日本各种水稻施肥法的比较·····	(15)
四、日本各种水稻施肥法的评价·····	(16)
五、结束语·····	(23)
“稻产日本第一”的施肥技术·····	(25)
深层追肥的原理·····	(30)
几种栽培措施对深层追肥的效果·····	(34)
V字型理论施肥法增强抗病、抗灾能力的效果·····	(37)

日本水稻施肥法的发展

一、日本水稻产量的提高和水稻栽培技术的改进

日本以稻米为主食。日本的稻米年产量可以第二次世界大战为分水岭，战前几十年间产量涨落在一个较低水平的上下，勉强可以自给。战后则自忍饥受饿至有大量余粮，国家粮食政策则自力求增产至限制产量，变化十分急剧。战后产量增加的主要原因一方面是水稻耕种面积的扩大，另一方面则由于水稻栽培技术的改进。以下仅就日本战前战后的水稻栽培技术的改进作一简单介绍。

1. 战前的栽培技术

明治初年(大约一百年前)日本的水稻栽培技术大致可以分为西南温暖地区和东北寒冷地区两个类型。温暖地区有一小部分种植双季稻，但从全国看来，绝大部分是种单季稻。单季稻和双季早稻笼统地说，是六月插秧，九、十月收割。

当时品种都是旧有的。育秧概用水秧田。整地主要用锄。肥料主要用人粪尿和野草，也少量用些鱼渣、豆饼等。插秧用手，无一定株行距。中耕用耙。病害听其自然，虫害凭农民经验防除。收割用镰刀，脱粒用一种叫做“千齿拔”的土制脱粒机，舂米用土臼。

十九世纪末叶至本世纪二十年代，进行了不少技术改进和普及工作，战前对增产有特殊作用的是化学肥料的增施和水稻品种的改良。此外，土壤改良、农机具和耕作技术的进步也很显著。

战时，农业研究退居于农业指导之次，而且研究重点是被放在节约肥料用量的施肥技术上。

2. 战后的栽培技术

战后对增产最有贡献的栽培技术是壮秧早插技术。近年与明治初年相比，插秧期自六月提早到五月。这主要是由于育秧技术的进步和适于早插的品种育成。1955年日本水稻产量的飞跃增加，就是这些技术以及化学肥料的进步、新农药的出现、“稻产日本第一”的评选(详见后)及其示范作用等多种因素共同促成的综合结果。

自1955年起，农业机械化普及起来。特别值得提出的是“追肥重点”技术(详见后)的出现。这对增产给予了不少有利影响。

为便于叙述，以下将水稻栽培技术，特别是施肥技术的发展概况按寒冷地区和温暖地区分别予以介绍。

(1) 寒冷地区

寒冷地区中的“东北”包括福岛、宫城、岩手、青森、山形、秋田等县，气候寒冷，过去是水稻低产地区，其单位面积产量在全国十个地区中位居第九，仅比北海道略高。自1938年至1946年，主要是在第二次世界大战期间，各地区产量名次发生了变化。东北上升到第六位，但仍居于低产行列。从1950年起，它才开始有较快发展；1955年以后，稳定地超过了其他地区而成为水稻高产地带。

东北地区自低产变高产,首先是靠育秧技术的进步和实行早插。例如青森县自1950年前起逐渐以保温折衷秧田代替了水秧田,又自1955年起奖励使用隧道式塑料薄膜秧田。由于育秧方法有了变化,寒冷地区的插秧期也就逐年提早。青森县在水秧田时期,只有极少的人能在五月插秧,而在1971年,五月插秧的稻田面积占稻田总面积的90%以上。

改善育秧法,实行早插,再加上耐冷、早熟、高产品种的育成,施肥量的增加,结果,青森县水稻抽穗期提早,产量也提高了。可是,另一方面,有效穗百分比降低,糙米产量*停滞在每10公亩**600公斤(约合每市亩800斤)左右的水平上,再也上不去了。为了提高有效穗百分比,青森县在1958年做了多种施肥试验,最后确认深层追肥法增产效果最好。(关于深层追肥法,详见后)

(2) 温暖地区

日本的温暖地区包括九州、四国和本州南部。现以九州的佐贺县为代表叙述如下。

自1926年至1966年的四十一年之中,佐贺的水稻单产在全国各府县中有八年占居首位。其中自1934至1938年,五年之中,佐贺有三年占居第一,其余二年居第二或第三,这一时期的水稻栽培技术水平被称为“佐贺阶段”,以表示该县在这一方面的特殊成就。当时佐贺所育成的水稻品种“神山”,属于多穗型,适于肥沃的土壤,由于多用了硫酸铵等速效肥料而格外发挥了它的特性。

可是最为人称道的是:在1965~1966连续两年内,佐贺的水稻单产又在各县中占居首位,出现了所谓“新佐贺阶段”的水稻栽培。当时佐贺的增产技术主要包括优良品种的普及、密植、施肥法的改善、病虫害的彻底防除、水浆管理的改善等五项。这里仅将施肥法的改善简单介绍如下。

佐贺的水稻施肥法的变动如表1所示。1940年以前,佐贺的施肥法属于“基肥重点”的施肥体系,追肥则参酌水稻生育情况施用相当于基肥的二至三成。从1950年起,改为基肥重点兼施穗肥的方式。从1961年起,伴随着矮秆多穗型品种的出现,又改为追肥重点方式。(基肥重点和追肥重点施肥法以及穗肥,详见下文第二章)。同时,自1955年起,追肥里加入了钾肥;

表1 佐贺平坦地区的水稻施肥标准

(粘土~粘壤土,每10公亩)

