

冬小麦的水肥控制及其与深耕施肥的关系*

李 学 柱

(北京农业大学)

为了总结农民深耕施肥的增产经验, 1959 年我们在北京农业大学实验站与农民一起设置了深耕施肥的试验。3 月中、下旬深耕施肥。深度分别为 30、45、60、100 厘米。基肥(中等质量的猪圈土粪, 全氮含量为 0.38%, 水解性氮为 0.039%)用量为 3、4.5、6 万斤/亩。共有 11 个处理(表 1)。

表 1 试验处理表

处理号	项目	翻耕深度 (厘米)	基肥用量 (万斤/亩)	施肥深度 (厘米)	松度深度 (厘米)
①		30	3	0—30	
②		30	4.5	0—30	
③		45	3	0—30	30—45
④		45	3	0—45	
⑤		45	4.5	0—45	
⑥		60	3	0—30	30—60
⑦		60	4.5	0—45	45—60
⑧		60	4.5	0—60	
⑨		60	6	0—60	
⑩		100	6	0—60	60—100
⑪		100	6	0—100	
对 照		15	0		

采用鸽子大翻身的人工翻地方法, 土层不乱, 分层按量施用基肥。每个处理重复 4 次, 每个重复的面积为 1 分, 按随机排列。当年种植玉米, 玉米收后种植小麦, 作为深耕施肥后效的观察, 并加之试验小区重复间的二条保护行(宽 1.5 米, 长 110 米)作为翻耕 15 厘米的对照。

北京气候属于冷温带夏雨炎热类型, 有明显的干湿和寒热的季节性变化^[1]。6—8 月降水占全年降水量(630 毫米)的 74%, 3—5 月仅占 9%。小麦正生长在寒冷和干旱的季节里。1959 年 10 月—1960 年 6 月降雨少于累年平均 1 倍(53.4 毫米), 因此, 干旱更形严重。农业大学实验站土壤为潮土类型(系草甸褐土类型, 农民称黄黑土), 系河流沉积, 有明显的沉积层^[2], 经多年人工培肥后, 肥力较高, 有厚达 20 厘米的耕作层, 有机质含量达 1.23%, 耕层以下有机质只有 0.4—0.5%。水解性氮为 3 毫克/100 克土, 上下层相差不多。富含石灰性物质(0—45 厘米达 3.2—3.9%), 因此, 极易固定磷。耕层速效磷的含量不及 2 毫克/100 克土, 耕层以下只有 0.6 毫克/100 克土。但速效钾含量比较多, 达 10—12 毫克/100 克土。上层为轻壤质, 下层为中壤质。各层虫孔、根孔极多, 尤富蚯蚓孔。因此, 未耕翻的土层其容重虽在 1.4 克/立方厘米以上, 但其孔隙度却在 46—50%

* 本文系北京农业大学土壤教研组、农业化学教研组、土壤改良教研组、微生物教研组和耕作教研组的综合试验。小麦试验时直接参加工作的有张淑清、卢克才、余国荣等同志, 参加部分工作的有冯耀隆、张杰元、何宗献等同志。N、P、K 及有机质多为一条龙分析室分析。因此, 本文实系集体研究的成果。在研究生毕业答辩时导师李遵捷教授及其他各位先生提出不少指正意见。特此一併志谢。

