

陳永康的水稻高产措施和理論的初步總結

陳家坊 程雲生 劉藏宇

(中國科學院土壤研究所)

全國勞動模範陳永康同志，種植水稻三十餘年，在繼承千百年來農民經驗的基礎上，反復實踐和鑽研，於1958年提出晚稻栽培的“三黑三黃”的成套技術。顯然，這套技術有其廣泛的羣眾基礎和悠久的歷史根源，深入地總結他的系統措施，闡明理論根據，並加以推廣，是迅速提高水稻總產量 and 發展我國生物科學的一個重要途徑。為此，中國科學院決定以陳永康經驗為中心，總結水稻高产的技術和理論。同時，並與江蘇省科委共同領導下，組織了農業科學院江蘇分院以及中國科學院土壤研究所和植物生理研究所等有關單位的大協作，在陳永康同志親自指導下，採取以豐產田為主，結合大田、對比田、溫室和室內研究的工作方法，虛心向陳永康同志學習，很好地總結他的經驗。

1960年培育的晚稻豐產田都位於南京丘陵地區的沖田上，土壤是在下蜀系黃土性物質上發育的水旱輪作的水稻土，包括“馬干土”、“青泥土”和“小粉土”，“青泥土”位於沖田上較低的部位，地下水位較高，有機質在2.0—2.5%之間，全氮量0.13%左右，淹水情況下常較軟爛；“小粉土”分布於沖田上部，地形排水和剖面排水情況都較良好，有機質及全氮含量也較低，分別在1.5%與0.11%左右，淹水情況下常較板實，向來被視為比較瘠瘦的土壤；“馬干土”分布在低緩丘陵地區大沖上，其一般性狀介乎“青泥土”和“小粉土”之間，分“黑馬干”和“黃馬干”兩個變種，前者有機質及全氮量均較後者為高。

在陳永康同志指導下，我所江寧試驗場種了晚稻豐產田6.83畝，獲得平均單產1,019斤/畝，其中在“青泥土”上的兩塊，面積分別為2.57(江1)和2.45畝(江2)，畝產各為1,060和1,050斤，在1.08畝(江3)向為低產的“小粉土”上，單產940斤；而白田下種、巧施追肥的“小粉土”上，也獲得畝產888斤。中國農業科學院江蘇分院孝陵衛的豐產田，則由陳永康同志親自掌握，在“馬干土”上種了晚稻豐產田13.5畝，畝產千斤，其中有2.41畝達到1,152斤，有0.5畝達1,256斤，平均畝產1,042斤。

這些豐產田的土質不同，措施各異，異途同歸，均達高产。這就說明了對陳永康的經驗總結，不但是初步闡明了單產千斤的關鍵措施和理論，而且對廣大地區的水稻普遍增產，也具有現實性的意義。

高产的實踐，給科學研究創造了有利條件。一年來通過與陳永康的共同研究和總結，初步明確了水稻千斤高产的系統措施，是要辯證地貫徹農業增產“八字憲法”，主要採取土、肥、水等技術措施，根據水稻高产形成過程的階段性和連續性，攻下株壯穗足、稈壯穗大和粒多粒重三大關。

(一) 培育壯秧，促進返青早發，控制分蘗，保證稈壯穗大，是水稻高产的第一關 為了突破這一關，必須培育壯秧，插好秧苗；還要看土整地、看土看肥施用基肥，為稻苗生長和便於調節土壤肥

力因素打下良好基础,同时还应看苗看土进行追肥、水浆管理与耘耩。此时追肥原则,是看秧苗返青的迟早和快慢以及叶色的浅深,决定分蘖肥的早施多施或迟施少施,以控制分蘖,使每亩壮株达25万左右。因而,如表1所示,“F”小区不因基肥较少而有效分蘖低,“P”小区则不因基肥较多而分蘖过旺,最后都达到了25万多穗;“晚17”因施分蘖肥而促进分蘖,“晚19”则不施而稳定其分蘖速度,最后,也都达到了22万穗左右。用水原则是:不可断水,浅水蔸秧,深水(1—2寸)活棵,浅水(寸许)发棵,苗过旺结合耘耩。耘耩也是这一阶段中促使株壮穗足的一个措施,主要作用是除去杂草、疏松土壤、活化与耩匀养分。

表1 看苗施分蘖肥以控制有效分蘖
(密度:4×5寸;品种:老来青)

田号	地点	土壤	基肥 (担/亩)	栽插期 (日/月)	分蘖前苗情			分蘖肥			最高分 蘖率	有效分 蘖率	穗数 (万/亩)
					返青	叶色	分蘖始期	时 期	种 类	数 量 (每亩)			
P	江 宁	青泥	紫云英6 猪粪30	13/VI	快	较深	23/VI	/	/	/	2.40	1.20	25.5
F	江 宁	青泥	紫云英6 猪粪15	13/VI	慢	较浅	27/VI	10/VII 27/VII 21/VII	硫缺 ” ”	7.5斤 5斤 5斤	2.14	1.20	25.2
晚17	孝陵卫	黄马干	泥肥100*	9/VI	慢	较浅	比19号 迟10天	27/VI 6/VII	黄粪 猪粪	28担 13担	2.61	1.63	22.4
晚19	孝陵卫	黑马干	泥肥50*	7/VI	快	较深	早	/	/	/	2.23	1.41	21.5