	品 种	标准产量 (公斤)	三要素(公斤)			各期氮肥分配率(%)			
			氮	磷酸盐	钾	基 肥	中间追肥	穗 肥	粒 肥
1953 年以前(推算)		420~480	6.6~7.1	3.8~4.5	3.8~6.8	50	30	20	
1959 年以前(推算)		480~540	7.5	3.8~4.5	5.6~7.5	50	30	20	
1960 年		540	8.5	4.5	7	50	30	20	
1961 年		540	8.5	4.5	7	40	30	30	
1964 年	矮 秆 型	600	12	7	11	40	20	40(30)	(10)
1964 年	中 长 秆 型	540	8.5	5	7.5	40	30	30	
1965 年	矮 秆 型	660	14	8	12	35~40	15~20	30~35	15
1965 年	中 长 秆 型	600	11	7	9	35~40	20~25	30~40	(10)

注:穗肥指幼穗形成期施的追肥,粒肥指齐穗期施的追肥。

* 日本水稻田产量以糙米计,不以稻谷计(糙米的出米率一般为80~85%,比我国的所谓九二糙米精白一些)——编者

** 日本稻田单位面积过去以“反”(又可写作“段”)计,每反约合10公亩。自全国度量衡改行公制后,度“反”不用而代之以“10公亩”,实际上是保持旧习惯于不变——编者。

追肥重点施肥除增加施肥量外,还把肥料分作四次分施,磷肥也被用在追肥里。另外,每隔一年,施硅酸钙 150~180 公斤。这样的施肥技术使得佐贺的产量提高很快。

以上已以青森和佐贺两县分别代表日本寒冷地区和温暖地区略述其水稻增产技术。青森县首先是通过壮秧早插、使水稻生育接近于温暖地区的水稻,此外便是采用矮秆耐肥品种,增多施肥量,采取深层追肥以抑制初期生育,减少无用的营养生长,并为提高结实率而努力增加生育后期的营养。佐贺县则全面采用矮秆多穗品种,象寒冷地区那样从事密植栽培(自 1937 年前后的每 3.3 平方米 47 穴渐增至 1967 年的 64~71 穴,每穴 3~4 苗)。另外,改善施肥法,采用追肥重点栽培,增加施肥量。对于氮则减少基肥量而把追肥分作四次施用。水浆管理方面为了减少高温的影响,采用烤田和间歇灌溉法。青森和佐贺尽管由于气象条件不同,其水稻增产技术也必然互有差异,但因水稻生产原理是一样的,所以两者在基本上相通的地方毕竟不少。

二、日本水稻施肥法的发展

肥料是为增加作物的产量而施用的。要使作物增产,必须多施肥料。日本的水稻栽培向以多肥高产为其特征。可是,尽管是在多肥条件下,但自 1961 年至 1965 年,日本稻米产量却徘徊不前,可见为要连续增产,不但要多施肥料,而且要设法使所施肥料能完全为水稻经济合理地吸收利用。如何做到这一点,便是研究施肥法的重大目的。

施肥法的研究和改进是以速效氮肥的施用时期、施用量和施用深度为重点对象,各种施肥法之间的差异主要也就在此。有机肥和磷、钾肥的施用则比较一致。

在本世纪二十年代以前,日本水稻栽培还处于有机肥料时代。根据有机肥料的性质,施肥法以全量施作基肥为主。其后,日本国内化学肥料工业逐渐发达,过磷酸钙、硫酸铵等速效化肥逐渐代替了有机肥而成为肥料的主体,于是施肥法也不得不改变。此中最值得注意的改变是在基肥之外增施追肥。第二次世界大战以前的施肥法曾由表层施肥改变为全层施肥,但所指是基肥,并未涉及追肥。所谓全层施肥加穗肥的速效氮肥施用方式(详见下文),也是以基肥为主,穗肥为辅。第二次世界大战以后的高产栽培技术都把重点放在施肥法上,一方面以增加施肥量为高产的物质基础,另方面则在基肥与追肥之间的相对关系上加强试验研究。例如 V 字形稻产技术、深层追肥法、片仓每反五石(每市亩千斤)生产技术、“新佐贺阶段”的施肥准则等,都在如何减少基肥、增施追肥上各立己说。其实,这些施肥技术尽管花样繁多,在细节上彼此互异,但在重视水稻生育后期的营养、改善成熟过程以取得高产这一点上,彼此都是相同的。所有这些新的施肥体系都可称为追肥重点或后期重点施肥法,它们相继出现之后,立刻受到人们注意,后来连向以培养土壤肥力为第一要义的许多高产农家也都转变看法,改用追肥重点的施肥技术。现将上述几种主要的水稻施肥法简介如下。

1. 全层施肥加穗肥的氮肥分施方式

这一施肥方式早在战前即已有人提倡和实行。自本世纪二十年代后期起,速效性化学肥料逐渐代替了有机肥料之后,原来的全量和表层施用基肥的方法也就不得不随之改变。改变的第一步是把基肥从表层施肥改为全层施肥。随后便是全层施肥加穗肥的施肥方式的出现。

(1) 全层施肥

全层施肥即全耕层施肥,是盐入松三郎等人于四十年代初期以提高硫酸铵利用率为目的,

以水田土壤学理论为基础而倡导的施肥法。众所周知：水田土壤在淹水状态下会发生土层分化，土壤的最表层成为氧化层，而下层成为还原层。氨态氮会在氧化层中变成硝态氮，并且随着灌溉水向下渗漏而流失，或在流到还原层后受还原作用，变成 N_2O 或 N_2 气体而逸散。这两种现象都会使水田脱氮，养分损失。全层施肥法是将氮肥尽可能施到耕土深处，以使氮养分分布在全耕层而不是集中在表层，故能减少脱氮，同时，使得养分在一定时间内逐步与水稻根系接触，使速效性氮肥的肥效可以缓慢发挥，持续较久，而不致发挥过猛，一时形成过剩。

全层施肥的深度大致以 4~6 吋(约 10~15 厘米)为宜，但因施法不同，肥料施在耕层中的深度不一，因而稻米产量也高低不同。日本滋贺县农业试验场曾于 1942 年用硫酸铵为基肥进行试验，以明确基肥的不同施用法对水稻生育和产量的影响，其结果如表 2 所示。