之間,比重为 2.7 左右。

自从陈永康根据水稻三黄三黑的变化而提出千斤单季晚稻的理論和措施以后,引起了各方面的注意^[3,4],而广东潮汕平原农民早有掌握早稻“三十要烏,四十要赤”,从而获得丰产的經驗^[5]。北京、河南、安徽等地农民认为小麦一生中也有綠黄变化^[6]。我們在試驗地里具体地观察到小麦三綠三黄的变化,并初步肯定可作为丰产控制的准繩。第一綠黄变化在返青-拔节期。当小麦开始幼穗分化后叶片轉綠,再趨浓綠,到器官形成的第四阶段——小穗开始形成期的末期(4月10日)达到最浓綠^[7]。这时植株下部节間开始伸长,以后向黄轉化。到器官形成的第六阶段——花粉及胚囊孢原組織的形成期(4月16日)时达到最黄。这时植株下部第1、2茎节已經抽出地面。第二綠黄变化在拔节-孕穗期。4月17日开始轉綠,到剑叶抽出前(4月26日)达到最浓綠(4月24日幼穗分化完毕)。剑叶抽出后轉入第二黄,到孕穗期达到最黄(5月2日)。第三綠黄变化在抽穗-灌浆期。抽穗前叶片再次轉綠,齐穗前向第三黄轉变,直至黄熟,叶片慢慢褪色,未再变綠。这次綠黄的变化主要是剑叶,第1、2叶虽然亦随着变化,但不甚明显(图8)。綠黄变化是植株体内生理生化变化的外部反映,凡是綠的时候,叶片中可溶性氮占全氮的百分数出現高峯,而在黄的时候則出現低峯。叶片、叶鞘和茎中的可溶性糖含量則出現了相反的高低峯。这是当吸收氮較多时,可溶性糖較多地耗于蛋白質的合成的結果。凡是綠的时候 C/N 比值較窄,黄的时候較寬。而干物质則是不斷增加的。

北京地区的冬小麦一生中可以明显的分为冬前苗期、返青期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期等6个时期,每个时期各有其生长发育、生理生化变化等特点,以及对外界环境条件的要求。以下将分別叙述:

一、深耕施肥对冬前麦苗的影响

試驗地經深耕施肥后土壤肥力大大提高,对稳定肥、水的供应上起了重大的作用。到小麦播种时因雨季降水过多使土壤变得很紧实,尤以表层甚至超过翻耕前(虫孔下塌的結果),其容重达1.5克/立方厘米左右,总孔隙度只及43—45%,但各土粒間連結力仍小于未翻层,45厘米以下的已翻层的容重仍小于未翻层(图1)。在小麦整个生长期間土壤含水量均是处理⑩ > ⑨ > ① > 对照(图3,8)。容重的变化一直維持到小麦盛花期的时候。这时有机質含量在原耕层虽有所减少,但15厘米以下各处理却增加了30—50%,因而使水解性氮增加10—100%,速效磷增加50—300%。从而深耕施肥能显著地加强微生物的活动,尤以硝化細菌、真菌、好气和嫌气固氮菌最为明显,比未翻层增加1—10倍,而且直至60—100厘米,而細菌总数和其他微生物則以30—45厘米层的增加最为明显,45—60厘米层其次,60—100厘米間不甚明显。

試驗地在9月24日用拖拉机耕翻15厘米,整地前撒施2,000斤/亩猪圈土粪,之后用圓盘耙耙二遍,基本平碎。因阴雨影响,土壤水分过多,所以直至10月8日才播种。条播,品种是早洋麦,播种量为32.5斤/亩,行距16厘米。10月17日齐苗,冬前約35万株/亩。

从冬前苗期生长情况可以看出,以深耕多肥的处理为好,但因小麦的根系活动多分布在50厘米,所以小麦生长情况又以处理⑥为最好(深耕45厘米,基肥用量4.5万斤/亩)。

二、促進小麦早返青、早分蘖、早扎根

随着气温的下降,1月下旬地温降至最低,地温上低下高,20厘米土层約达-10℃,50厘米为-2℃,100厘米則为2℃,地冻达60厘米(图2)。在上冻期前,土壤水分很少损失,下层水分向冻层积聚,聚积层随冻土加深而加深,冻层以下的水分耗損层則又由下层毛管上升水来补足[图3(25/XII、12/I、6/II、23/II)]。自12月19日后根系活动已基本停止,微生物的活动也趨微