* 路边泥肥,全氮0.166%。

(二) 培养茎秆粗壮,促进幼穗分化,确保秆壮穗大,是水稻高产的第二关 拔节至孕穗阶段,水稻植株的叶、鞘、茎、穗均在同时生长发育,这是水稻获得高产不倒的重要阶段。抓着这一关,不但可以弥补前一阶段技术措施上的缺点,保证秆壮穗大,而且为粒多防倒打下基础。关键性措施是肥水并重,以促进与抑制相结合的原则,控制水稻生长。用肥方面,是以土为基础苗为指标的“瞻前顾后看当时”,施用长粗肥和长穗肥。看苗之一是看叶片的长势,看苗之二是看叶色的黑黄变化,不黄不施(表2)。水浆管理方面,是浅水勤灌,“土烂苗旺”则进行烤田或干干湿湿。

表2 看苗情追肥与粒数的关系
(基肥、分蘖肥见表1)

田号	地点	土壤	分蘖期苗情	长粗肥和长穗肥			每穗着粒数	每穗实粒数
				时 间 (日/月)	种 类	数 量 (每亩)		
P	江 宁	青泥土	叶色较浓	19/VIII	硫 铵	4斤	66.6	63.4
F			叶色较淡	7/VIII 17/VIII	硫 铵 硫 铵	10斤 4斤	68.5	64.2
晚17	孝陵卫	黄马干	7月底现黄	25/VII 1/VIII	猪 粪 硫 铵	26担 6.5斤	93.3	87.7
晚19		黑马干	叶色深未落黄	30/VII 3/VIII	猪 粪 硫 铵	10.5担 1.66斤	96.9	87.6

(三) 争取抽穗整齐,促进灌浆饱满,保证粒多粒重,是水稻高产的第三关 这一阶段的关键性措施是管好水浆,巧补吊穗和粒肥,促进灌浆饱满,提高结实率。水浆管理要看土进行:土软而

不烂或板实时保持水层；土烂时则以“干花湿子”为原则，即抽穗开花时干干湿湿或落干轻烤（表3），而后灌上七八分水，收割前10—20天排干。

表3 抽穗前“落干”促进粒多粒重
(品种：老来青)

田号	土壤	处理	每穗总粒数	每穗实粒数	不实率(%)	千粒重(克)
晚 17	黄 馬 干	落 干	93.9	87.7	6.6	29.5
		不 落 干	80.0	69.9	12.6	26.9
晚 19	黑 馬 干	落 干	96.9	87.6	9.6	28.0
		不 落 干	97.4	84.2	13.6	25.3

总之，上述陈永康的水稻高产经验是对晚稻而言，不是死板的，而是看土看苗看肥看天来决定措施的运用，既有其阶段性和连续性，又有其原则性和灵活性；既适用于培育高产田，也可指导大面积的普遍增产；既适合于晚稻，早中稻也可以运用。

陈永康培育千斤以上高产水稻的经验，主要是坚持水稻生长清秀老健的原则，掌握“黑黄”交替过程，贯彻土为基础苗为指标的方法，灵活运用肥水措施，因时因土不断地调节土壤肥力因素，使其与水稻生长发育的需要相协调。

“清秀老健”是顺乎水稻生物学特性；达到高产不倒的形成过程的基本规律。清秀是指色正株壮，苗脚清爽；老健是指叶挺茎坚，株壮无病。在水稻不同生育时期的要求有所不同：如在分蘖期要求清秀，拔节至孕穗阶段既要清秀又要老健，抽穗开花时期就必须老健。“清秀老健”的实质是在水稻与土壤条件矛盾统一的前提下，水稻个体和群体以及个体中各器官之间的协调。

水稻的个体与群体的矛盾统一，反映在产量构成因素中，穗数与粒数和粒重的关系上，实际上是个体中各个器官间生长协调的表现，也是积累物质的分配是否合理问题。如表4所示，就表明了晚稻拔节阶段，“清秀老健”植株积累物质的合理分配，促进了茎粗秆壮，有利于防病抗倒和大穗的形成。

表4 晚稻拔节阶段不同生长情况的植株性状
(土壤：青泥土；品种：老来青；8月25日采样)

植株生长情况	叶色	干物质总量 (克/20株)	干物质的分配(%)			茎长 (厘米)	单位长度茎干重 (20克/株·厘米)	茎中水分 (%)
			叶	鞘	茎			
现缺肥象征	过黄	37.8	36.3	51.8	11.9	10.2	0.44	74.6
清秀不够且矮小	黄	57.6	38.9	41.6	19.5	12.6	0.97	76.2
清秀老健	黑	94.4	48.8	34.2	17.0	17.8	0.90	78.3
不老健有披叶象征	过黑	108.0	49.1	39.3	11.5	33.0	0.36	80.7

总之，可以认为“清秀老健”是水稻体内物质正常的积累和运转的反映，而归根到底，决定于高产水稻生活所需与土壤条件之间的矛盾统一。正因为如此，陈永康的水稻高产经验在运用肥水措施时，坚持以“清秀老健”为原则，以苗为指标。