表 2 基肥硫酸铵的施用法对水稻的效果

(滋贺农试, 1942 年)

试 验 区	硫 酸 铵 施 用 法	秆长 (厘米)	穗长 (厘米)	穗数 (根)	稻草重 (公斤)	糙米重 (公斤)	氮吸收 量(克)	氮吸收 率(%)
√(1) 耕翻前施用	耕翻前全面撒布于表层，随即粗耕、碎土、整地	48.9	19.1	16.0	832.5	510.0	945.0	47
√(2) 粗耕后施用	粗耕后撒施，随即碎土整地	86.9	18.8	16.7	855.0	490.5	960.0	48
(3) 碎土后施用，与土混合后随即灌水	碎土后撒施，用耙与土混合后随即灌水耙田	82.6	18.4	13.6	667.5	477.0	817.0	33
(4) 耙田前施用	灌水后施肥，随即粗耙	79.5	18.6	12.9	663.7	402.0	727.5	23
(5) 粗耙后施用	粗耙后施肥，随即细耙，然后插秧	76.6	18.5	11.8	585.0	378.0	693.7	20
(6) 无氮区		71.8	18.7	8.3	408.7	310.5	510.0	

供试品种：滋贺旭 27 号

试验田：种单季稻的高亢田

栽培密度：每坪(3.3 平方米) 60 穴(约合每市亩 12,000 穴)、每穴 2 苗

施肥期：(1)(2)区于 6 月 19 日施肥，(3)(4)(5)区于 6 月 22 日施肥

施肥量：每 10 公亩施硫酸铵 45 公斤、过磷酸钙 (16%) 33.6 公斤、硫酸钾 11.2 公斤 (分别约合每市亩 30、22.4、7.5 公斤)

施肥法：过磷酸钙和硫酸钾在任何试区都于耙田后施用，硫酸铵则按表中施用法一栏所示施用

表 2 中 (1)(2) 两区因施入较深部位的肥料多，糙米产量就较高；(4)(5) 两区的肥料仅能施入土壤表层，所以糙米产量就较低。很显然，这是因为施作基肥的氮肥越多地施在以后会变成氧化层的部位上，肥效就越会下降，而越是施在耕土下层，肥效就越高。

另外，全层施肥时有一点必须特别注意：施肥后应赶快灌水。施好氮肥后，如使稻田长期处于旱地状态，则氨态氮易于受到硝化作用而变成硝态氮。在把氨态氮(有机肥、石灰氮、尿素等都会完全分解而成氨态氮)施在还原层中时，尽管氮的流失和逸散较少而肥效高些，但如等到氨态氮变成了硝态氮之后才灌水，那末，其大部分势必随着水向下渗漏而流失。即使有一部分残余在耕土中，也将受到脱氮作用而逸散。根据滋贺农试 1943 年的另一次试验，施肥与灌水相隔天数越多则产量越低。施肥 5 天后灌水，每 10 公亩产糙米 411 公斤，较无氮区增产 99 公斤；施肥后 10 天灌水，产量为 388.5 公斤，增产 76.5 公斤；施肥后 15 天灌水，产量为 363.0 公斤，增产 51 公斤；施肥后 20 天灌水，则产量仅为 349.5 公斤，增产 37.5 公斤。该次试验未设施肥后当天灌水区，数据不够完备，但已足以证明施肥后灌水越迟则产量越低的趋势。

把基肥改为全层施肥，依然不能完全解决氮肥全量用作基肥时所易引起的肥效损失和过剩问题，尤其在为获得高产而多施氮肥时，过剩特别会引起问题。过剩的害处主要不是来自刚插秧后的过剩，而是自抽穗前 45 天起至幼穗形成期止这段时间内的氮肥肥效过大，引起粒数

过多以及后来的成熟不良和倒伏等。总之，特别是单季稻，由于生长期较长，要把氮肥作为基肥一次施足，而又要保证在水稻整个生育期间的任何阶段都能适度地供给养分需要，这样的设想在速效性化肥日渐普及的情况下是比较难以实现的。于是产生了全层施肥加穗肥的氮肥施用方式。

(2) 全层施肥加穗肥

穗肥是追肥的一种。简单地说：将基肥减少一部分而将这部分留待幼穗形成期追肥，这便是穗肥。

在日本，穗肥原来是老农田中庄助根据实践创始的，其后由木村次郎、千叶春雄等人于三、四十年代之间随着部分生产效率概念的发展，用水培法获得营养生理上的实证，为它找到了理论根据。当时正值第二次世界大战，日本稻米产量和肥料来源都正感短缺，如何在节约肥料的条件下做到粮食增产，成为当务之急，于是不久之后就产生了全层施肥加穗肥这种速效性氮肥施用方式。

穗肥的使用牵涉到水稻所需氮肥究竟应该作为基肥一次施足还是应该分次施用这一根本性问题。这一问题在日本曾经引起很多争论，目前则已几乎一致认为分施比较有利，其理由大致如下。

从水稻生理和水田土壤化学来看，生育初期不可缺磷，所以基肥内必须加入若干磷肥。至于磷肥和钾肥是否应当全量施作基肥或应分施，由于这在肥效上不致引起很大差异，所以是不成问题的。可是氮肥却不然。它在土壤中的损失最大，又因施肥时期不同，肥效的发挥方式也不一样。此外，氮的最适施用量究竟该多少，会在很大程度上受到气候的支配。由于这些原因，如把氮的全部需要量一次施在基肥内，以后就会引起种种矛盾和危害。不如留下一部分，待以后根据稻的生育情况和天气的变化于必要时追施。

另外，硫酸铵等氮肥属于速效性化学肥料，把它施作基肥时，尽管主观上想控制用量，以使肥效只持续到抽穗期为止，以免初期生育过盛，但一不留意，基肥量就会太多，以致茎叶过分繁茂，通风透光都受影响，稻的生育陷于不健全。相反，如果基肥量控制得恰使初期生育保持适度，则到了伸长期又易招致缺肥。为了避免这些弊害，也以分施为宜。