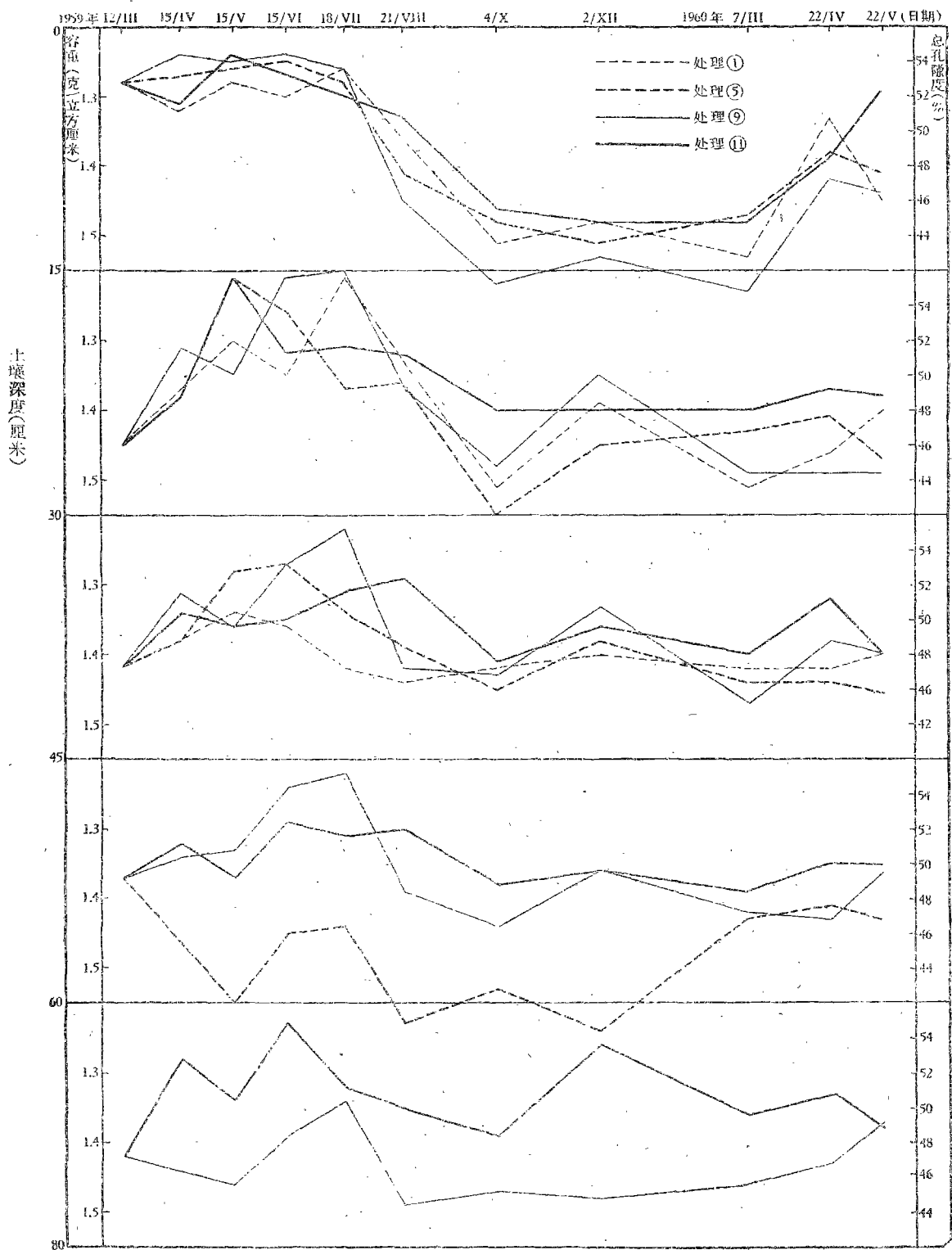


图1 深耕施肥对土壤容重、总孔隙度变化的影响

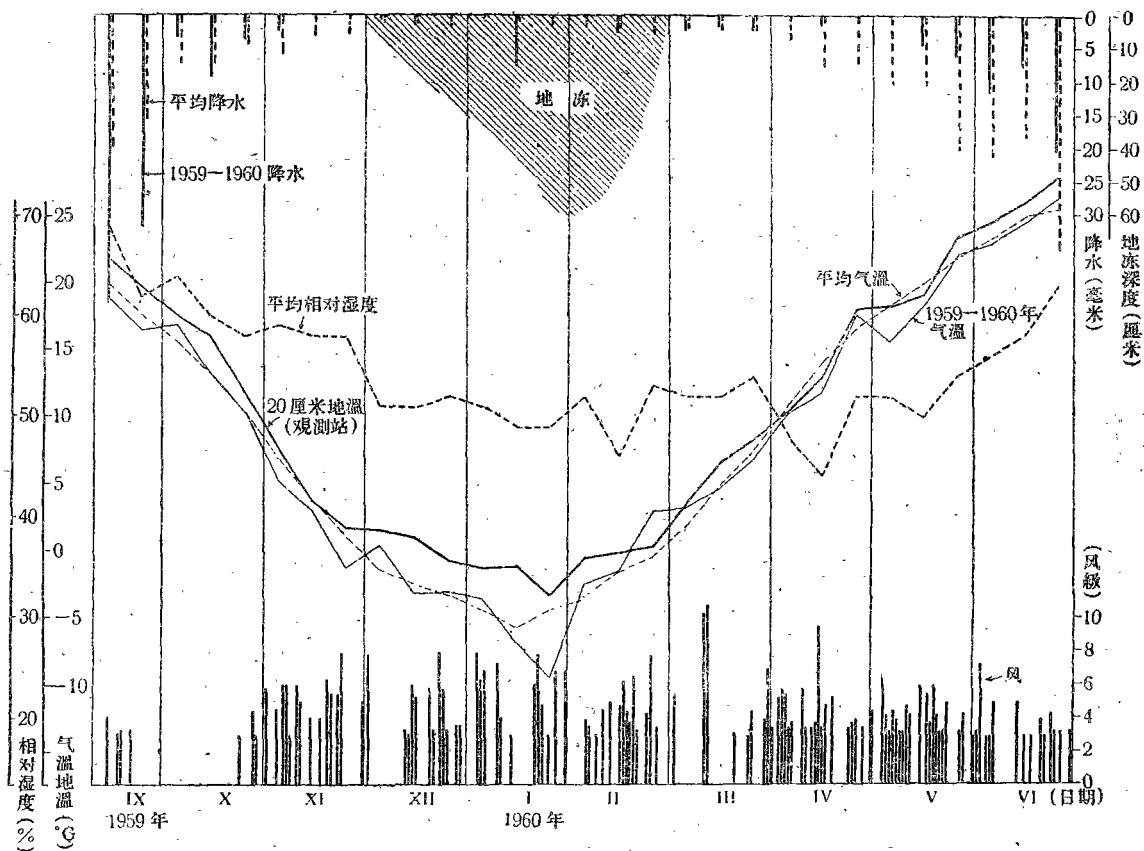


图2 北京农业大学实验站旬平均气象要素变化图

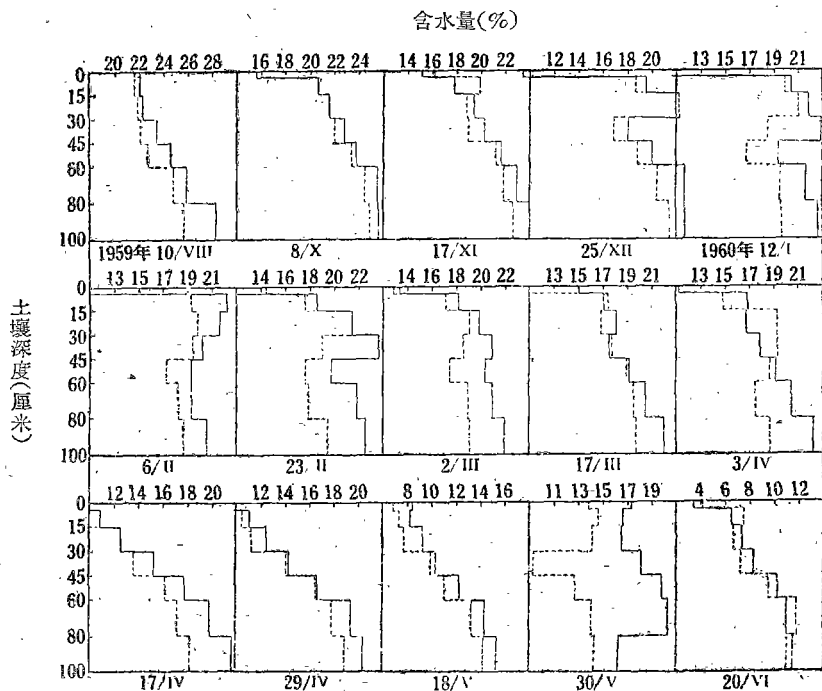


图3 深耕施肥对土壤含水量的影响(实线是处理①,虚线是处理②)