“黑黄”交替是清秀老健形成过程中水稻群体叶色的表现，也是看苗采用措施的主要指标。它们是指群体叶色的相对深浅，“黑”不是徒长披叶的“乌黑”现象，而是植株体内物质积累相对旺盛

的表现,有利于器官的建立,所以在长棵、长粗和长穗时期叶色现“黑”是清秀老健的反映(表4)。“黄”是对“黑”而言,是体内物质运转相对增强的表现(表5),而不是“过黄”的缺肥现象。

表5 叶色现“黄”促进氮化物的运转
(品种:老来青)

生育时期	运转指标	田号	叶色	蛋白氮	非蛋白氮	全氮
分化前	茎中含量	晚 2	黄	1.06	1.70	1.21
	鞘中含量	晚 3	黑	0.73	1.18	0.82
抽穗前	穗中含量	晚 2	黄	2.42	2.98	2.55
	茎中含量	晚 4	黑	2.00	2.80	2.20

高产水稻叶色“黑黄”交替,是一个质量变化的“现黑”、“落黄”、“现黄”、“转黑”起伏的动态过程。它既反映体内物质的合成、积累、转化和运转过程,又反映实践中防止植株“过黑披叶徒长”和“过黄脱肥”的结果。根据初步研究,看来,不同生育期的“黑黄”其植株与土壤之间的关系各有异同。比方“现黄”时,根系对根际土壤的影响,似乎是生长前期大于后期,而且与土壤潜在养分有关。当潜在养分较高时,“黑黄”就成为一个极为微弱的起伏变化,而不“现黄”。因此,“黑黄”交替的次数深受土壤潜在养分和施肥所制约。所谓“几黄几黑”,也不过是不同情况下的不同表现。但是,抽穗前的一次“落黄”,看来是十分必要的,如此时不能“落黄”,只有在土壤潜在养分过高或基肥过量时才有可能,而在此种情况下,必然会导致植株向贪青倒伏发展,不能取得高产。去年在较大面积上的千斤以上的丰产田的“黄黑”交替情况,就是如此,说明了抽穗前落黄的重要意义。

四

“清秀老健”的水稻就需要有相应的土壤条件。因此,必须以土为基础苗为指标,肥水措施为主要手段,调节土壤条件控制肥力因素,以协调水稻与土壤条件之间的矛盾,使水稻生长达到“清秀老健”而取得千斤高产。

满足农作物“吃饱、喝足、住得舒服”的土壤条件,可以概括为相互联系的“环境”因素和营养因素两个方面。它们是土壤机械的、物理的、化学的和生物学性质的综合表现。其中环境因素又常以“烂、软、板”或“散、松、紧”等耕性作为表现形式。不同作物或同一作物的不同生长时期,对土壤条件的要求又各不相同。因此,在生产实践上,耕作措施就成为调节土壤条件控制肥力因素的重要手段。因而,所谓“好土”或“肥土”,看来应当是易于调节和控制的土壤。决定土壤是否易于调节和控制的因子,看来第一是构成土壤性质的基础,即有机质和矿物质的形态、含量及结合状况等;第二是人们对于土壤的认识和生产技术水平;第三是土壤所处的环境,如水热条件等。

1960年的工作初步表明,土壤从“烂”到“软、实”再到“板”的动态变化,有利于水稻“清秀老健”的形成和高产的取得。测定结果指出,土“烂”时,土粒之间距离增大,固相容积百分数降低,液相百分数增高,“板”则相反。因此,可以认为土壤比热“烂”较“板”时为大,相应地则土壤日温差以“板”较大。其次,土壤“烂”“板”也影响到土壤养分状况,从表6的实验结果也可以看出,土壤“烂软”程度对离子的扩散速度是有影响的。同时,分析结果指出,液相中氮与磷钾的比值较固相的为大。此外,土壤中溶解氧的测定结果表明,“烂”“板”对大气与土壤之间气体交换的影响也有所不同,土“板”有利于大气向土壤中扩散。总之,从以上的一些结果看来,土“烂”有利于分蘖,而不利灌浆,“板”则相反。

另一方面,从我所江宁试验场“青泥土”和“小粉土”上的丰产田的动态观测结果以及产量因素

的分析来看(表7),可以看出,“青泥土”的环境条件常处于“烂”的状态,利于“穗多和穗大”,“小粉土”则常处于较“板”状态,有利于“粒重”。如果能兼备两者的优点,即在水稻一生中,具有“烂、软、实、板”的变化过程,看来更有利于水稻的生长而取得高产。

表6 土壤容重对离子扩散速度的影响
(土中插一巴氏滤管,注满水后,定时测定管中液体的比电导—— 1×10^{-4} 姆欧/厘米)

土壤	容重	1 天	3 天	4 天	5 天	6 天
青泥土	0.95	3.17	3.80	4.09	4.32	4.51
	0.80	3.17	3.89	4.20	4.47	4.51