根据多年来的实验，水稻一生中吸肥力最高的时期是分蘖盛期和幼穗形成期，对水稻供给氮养分也以这两个时期为最要紧。然而，基肥和分蘖期中的早期追肥都是以增加分蘖为目的，两者基本上性质相同。幼穗形成期以后的追肥（穗肥）则不同。它与分蘖的增加无关，而对增加穗重（或防止穗重减轻）则效果显著。从而，基肥和早期追肥的施用量以能确保必要的分蘖数为适度，而穗肥的施用量则须使稻自幼穗形成期至抽穗期能够完全吸收利用，才算适度。基肥和穗肥的用量如能分配得宜，结合无间，则在水稻的整个生育期间，氮的供给可保及时而适度，不会过剩或缺乏。全层施肥加穗肥的施肥方法便是以能做到这一点为其基本目的的。

关于穗肥的施用时期和施用量，日本的农业科学工作者从一开始就已作过许多试验，现分别介绍其一二如下。

① 穗肥的施用时期

根据滋贺农试于1937、1938两年用熟期不同的水稻所作的试验，早熟和中熟稻的穗肥适期应在8月5日前后，晚熟稻应在8月10日左右。如自抽穗期向前推算，早熟稻应在抽穗前23~24天，中熟稻应在抽穗前25~26天，晚熟稻应在抽穗前28~29天。根据幼穗生长的调查，这些时期都相当于幼穗形成期。一般情况下，可以认为抽穗前25天是穗肥的适期。山

崎、三井等人的试验都证明了这一点。

断定什么时候是幼穗形成期，是很难的。但据五岛善秋说：根据下列事实推断，可以大致不差。

A. 从平年的抽穗期推前约 25 天即可。另外，从插秧期起到抽穗期止，在经过了这段时间的 $\frac{2}{3}$ 的时候，也大致相当于幼穗形成期。

B. 看看稻，当稻秆长到带圆形（即所谓“圆秆”）的时候，也就是了。

C. 拔取一根发育中等的稻株，把叶片一张一张地小心剥掉，如果看出主秆上的幼穗伸出了 6~7 毫米左右，也可认为这已进入穗肥的适期。

另据松尾大五郎说：穗肥的效果在于（1）减少无效分蘖，（2）增加每穗粒数，（3）减少空秕粒并使成熟粒格外良好。抽穗前 25~30 天施穗肥，三点效果都能获得；抽穗前 15~20 天施穗肥，可以做到（2）（3）两点；在这以后施用，则仅能做到第三点。五岛等的调查结果与此相同。

早在抽穗前 30~35 天就施穗肥，无效蘖会增多，而且最易引起稻瘟病。

② 穗肥的施用量

松尾曾于 1937 年在滋贺县做过试验，用“滋贺旭 27 号”品种于 6 月 20 日插秧。基肥每 10 公亩用堆肥 1,500 公斤、大豆饼 30 公斤、过磷酸钙 8 公斤。到了 8 月 29 日，用硫酸铵施穗肥，施用量为 2, 4, 6, 8, 10, 12 公斤。结果：每增施硫酸铵 2 公斤，糙米产量都有所增加，而自 2 公斤增施至 4 公斤时增加得最多，增至 6 公斤以上，则增产效果迅速降低。所以穗肥的施用量应以每 10 公亩用硫酸铵 6 公斤（约合每市亩 8 斤）为安全、经济。

后来五岛等在向农家作技术指导时规定：每 10 公亩穗肥施用量不得超过硫酸铵 6~8 公斤（纯氮 1.2~1.6 公斤）。一般则以硫酸铵 7.5 公斤（纯氮 1.5 公斤）为标准。

（3）最近的发展

以上所述是基肥加穗肥这一速效氮肥施肥方式于战前和战时在理论和实践上的进展。

从战前直到今天，人们通过水稻营养生理的研究，对于养分的供给时期和稻体的形成已经获得较详确的知识；关于穗肥的施用时期和施用量的研究，也有了新的发展。

过去，山崎、三井等人的研究都认为穗肥的施用时期总以抽穗前 25 天为标准，可是最近几年，松岛等人详细研究了氮对不同叶位的叶片和叶鞘的生长所发生的影响，认为抽穗前 20 天以后施用穗肥效果更大。这是因为松岛等从稻的长相出发，认为包括剑叶在内的上位叶片必须长得短才好。以前山崎、三井等人何以没有注意到这一点呢？据村山登推测：当开始施用穗肥的时代，稻的茎叶一般并不繁茂，扩大剑叶叶面积，对以后同化量的扩大具有积极意义，所以，抽穗前 25 天施穗肥比较好些。反之，近年来水稻栽培是在多肥密植条件下进行的，上位叶叶面积的扩大有害而无益，所以，抽穗前 20 天以后的穗肥比较安全，然而，最近又由于避免繁茂、逐渐减少基肥量的缘故，反出现了稀植而茎叶稀疏的稻，于是抽穗前 25 天施肥又显得比较有利。

在盛行晚期穗肥的时代，甚至有人认为穗肥的施用期可以迟至抽穗前 17 天或更迟些。至使穗肥已经成为可以根据幼穗形成期的生育状况，从抽穗前 25 天起直至抽穗时止，在这段较长期间内随时都可施用。

根据营养生理的研究结果，施肥早迟不同，其作用和效果也不一样。穗肥施得早（按照抽穗前 25 天的标准），可以避免基部节间的伸长，有效地保证粒数，并对上位叶叶面积的扩大有很大的促进作用。穗肥施得迟（按照抽穗前 17 天的标准），可以避免上位叶的伸长，仍能确