弱。因此,土壤呼吸强度及 CO_2 含量降至最低点(图 4,5)。

以后地温逐渐上升,試驗地小麦在 2 月 23 日返青。而根系在 2 月 1 日—16 日时已开始活动, 2 月 16 日时整层活动(表 10),即比地上部分早 7—10 天。这时气温在 2—3°C, 20 厘米土层的地温在 0°C 左右,表层夜冻昼消,尚未完全解冻,往往形成返浆而使地温降低。在返青前期(2 月 20 日—3 月 15 日)平均气温和 20 厘米地温低于 5°C,而且变幅较大,而成为返青前期限制小麦生长和其他土壤肥力因素的主要因子。

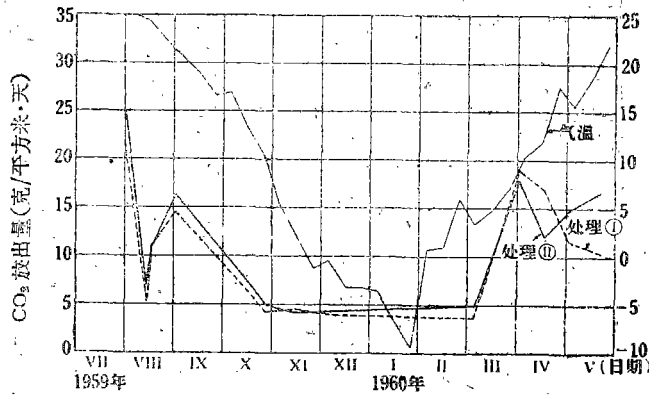


图 4 深耕施肥对土壤呼吸强度的影响

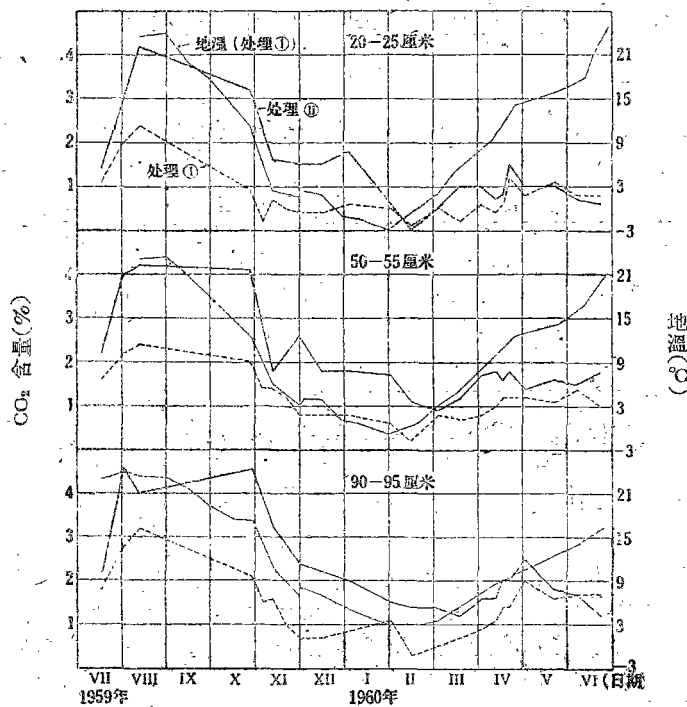


图 5 深耕施肥对土壤 CO_2 含量的影响

(1959 年 10 月地温分别以 20、40、80 厘米, 10 月以后为 25、55、95 厘米处测定)