表7 土壤条件对水稻产量的影响

田号	土壤	水稻一生中的土壤环境条件						土壤保温能力 ¹⁾		离子扩散速度 ²⁾	土壤中溶解氧相对值 ³⁾		每亩穗数(万)	每穗实粒数	千粒重(克)	产量(斤/亩)
		土壤容重			0—10厘米的土壤含水量(%)		软烂程度	水层厚度(厘米)	各温差之和(°C)		水层	无水层				
		层次(厘米)	淹水时	落干时	淹水时	落干时										
江1	青泥土	0—5	0.88—0.92	1.09	50—55	<50	较烂	<2	3.55	1.21—1.55	100	105	28.2	70.2	77.6	1060
		5—10	1.10—1.20	1.10—1.20				2—5	5.27	平均1.38						
江2	小粉土	0—5	1.05—1.10	1.05—1.10	<50	<50	较板	<2	1.86	1.38—1.89	107	118	23.4	67.7	29.0	940
		5—10	1.20—1.30	1.20—1.30				2—5	2.75	平均1.60						

1) 保温能力以气、水、土之间温差之和表示,其值越大,示保温能力越大,即对气温变化的反应较不敏锐。

2) 试样中插一巴氏滤管,同时注以蒸馏水,定时测定管内水中和管外土中的比电导,以管外/管内电导比值表示离子扩散速度,比值大即示扩散速度较小。

3) 以青泥土有水层时作为100表示。

土壤“烂软”的变化,可以采用人为措施来调节,但是却深刻地受到土壤性质所制约。如1960年的丰产田土壤——“黑马干”(晚19)、“黄马干”(晚17)、“青泥土”(江1)、“小粉土”(江3),都是发育于下蜀系黄土性母质上。由于分布部位有所不同,耕作措施也不一样,水文类型也各有异,排水性能的好坏大体上是:“小粉土”较好,“黄马干土”、“黑马干土”次之,“青泥土”较差;有机质含量的顺序:“黑马干” \approx “青泥土” $>$ “黄马干” $>$ “小粉土”。土壤质地为重壤至轻粘土,“马干土”和“青泥土”常较“小粉土”粘重;代换量均在每百克土16—20毫当量,代换性盐基呈饱和状态。1960年田间观测结果表明,耕耘灌水等措施所引起土壤容重的降低以“小粉土”为最弱;排水落干所引起土壤容重的增大,则以“马干土”、“青泥土”最为显著;落干后再复水则仅有“青泥土”表现出土壤容重又复显著的降低。从而可以初步认为,耕作措施在调节土壤的“烂软”条件受到土壤有机质的含量(当然也包括它的性状,但还缺乏资料说明)及水文情况的影响。

土壤条件中的营养因素,与植物体内的物质积累和分配直接相关。1960年的工作表明:营养因素的不同,敏锐地影响到植株体内物质的积累和分配,不论叶片、叶鞘或茎中,氮、磷、钾三要素以氮的变幅最大,且与叶色及干物质积累和分配密切相关(表8)。另一方面,土壤养分动态测定结果指出,人为措施加于土壤,各营养元素中氮的变化最为敏锐,且与植株生长情况相一致。总之,不论在土壤中或植物体内,氮素都较磷钾活跃,而且也敏锐地受到人为措施的制约,因此,对于

象南京丘陵地区冲田上的中性水稻土,速效磷(屈格法)在 5 p.p.m.¹⁾ 以上,代换性钾在 1 p.p.m. 以上情况下,调节土壤营养元素的主要对象就是氮素。初步结果表明,土壤氮素水平,如以铵态氮表示,则在株壮穗足阶段保持在 10—15 p.p.m. 为宜,第二阶段则在 5—10 p.p.m. 为宜,第三阶段即以小于 5 p.p.m. 为宜。

显然,不论是“环境”因素或营养因素的动态表现,除了要求土壤具有适中的质地和有机质以及良好的水热条件等以外,更重要的,依赖于人为措施的调节。千百年来农民从实践中总结起来的“三分地,七分管”这一经验,其依据也就在这里。

表 8 土壤营养条件对植株性状的影响
(土壤:马干土;品种:老来青;9月1日采样)

根际土壤养分浓度*	叶色	功能叶片中叶绿素含量**	株高(厘米)	功能叶长(厘米)	鞘干重,相对%	茎干重,相对%	氮含量(%)	
							叶	鞘
1.83	过黄	5.24	88	30.2	100	100	2.24	0.46
2.06	黄	5.65	94	37.0	180	142	2.52	0.48
2.46	黑	6.07	95	46.1	266	215	2.69	0.51
2.48	过黑	7.84	107	48.6	157	163	3.32	0.89

* 比电导 1×10^{-5} 欧姆/厘米表示。

** 每克鲜重中毫克数表示。

五

(一) 合理施肥是调节土壤营养条件,促进水稻“清秀老健”的关键性措施 前已指出,水稻的“清秀老健”是个体和群体协调的反映,也表现在产量构成因素中穗数、粒数和粒重上。1960年的材料说明,水稻最高分蘖率受到土壤潜在养分和基肥的影响,有效分蘖还受到分蘖肥的制约,而大穗的形成,却深刻地受到分蘖肥的促进。如表 9 所示,“I”、“F”两个小区,基肥相同,最高分蘖率也