保粒数，但如迟至抽穗前7天以后，那就对形成怎样的长相只有极少的影响。作为施肥技术，应该根据施用穗肥以前的生育状态决定早迟。不过，如果认为基肥的作用以持续到幼穗形成期为止的话，则至少最初一次的穗肥原则上应该早施。早施下去的穗肥在确保粒数这一点上比迟施更为有效。

过去的穗肥施用量总以每10公亩施氮1.5公斤为标准。由于当时是以穗肥作为基肥的辅助，又因肥料供给不足，而且一般品种的耐肥性差，多施穗肥的效果很不稳定，所以用量只能如此。现在，肥料供给问题已经解决，经过改良的水稻高产品种耐肥性好，既可以避免多施穗肥所能引起的稻株长相变坏，又能十分有效地保持粒数，所以穗肥的用量逐渐增多，近年已经增多到每10公亩施氮6公斤。为了避免穗肥施得早又施得多的危害，有时按3:1的比率在抽穗前25天和在齐穗期分两次施用。即使如此，在抽穗前25天也要施到4.5公斤，比以前多得多了。

基肥量对穗肥量的比例最初为8:2或7:3，后来则渐把穗肥量增加。例如：斋藤文次在西南温暖地区曾把追肥分作穗肥和粒肥（即在齐穗期施用的追肥）两次施用，而把基肥与这两次追肥的比例定为6-2-2或4-2-4，穗肥比重增大，因而得到更大的效果。青森的山下镜一等也通过实验证明了基肥占1/3、穗肥占2/3很有效，并以此为后来的深层追肥法奠定了基础。再则，一般都认为：在肥沃土壤上施穗肥，其效果少，可是长野农试在该试验场的高产土壤上进行试验，并把基肥对穗肥的比例自3:2改为5:5，其结果还是好的。把重点移到穗肥，就必然要把基肥减少，也就是使得无效分蘖期的氮肥肥效减退，这对抑制基部节间的徒长和防止倒伏是有好处的。而且无效分蘖期的脱力倾向及其后的氮肥施用对有效穗百分比的提高都是有益的。

总之，穗肥到了现在已经成为一种可在较长期间内大量施用的追肥。它以施肥时间限制的放宽和施用量的增大为特征，已不同于初期的穗肥了。

2. 片仓式施肥法

日本东北地区山形县老农片仓权次郎根据其多年的实际经验，总结出一套独特的水稻栽培技术，并且写成一本书，题名《谁都能每反产米五石》*，1966年出版。他在这本书中写道：

“在考虑到产量的时候，我首先反对增加穗数和粒数就能提高产量的想法，而认为提高实粒率和增大千粒重才是提高产量的途径。想要每反收获糙米6石（约合每市亩糙米1,200斤）以上时固不必说，即连想要收获5、6石左右时，只知增加穗数和粒数也会反而减产而决不会获得稳定的高产。”

根据这样的观点，片仓把最大努力倾注于增加实粒数。他设法抑制水稻前半生的生长，而自后半生起就一个劲儿地提高实粒率。这种做法与过去的水稻栽培大不相同。如图1所示，他把水稻的一生分作三个时期，这种分法也与众不同。

第一时期是截至抽穗前40天止的大约一个月。在这一时期届满前，要保证分蘖数达到预定蘖数的七成。一般人看来，这样的稻生育很差，不够繁茂，但片仓则决不需要比这更多的分蘖。

第二时期是自抽穗前40天至抽穗前20天，计20天。这一时期被认为是淀粉积蓄时期，田间管理须使稻体生长暂时停顿而着重于淀粉的积蓄。抽穗前30天是这一时期的最当中的一天，片仓认为，根据这一天的稻的长相即可断定产量多少。他说：“如果预定蘖数都已长

* “石”是日本惯用的容积单位（约合0.18立方米），糙米1石如以重量计，约为150公斤。每反产糙米5石约合每市亩产糙米1,000斤。

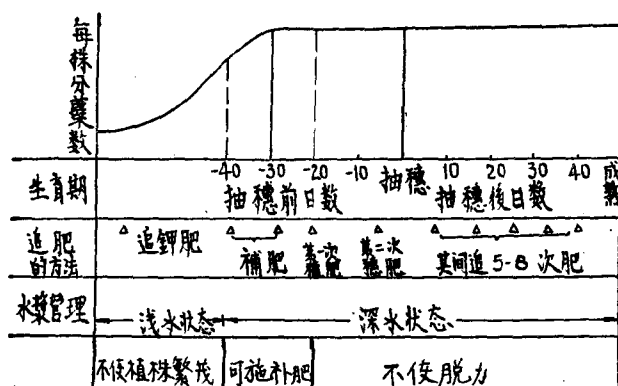


图1 片仓式水稻栽培的概观

出,此外没有无用的分蘖,而淀粉积蓄量也多,这样的稻十之八、九是成功的。为了栽培成这样的稻,片仓所依靠的技术则同许多其他人一样,包括施肥、水浆管理和育苗三者的互相结合。

第三时期自抽穗前20天起,到收割止,一过抽穗前20天,就得积极追肥,使叶色变得绿油油的,促使同化作用加强,熟色好。而且要使下位叶直到收割时一直不枯萎。

上面说过:片仓的栽培技术主要包括施肥、水浆管理和育苗三者,这里单就施肥介绍如下:

(1) 基肥

片仓的水稻依靠基肥供给养分的时期自施肥日起至抽穗前20天止,每10公亩用作基肥的氮少则3.75公斤,多则5公斤(约合每市亩5.0~6.6斤)就足够了。并须看土壤肥力的高低来决定施肥法和肥料的种类。总之,肥料施下去后,要使肥效均匀而缓慢发挥,恰至抽穗前20天为止。基肥的目的不在于促进分蘖,而要使茎蘖徐徐生长。在气温高的平坦地区,除减少氮肥用量外,还要把肥料于翻土前撒在田里,随着翻土施入田土下层,以控制氮的肥效,不使稻株疯长,这一点非常重要。至于在地温、水温都低的山区,稻的生育会自然受到抑制,施肥位置无论是表层或全层都是可以的。