表 9 施肥对水稻穗与粒关系的影响
(品种:老来青;土壤:青泥土)

田号	基肥(担/亩)		分蘖肥(硫酸铵,斤/亩)	最高分蘖率	分蘖的成穗率(%)	每亩穗数(万)	每穗粒数	分蘖末期器官干物质的比值	
	紫云英	猪粪						叶/鞘	鞘/茎*
江 1	—	30	15	2.48	23.0	28.2	70.2	1.05	11.6
I	6	15	35	2.17	13.7	24.3	73.8	1.10	16.9
F	6	15	17.5	2.14	17.6	25.2	64.2	1.02	10.9
K	6	15	0	2.19	5.0	22.2	55.7	0.98	11.8
L	6	0	0	1.76	10.5	19.5	42.1	1.04	16.1

* 指长叶鞘的基部。

相接近,但“I”小区因分蘖肥过多,土壤中氮素供应过高,叶片长势较猛(叶鞘比值与鞘茎比值均较大),造成株间郁闭,引起分蘖的过多死亡,与“F”比较,在分蘖成穗方面落后,在穗大方面领先。但它们都不能如“江 1”一样,穗数和穗大同时占先。“K、L”两个小区,则因缺肥,养分供应不够,造成分蘖少、穗小的落后局面。

穗数和穗大的矛盾统一,实际上是个体中各器官生长协调的表现,也是累积物质的分配是否

1) p.p.m., 即百万分之几。

合理的問題。因此,为了促进水稻的“清秀老健”,在土壤营养因素的調节上,应促使积累物質的合理分配。1960年的工作表明,物質在各器官中的合理分配,深刻地受到人为栽培措施的制約。养分供应特别是氮素供应过足的田块中,常出現物質积累多,但分配到籽粒中的比例小;而瘦田或施肥不足的田块,由于养分供应特别是氮素不足,又大都表现为叶茎获得养分少,植株后期脫力,不利籽粒的生长发育。表10中“一貫青”与“低肥(L)”,就表现了这种情况的两端。說明了如何运用措施調节土壤条件,解决植株体内物質合理調配問題,以协调器官生长,促进水稻“清秀老健”是发掘潛力,提高产量的重要途径。

表 10 不同田塊中水稻的物質积累和分配
(品种: 老来青)

田 号	土 壤	肥力或施肥水平	总 干 重 (斤/亩)	籽粒占干重%	草占干重%	草 籽 比
江 1	青 泥 土	基肥足,追肥合理	2,173	48.8	52.2	1.05
江 3	小 粉 土	基肥足,追肥合理	1,918	49.0	51.0	1.04
低 肥 (L)	青 泥 土	基肥不足,追肥未施	1,500	44.5	55.5	1.25
一 貫 青	小 粉 土	基肥过足,长期灌水	2,513	31.2	68.8	2.21
晚 19	黑 馬 干 土	土厚肥足	2,982	39.5	61.5	1.60

水稻体内物質的分配比例随生育期而改变,但这种改变的可能性,又受到各器官对土壤条件反应的敏銳程度的制約。一般說,叶片的反应最为敏銳而迅速,不論是叶色的变化、叶片的长势以及营养元素和干物質的积累都是如此。其次是鞘。这样,就决定了水稻生长前期物質在器官分配上的矛盾并不突出。但到拔节至孕穗阶段,叶、鞘、茎、穗同时生长,此时,既要促进叶鞘的生长,以满足一定同化基础的需要,又要促进体内的运轉以利茎穗的发育。因此协调器官間生长就显得至为重要。試驗結果表明,在此阶段,土壤养分特别是氮素的供应量,如以土壤铵态氮表示,即保持在5—10 p.p.m. 为宜,并且在供应速度上应穩而慢。否則,就严重地影响到器官的协调。表11中可以看到,施用硫铵的由于氮素供应快,体内氮素积累猛增,元素比例显著改变;而施用肥劲慢而长的猪厩肥,情况就不如此。与此同时,所积累的氮素在器官中的分配,也出現了完全不同的情况,磷鉀元素和干物質也有同样趋势。从而影响到植株形态上,施用硫铵的短期叶片生长过旺,且軟而披,叶色过黑,表现出不够“清秀老健”,不利于茎穗的发育;施用猪厩肥的則相反。

表 11 养分供应与植株体内积累、分配的关系及其对穗大的影响
(品种: 老来青)

田号	施肥数量及时期	植株体内养分含量及比例					15天内>次植株积累毫克数			氮素分配(%)			每 穗 着粒数	每 穗 实粒数
		日 期	5 次毫克数			N:P ₂ O ₅ :K	N	P ₂ O	K ₂ O	叶	鞘	茎		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O									
晚 2	猪厩肥 15担/亩	29/VII	848	443	1,311	1.9:1:3.9								
		3/VIII	902	453	1,390	2.0:1:3.1	57	142	324	49.2	-6.4	57.1	117	106
		11/VIII	905	585	1,635	1.6:1:2.8								
晚 6 (二)	29/VII 硫铵 15斤/亩 一星期后又施 8斤	29/VII	824	394	1,300	2.1:1:3.3								
		3/VIII	994	369	1,142	2.6:1:3.1	411	291	549	71.6	19.7	8.7	94	85
		11/VIII	1,235	685	1,849	1.8:1:2.7								

总之,以上情况说明,为了促进水稻的“清秀老健”,在施肥方面,都应根据水稻生长情况,考虑到土壤和肥料的养分供应数量和速度问题。当然,在实践中,施肥不容易经常施得恰如其分,而每次追肥又总有一个养分供应上的高峰。因此,在陈永康的水稻高产经验中,根据“脱水即脱肥”的经验,运用落干烤田,以削弱养分供应较多或供应高峰所带来的不利条件。也就是肥水措施必须密切结合,互相为用。

陈永康在调节土壤营养因素时,施肥原则是适量基肥,重点掌握追肥,而追肥又要“少吃多餐”。总的目的是留有余地,掌握主动。具体运用时又以土为基础、苗为指标,即看土看苗施肥。

看苗施肥的主要问题是追肥的时间和数量。时间上,根据晚稻生物学特性大体上以“小暑长棵肥,大暑长粗肥,立秋长穗肥”为原则。用量上则以“前轻、中重、后补足”为准。“前轻”受土壤潜在养分和基肥的制约,可以轻至不施。“后补足”又受“中重”制约,可以从“补足”至不施,因此看苗施肥是十分灵活的。但以“瞻前顾后看当时”的辩证的方法,掌握叶色的“黑黄”变化,或叶片长势,则灵活中仍有原则,也就是“不黄不施”。但“不黄不施”还要因土制宜,即肥土“黄透再施”,瘦土“落黄即施”,一般田“见黄就用”。另一方面,追肥要求达到“转黑”。总之“不黄不用”或追肥要求达到“转黑”都含有“矫枉必需过正”的意义,也就是说,“落黄”目的为了防止“过黑”而致披叶贪青,“转黑”是为了防止“过黄”缺肥。

关于叶色“黑黄”的掌握,在实践中还是比较困难的,根据1960年工作中的体会,最方便的方法,是在大田中划分很小的一块土地,通过施肥水平的不同,造成过肥、过瘦等等不同情况,以利观察比较。这样,就有可能把叶色划分为“过黄”、“黄”、“黑”、“过黑”等等,从而有助于我们对“黑黄”的辨别。

追肥方法上还应防止一次施用过多,掌握“一重一轻”的原则。所谓“一重”是促进全块田上稻苗的生长发育;“一轻”是防止用量过多,以及用来“捉黄塘”,主动地保证群体发育的整齐。

(二) 水浆管理是调节土壤条件,控制水稻生长的关键性措施 水浆管理是由水层灌溉(深浅)、烤田(轻重)以及干干湿湿三个具体措施所构成,而以灌溉和排干作为手段。它的作用除了满足水稻生理需水以外,还具有调节土壤条件,控制肥力因素的作用。但这一作用受到土壤潜在养分的制约,对于养分贫瘠的土壤,这一作用就退居次要地位。

从水稻整个生长期来看,实际上水浆管理是“复水”与“落干”两个过程的统一。所谓“复水过程”是用灌溉作为手段,使土壤从水分不饱和到饱和状态,最后达到田面淹水的水层灌溉。“落干过程”则以排水或停止灌溉作为手段,使土壤从田面淹水情况下转变为没有水层。土壤从水分过饱和状态过渡到不饱和状态(这就是烤田);干干湿湿是两个过程间的过渡状态。整个水稻生长季节的水浆管理,就是这两个过程在新的基础上的相互交替。“复水过程”常起促进作用,有利于植株体内物质的积累。“落干过程”对水稻根部起促进作用,对地上部分的伸长则起暂时抑制作用。

“落干过程”首先表现在田面水层的逐渐消失,从而影响到土壤吸热和散热的动平衡。测定结果表明,水层起有保护土温的作用,水层消失后,土温敏锐地受到气温变化的影响。同时,水层的消失也促进了大气与土壤之间的气体交换。表12结果即示水层消失后,使土壤中溶解氧的相对浓度明显地增高。

“落干过程”进一步发展,土壤开始失水,从水分饱和状态到不饱和状态。由于土壤失水的结果,土粒之间的距离缩小,原来处于分散状态的一

表12 水层对气体向土壤中扩散的影响
(8月5日测定,20—25个点的平均微安数表示)

田号	土 壤	土壤中溶解氧浓度(μA)	
		水 层	无 水 层
江 1	青泥土	1.26	1.32
江 2	青泥土,曾烤田	1.36	1.46
江 3	小粉土	1.35	1.48

部分土粒,此时又团聚了,因而土壤的壅結状况为之改变,表现在土壤容重和孔隙度的增加。田间测定结果指出,土壤容重在烤田后可以增加0.05—0.10,孔隙度可以自烤田前百分之几增至百分之十几。因而土壤耕性从“烂”变为“软实”。影响到土壤肥力因素“水、肥、气、热”等的改变,根际土壤微生物也出现了蓬勃发育的景象(表13)。这在动员和活化土壤潜在养分,调节土壤营养条件中起了十分重要的作用。

表13 “落干过程”中土壤根际微生物的动态变化
(晚肥—2, 8月10日开始落干)