磷肥要施足,在要求每反产米五石(每市亩产米1,000斤)时,包括堆厩肥所含磷素在内,磷酸盐要施到19公斤,单施化肥要施到11~13公斤以上。

钾要以7.5公斤左右施作基肥,追肥须在插秧后15~20天用氯化钾施到3.75~5.6公斤。气候不良时,要每隔7~10天施一次。

(2) 补肥

补肥是指抽穗前20天以前所施辅助性质的追肥。尽管施基肥时想要把肥效保持到抽穗前20天,但因土壤质地关系或当年气候关系,可能保持不到这么久,这就需要在之前施加补肥,接一把力,所以补肥又叫做“接力肥”。补肥须严格遵守以下三点:(1)补肥原属辅助性质,决不可施得太多;(2)在断定要脱力时才能施用,判断不可错误;(3)三要素必须配合使用,而氮的用量只能在每10公亩0.6公斤以下。

判断是否脱力,是不容易的。正常的稻,叶色稍淡,叶鞘则色深。脱力一开始,首先出现颜色不匀。从叶尖起,颜色减褪,逐渐减褪到下方。再进一步,减褪到叶鞘部分,并会继续向下方扩展。等到叶鞘全部都变黄,那就是完全脱力了,决不能等到这一地步,而当叶鞘开始变黄时就得赶紧追肥。追肥量,无论氮、磷、钾,每10公亩皆应在0.6公斤以下,只求其能将肥效确实

保持到抽穗前 20 天。追了肥, 叶色还不转青, 就得隔五、七天再施一次追肥。原则上补肥施一次就行了。倘使每年都非施两次不可, 那只能说明其施肥技术还不够好。

(3) 穗肥

一到抽穗前 20 天, 就得开始认真地追肥了。第一次穗肥就在抽穗前 20 天施下去, 目的在于防止谷粒退化。氮素施 1.5~1.9 公斤, 钾照此加倍。施过第一次穗肥之后, 到了抽穗前 10~5 天的孕穗期, 叶色就变淡, 这是正常状况, 就该在即将抽穗前施加第二次穗肥, 这次只施氮, 施加量为 1~1.5 公斤。倘使孕穗期叶色不变淡, 说明氮素稍多, 第二次穗肥即可不施。

(4) 抽穗后的追肥

为了施好抽穗后的几次追肥, 必须牢牢记住孕穗期的叶色。为什么呢? 因为抽穗后每次追肥, 都得以孕穗期叶色为标准, 叶色一比孕穗期叶色淡, 就必须马上追肥。

自抽穗至收割, 这段时间短则 45 天, 长则 60 天, 这些天内, 只要枝梗颜色还带青, 就能追肥。最后一次追肥可迟至收割前 10 天。所以抽穗后少则可以追肥三次, 多则可至六、七次, 视气候和稻的生育状况而定, 大致以每隔一星期追肥一次为标准。施肥量为每次 1 公斤。

每次判断是否需要追肥, 概凭叶色。刚抽穗后, 叶色相当绿, 从此日渐变淡, 等淡到与孕穗期叶色差不多时, 就得追肥。追肥后第三天起, 叶色转绿, 以后又变淡, 又得追肥。普通年分里, 每一星期有一次这样的变化。天气不好的年分里, 变化周期可能延长到 10 天以上。

抽穗后的追肥一被稻根吸收, 就通过同化作用而变成淀粉积蓄起来, 并于以后转移, 所以抽穗期残余下的活叶至少得有三、四张, 否则效果差。

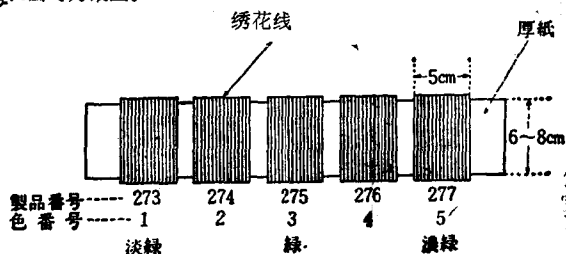
为了减少下位叶的枯萎, 须使抽穗前 30 天左右的稻长得坚实有力。此时的稻倘使含氮过多, 则到了抽穗期, 从上数起第四至第六张叶会长得软弱, 下位叶容易枯死。

综上所述, 可见片仓式的各期追肥的迟早、轻重概凭叶色浓淡判断(下文要说的 V 字形理论稻栽培法和深层追肥法也有与之相似的地方)。据说片仓是日本看叶色的名家, 单凭一双眼睛就能判断无误。可惜这样的名家并不多, 而科学的表达叶色的方法又从未有过, 日本直至近年才有了以比色计、色差计等测定叶的透光率、叶绿粒浓度等等的方法。而且这些方法不是手续麻烦, 便是仪器价贵, 不适于一般农家使用。松岛省三经过一番研究后, 利用绿色系统的绣花线做成一种标准色板*, 以供水稻群体比色之用, 据说简便而价廉, 有利于上述施肥法的推广。

3. V 字形理论的施肥法

有关水稻栽培的 V 字形理论是日本农林省农业技术研究所的松岛省三等入于六十年代

* 标准色板的制法如下图所示, 用日本奥林巴斯公司所制绿色绣花线在白色厚纸板上绕成浓淡不同的几块, 每块宽 5 厘米, 各块相距约 3 厘米。纸板的一端固定在支柱上。同时, 把标准色板插立田中, 调节支柱高低, 使与稻的最上叶相等。然后离开标准色板约 6~7 米, 背着阳光将稻的叶色与标准色板比较, 求出其浓淡最相接近的一种绿色。比色以在最上叶片已停止伸长而新叶还未开始长出时为最宜。