落 干 过 程	細菌(100万/每克土)	放線菌(万/每克土)	真菌(万/每克土)	固氮菌(千/每克土)
烤 田 前	4.9	106	7.4	4.8
烤 田 第 一 天	6.6	125	1.9	9.2
烤 田 第 4.5 天	9.2	96.3	5.9	7.3
第5.5天开始复水	6.5	90.2	4.5	5.6
复水后4天半	5.6	88.0	5.0	5.6
复水后7天	7.9	88.4	3.5	4.2

1960年的研究初步指出,烤田时,根际土壤中水解氮含量高于未经烤田的根际土壤;复水后则相反,可以发现水解氮含量和細菌数量变化的一致性。但土壤中铵态氮在烤田时却显著降低,这并非全是根系吸收的结果(参见表14),而是烤田时土壤微生物的氨化能力减退之故。而氨化强度只是到了复水以后,方有显著提高(表14)。

表14 烤田对土壤中氨化强度的影响
(常熟,烏山土,每百克土中铵态氮的毫克数表示)

测定时期(日/月)	烤 田	未 烤 田
烤田第4天(4/x)	27.7	30.2
复水前(7/x)	25.3	41.3
复水后(10/x)	44.2	25.2

和土壤中原有的可给态氮素,向活的细胞体中汇集。可见,烤田或者田面水落干时期,微生物起着分解有机质和汇集可给态氮素合成自身细胞的双重作用。因此,根际土壤中的大部分氮素暂时还不能被植物利用,但容易转化为可给态的氮化物。同时,烤田或者田面水落干起了调动土壤微生物积极参加动员与积累土壤氮素的作用,使土壤比之烤田前释放出较多的可给态氮素具有可能性。分析结果指出:复水后,微生物数量显著下降,说明有大量细胞死亡,就成为其他微生物进行矿化作用的原料。烤田在更新环境的同时,并有促进根面細菌区系更新的作用。所有这些现象对于水稻的氮素营养无疑有重大意义。

综上所述,烤田过程引起了土壤环境的更新,因而不能不对水稻的生长发育发生影响。

“落干过程”对水稻生长发育起了促进与抑制的作用。测定结果表明,烤田对水稻的根系起了促进作用:根扎深了,活力较强的白根和黄根相对增加,活力衰退的黑根数则相对降低(表15),从而为进一步促进地上部分的生长,准备了良好条件。对地上部分来说,表16所示结果,清楚地表明烤田暂时削弱了物质积累的速度,却相对增强了体内物质的运转,有力地干预了物质的分配,而促进了茎秆长壮,为大穗和防倒奠定了基础。因此,可以认为烤田对水稻的地上部分是抑制中寓有促进,成为控制水稻“清秀老健”的重要手段。至于干干湿湿的作用,根据1960年的工作证明,与烤田相近似,例如孝陵卫“黑馬干”土上19号的晚稻丰产田,在8月14—29日进行了干干湿湿,此段时间,氮素积累的增量平均每5穴为7毫克,各器官中的分配情况是:叶片中降低了106毫克,鞘及茎则分别增加51与62毫克。从干物质来说,此段期间,平均每5穴的增量为24.71

克,分配到叶片 1.03 克,鞘与茎中则分别为 9.46 与 14.22 克。说明干干湿湿的措施,有利于体内物质的运转,防止披叶徒长,同样地起了协调器官生长的作用。

表 15 烤田对水稻根系的影响
(孝陵卫, 8 月 16 日测定)

处 理	每株平均根数	白 根 (%)	黄 根 (%)	黑 根 (%)
烤 田	119	12.4	77.2	10.4
不 烤 田	115	4.4	60.1	35.5

表 16 烤田对水稻体内物质积累及其分配的影响
(烤田在 8 月 11—16 日幼穗分化期间进行)

田 号	处 理	脱水期间物质积累的增量								复水后氮素吸收增量 (毫克/5穴)			每 穗 着粒数	每 穗 实粒数
		氮素的增量及分配				干物质的增量及分配				复水前	复水后 13天	13天中 增量		
		增 量 (毫克/5穴)	分配(%)			增 量 (克/5穴)	分配(%)							
			叶	鞘	茎		叶	鞘	茎					
晚肥 2	烤 田	86	17.4	57.0	25.6	11.32	25.7	31.5	42.8	990	1390	400	117	106
晚肥 7	不烤田	102	100	—	—	6.43	32.2	66.3	1.6	880	1060	180	105	96

对于晚稻来说,水浆管理以水层灌溉为主,通常在分蘖末期、分化前后及抽穗前可以结合烤田或干干湿湿,以促进植株生长中心的转移。但具体运用仍须掌握“看土看苗”的原则。

“看土”即“土烂要烤”。看苗即看水稻是否现“黑”、需否“落黄”而定,使水稻叶色由“黑”“落黄”,烤田或干干湿湿是目前的主要手段。看苗用水的更重要方面是“苗旺叶披要烤田”,此即陈永康“脱水即脱肥”这一论点的措施化。“土烂”“苗旺”,看来有其内在联系。