初期经过试验研究而倡导的。由于被当时的水稻产量水平框住了,许多人认为:每反稻田产糙米 600 公斤(约合每市亩产糙米 800 斤)是办得到的,再多就难了。而松岛等则想方设法要把每反产量提高到 900 公斤(约合每市亩 1,200 斤)。他们自 1957 年起,连续三年,用水培法试验。

在预备试验中首先遇到的困难问题是:总粒数足够每 10 公亩产糙米 1,000 公斤左右,但因结实率只有 41%,以致产量只有 420 公斤。因此他们认识到:为了大幅度增产,不但要有足够的粒数,还得不使结实率降低。于是就把解决这一问题作为努力方向。

一般地讲:生产糙米 100 公斤所需要的养分是氮和钾各 2~2.5 公斤、磷 1 公斤。要生产 900 公斤的话,就得使水稻吸收九倍于此的养分。分析收割到 900 公斤以上的水稻,其结果大致相同,即:每 100 公斤糙米,至少要吸收氮 2.5 公斤。然而,磷和钾纵然多施也不碍事,氮则哪怕略微过量,也会造成氮营养过多,以致结实率降低,产量减少。

为了弄清这一问题,松岛等在水稻的整个生育时间内,自插秧当天起,每隔 5 天按每公亩 7.5 公斤的比例施硫酸铵一次(合每公亩施氮成分 1.5 公斤,即每市亩 20 斤),其结果如图 2 所示,在以抽穗前 32~33 天为中心的一段时间内,如氮肥发挥肥效,则结实率降低,产量减少。如以图中的第 7 试验区、即在抽穗前 32~33 天追肥的一区为最低点,则其前后都在迅速上升,所成曲线恰成 V 字形。为什么会这样呢?松岛在详细研究后得出这样的结论:

“使结实率降到最低的最主要的因素是:最上位两张叶片过度伸长以致贮藏的淀粉量少;粒数过多;易于倒伏等等。这里值得特别注意的是:稻株的长相变坏,以致结实率降低。

松岛认为:最理想的稻的长相应该是这样:

① 具有足够的粒数,但决不可太多,太多定将失败。

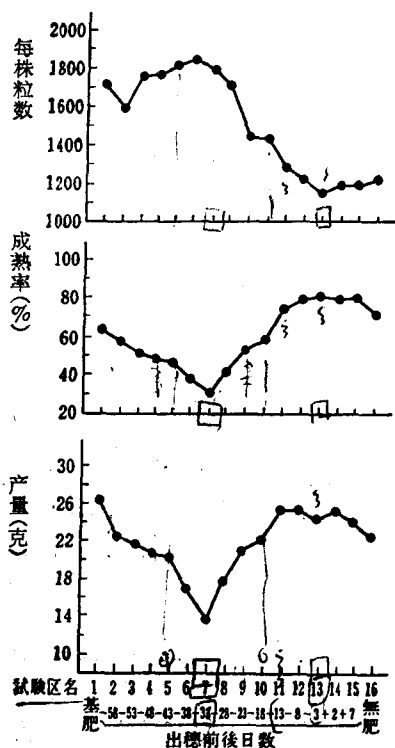
② 穗数多,穗短,茎秆短。

③ 上位三张叶片短、厚而直立。为使群体内部的叶子充分照到日光,这三张叶子必须短而直立。

④ 抽穗后叶色不变淡。为了提高抽穗后单位叶面积的同化率,除增进根系健壮程度和提高氮浓度外,没有其他途径。

⑤ 每一根茎的活叶数多。

为使稻的长相能如理想,必须有调节长相的方法。松岛为此进行了许多试验。结果证明:为使任何一张叶片长得短,须自这张叶片刚要向外露出叶尖之前起抑制氮的吸收;相反,为使一张叶片伸长,须在它之前的一张叶片开始向外露出时,追施氮肥。这样,为使稻的最上位三张叶片长得短,就必须适当调节追肥时期。为了调节而必须控制氮的供给的最要紧时期,如以叶龄指数表达,是从 77 到 90 左右,如以抽穗前天数表达,是从抽穗前 35 天到 22 天,如根据穗



追肥时期(抽穗前后天数)
图 2 各生育时期施氮的影响

的发育情况说,是从穗颈分化始期或从刚开始分化前起到颖花分化中期止的这段时期。

为使上位三叶长得短,应该按照上述时期限制氮的吸收。但实际上的高产栽培的稻是从体内吸收大量氮的,所以对它要比普通的稻提早限制氮肥。如再考虑到倒伏的危险,至少要自抽穗前45天(叶龄指数68)起限制氮肥,并须继续限制到抽穗前18天(叶龄指数92)。

以上是V字形理论的一个极其简括的概述,而其最后的归结则在于如何通过氮的追肥来促进或控制稻的生长。用松岛自己的话说:

“栽培理想稻的关键是:初期要多施氮肥以促进分蘖。确保必要的穗数;从抽穗前43天起要中止供氮或把供氮量压缩到极少;从抽穗前18天起则又增加供氮量,即使到抽穗后也可继续供氮。”

依据V字形理论的施肥法实际上是把重点放在追肥上的一种方法。松岛参酌水稻的发育阶段,把追肥分为以下四个时期:

① 本田初期的追肥 基肥的一半以上及本田初期所施追肥(例如补肥),都是促使穗数增加的肥料。在本田初期促使分蘖增加,对增产能起很大的作用。这种追肥应在返青后较短时间内施加。由于最高分蘖期之前15天左右一般正是有效分蘖终止期,所以这一时期的追肥最迟应在最高分蘖期之前25天施下去。

② 穗颈分化期的追肥 土壤肥力低的地方(如遇严重脱力),或当每单位面积的粒数显然很少,穗颈分化期(叶龄指数76,抽穗前32天)就必须追肥。这时的追肥会显著增加每株粒数而降低结实率,所以,除非每株粒数十分不够,不宜施加。