易板结的土壤,渗漏性强的土壤,可以轻烤或不烤。分析其原因:一方面易板结或渗漏性能强的土壤有时可能与“养分贫瘦”相联系,因此只宜促进。另一方面,看来这种土壤本身所赋有的“板结”“渗漏强”等特性已含有环境更新的内容,对于用烤田来更新土壤环境的要求不十分突出。

应当指出,上述用水原则仅对高产水稻而言,一般产量或因土壤贫瘦或因施肥不足,对水稻的生长是如何促进而不是抑制相结合的问题。因此,用水原则以水层灌溉结合干干湿湿为宜。

(三) 看土整地为秧苗生长和调节土壤条件打下良好基础 “肥土深耕粗耙,瘦土精耕细耙”,使耕层土壤达到“上成泥糊下有团块”,既为秧苗生长创造了良好的条件,又为以后的田间管理、调节土壤条件打下基础。

此外,耘耨主要是消灭秧苗的营养和空间的竞争者——杂草,即农谚所谓“草兴草欺稻,稻兴稻欺草”。同时也改善表层土壤环境(表 17),刺激根系的活动,这都有利于发棵长壮,因此也是

表 17 耘耨对调节土壤养分状况的影响
(以电导率相对值表示)

项 目	位置 处理 深度(厘米)	穴 边		离穴边 4 厘米		离穴边 8 厘米	
		不 耘	耘	不 耘	耘	不 耘	耘
耘耨对拌匀养分的作用	5	100	100	89	97	68	86
	10	100	100	91	116	84	101
	15	100	100	104	101	100	92
耘耨对土壤养分释放的影响	5	100	122	100	122	100	116
	10	100	110	100	105	100	116
	15	100	112	100	101	100	115

分蘖期調節土壤条件的一个重要措施(表 18)。

表 18 耘耨对植株根系伤流量的影响
(孝感点,旱稻, 20株克数)

处 理	耘耨(5月22日进行)		
	29/V	2/VI	13/VI
不 耘 耨	1.77	0.62	1.08
耘 耨	2.28	0.94	1.23

六

为了提前完成农业发展纲要中的粮食指标,提高水稻总产量,总结丰产经验,促进普遍增产显得十分重要。1960年的工作证明,欲得千斤以上的水稻高额丰产,既要肥足水够,又要技术水平高。在条件具备地区,大力推广陈永康的技术经验,可以促进高产再高产,在自然条件和生产条件不具备的地区,可以根据具体情况,灵活运用陈永康的经验,也可使水稻产量从三、五百斤提高到六、七、八百斤。

低产变高产的过程中,主要是水稻丰产对土壤条件的要求与现实可行之间的矛盾,其中又以肥料不足为关键性问题。因此,低产变高产,首要任务是千方百计开辟肥源,创造肥足水够的物质基础。与此同时,贯彻陈永康的系统措施中几个关键环节,特别是看苗促进,经济用肥的原则。

经济用肥主要是用量少,而发挥其最大程度的肥效,一方面是看土施肥,使在目前生产水平下,同量基肥获得最大收益,其原则是众所周知的“肥土少施,瘦土多施”。另一方面,是追肥时期问题,何时用下可收最大效益的问题。1960年的资料表明,产量在五、六百斤至千斤左右时,穗数的变幅约60%,粒数的变幅为250%,粒重仅为20%。说明在培育丰产水稻中,穗足和粒多是个关键性问题。从增产潜力来看,粒多大于穗足,而且穗数可以通过基本苗的提高来解决,而粒多只有运用肥水措施予以促进。因此,为了低产变高产,关键性措施在于适当提高栽插密度,依靠主茎,确保穗足的基础上,狠抓水稻高产的第二关,巧施长粗肥和长穗肥。

所谓“巧”更重要的是追肥时期问题。根据1960年我所孝感点的材料,如不施追肥的每穗实粒数作为100,则分蘖末期施硫酸15斤、幼穗分化前半月施硫酸12斤、分化期施硫酸11斤、前两次都施以及三次都施等5个处理的每穗实粒数相应为117、126、125、128以及137;而它们的千粒重则为无追肥处理(作为100时)的99、98、101、96及101。说明在幼穗分化阶段追肥的效益最大。再如我所江宁试验场“江4”田块,6月16日栽插,白田下种,6月30日施硫酸12斤,从最后穗数(20.9万)看来,在这种板结的“小粉土”上,即使施用了速性氮肥,在争取分蘖穗足的作用是不显著的,在幼穗分化阶段,8月17日又施了硫酸10斤,促进了穗大,获得每穗实粒71.2粒,最后取得了888斤的丰产。

综上所述,低产变高产的关键措施,可以概括为:(1)提高基本苗,以补肥缺土瘦不易分蘖的缺点。一般可以亩栽3万穴,每穴7—10株。(2)对晚稻而言,追肥应当重点掌握长粗肥和长穗肥,切忌前足后脱。如果肥料仅够一次施用,则应在立秋边施下。此外,经济用水的原则是:一次灌足,不可断断续续,保证前期,照顾后期。

1961年还必须继续研究水稻千斤以上的关键措施和系统理论,使其科学化、公式化、普遍化,并进一步研究指导大田普遍增产的措施,同时还应与陈永康同志一起研究水稻亩产1,500斤以上的关键措施和理论。