③ 减数分裂期的追肥 当粒数退化、每穗粒数减少时,或者要使颖壳增大、千粒重加重时,减数分裂期决不可缺肥。为此,在土壤肥力低的地方,或在由于缺肥而退化枝梗多的水田里,必须在减数分裂期即将来到之前(叶龄指数93,抽穗前18天)追施氮肥,以使肥效自减数分裂开始期起出现,这一点非常重要。

过去把在抽穗前25天即颖花分化中期施加的穗肥当作上述穗颈分化期追肥和减数分裂期追肥的合并施用,松岛则认为主要只有后者是起作用的。

④ 齐穗期的追肥(粒肥) 为使结实率高,必须注意不使成熟期有缺氮现象。抽穗期追施氮肥,可以提高叶片中的氮浓度,增强其同化能力,大大改善成熟过程。但在抽穗后追施氮肥,就不一定有效。仅在以下几个条件下是有效的。

成熟率低,碎米多;

抽穗期叶色不是深绿色的;

抽穗后从土壤得到的氮供给量少。

松岛对于追肥阐明了这许多,而对基肥则持如下的见解:

“如仅以增加穗数为目的,多施基肥是有利的。但是,多施基肥,增加穗数,则无效分蘖多,分蘖软弱,根系发育不良,容易养成极不健壮的稻。而且在不少的情况下,穗数以外的产量构成因素(每穗粒数、成熟率、千粒重)反而减少。”

他又说:

“施作基肥的氮肥少,则根系发育良好,稻的发育健壮。也只有在施作基肥的氮肥少的条件下,穗肥和齐穗期追肥(粒肥)才能安全施用,而又能够节约肥料。”

综上所述、依据V字形理论的施肥法要求氮肥发挥效力的时期只有前期(抽穗前43天以前)和后期(抽穗前20天以后),至于中期,则应尽量不使稻吸收氮。这里最大的问题是:对于

氮,究竟应该采取怎样的施用方法才能使氮肥在本田初期出现强大的肥效而从抽穗前43天起肥效就消失了。换言之,问题在于基肥的量和施用法以及中期使氮中断的方法。

决定施肥量的方法不止一种。日本最常用的方法大致如下。生产糙米100公斤所需的成分量,三要素大致都是2~2.5公斤。倘使每10公亩要生产糙米600公斤(每市亩生产糙米800斤),三要素就都得施用12~15公斤(每市亩施用16~20斤)。如用堆厩肥,其所含氮素的吸收率约为硫酸铵的一半,所含磷和钾的吸收率则与化肥相等,皆可照此计算并相应地减少化肥的用量。

决定了施肥总量之后,将其中的氮肥六成施在前期,四成施在后期。六成之中的三、四成施作基肥,二、三成施作本田初期追肥。施在后期的四成分作穗肥(抽穗前20~18天)和粒肥(齐穗期)两次施用。具体些说,如果每10公亩的总施氮量是15公斤,则前期施氮量为9公斤,其中基肥占4.5~6公斤,本田初期追肥占3~4.5公斤。其余6公斤施作后期追肥。

V字形理论施肥法必须使最初的分蘖繁盛而将中期生育抑制,所以对于前期施肥不但要注意施肥量,还要注意施肥方法。在中期氮肥效不易降低的地区,不但要减少基肥量,还得把过去的全层施肥改为表层施肥。也就是,原来应在第一次或第二次翻土前施的肥料,改在最后一次耙田前或插秧前撒施。

氮肥的施用大致如上,磷肥、硅酸盐、微量元素等原则上应作基肥施用,钾肥则应将六成施作基肥,其余施作追肥。

4. 深层追肥法

深层追肥法是由位于东北寒冷地区的青森县试验成功的。1958年开始试验,1960年列为被奖励的方法,1960~1965年推广实行。

日本东北地区本来是稻米低产地区,通过育秧法的改善,做到壮秧早插,才由低产变为高产。但是,壮秧早插越是推向前进,有效穗百分比和谷草比就越显出降低的趋势。为了提高有

效穗百分比,青森县农业试验场曾自1958年起做了许多试验,或者毅然减少基肥而进行表层追肥,或者深层施加基肥以抑制初期生长,或者改变栽插方式。同时也试验了深层追肥。在许多试验当中,最引人注意的是关于深层追肥的试验。

在深层追肥试验中,初期生长非常差的稻居然能被栽培成非常优秀的稻。在把氮的基肥用量与深层追肥用量之间的比例作了种种改变以观察稻草重量和糙米重量在不同比例下的变化时,看到:基肥量越多的试验区所收割的稻草越重,糙米越轻。这种情况与表层追肥时的一般情况是相反的,与寒冷地区不可追肥的一种通常看法也是相反的。但经反复多次试验,都是深层追肥量越多,越能高产稳产。正如图3所示,深层追肥的结果总比全量基肥好,而且,深层追肥量越比基肥量多,则所收获的稻草越轻,糙米越重,有效穗百分比越高,糙米千粒重越大。根据试验,每10公亩施基肥3.3公斤,深层追肥6.7

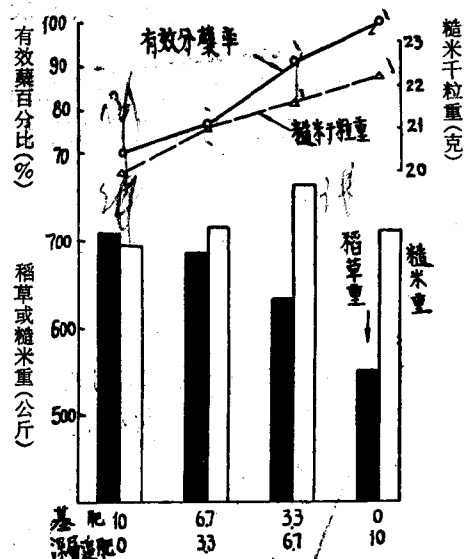


图3 基肥与深层追肥的分配比例对产量的影响(1959年、青森农试)

(注)品种是藤坂五号