小麦经过一个冬天以后,变得十分瘦弱,弱株死亡,每亩株数降至 33 万株。在返青期间小麦干物质累积不快,株高增长不多(表 8),但却是第二个分蘖高峰,在 3 月 8 日时分蘖已达 3.4—5.3

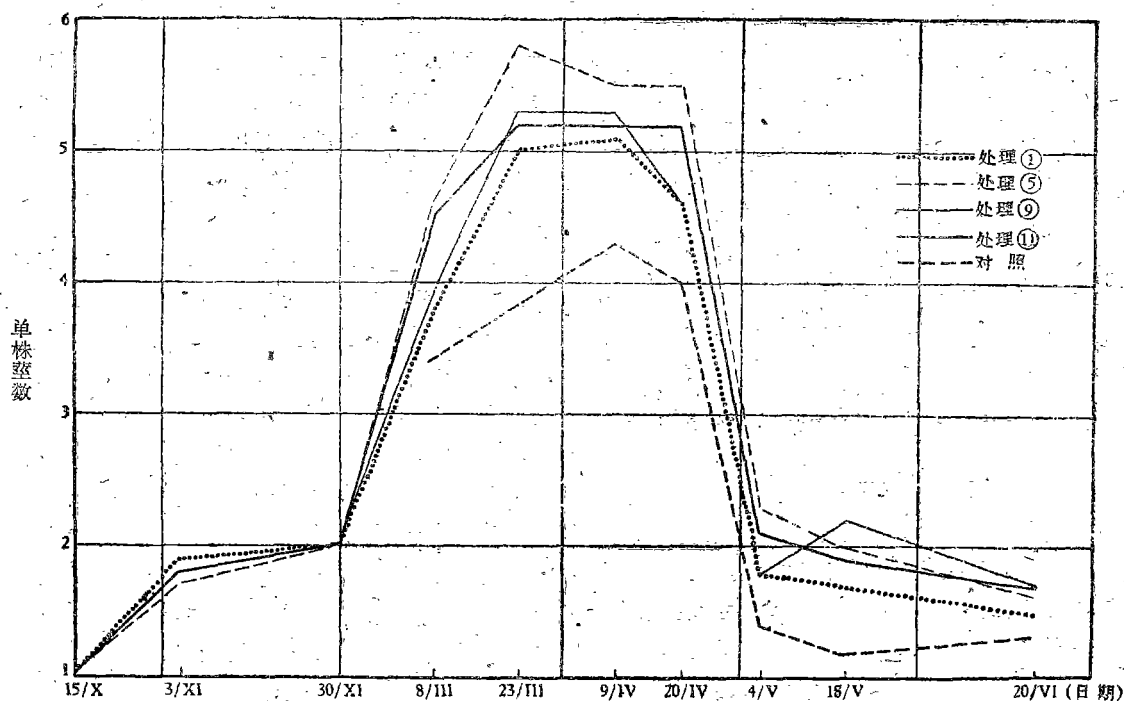


图 6 深耕施肥对冬小麦分蘖生长的影响

表 2 深耕施肥对土壤有机质含量的影响

处 理 有 机 质 含 量 (%) 深 度 (厘米)		1 9 5 9 年						1960 年	
		日期 (日/月)							
		12/III	15/IV	15/VI	21/VIII	15/X	1/XII	13/IV	19/V
		深耕前	玉米播前	拔节期	成熟期	小 麦 播 前	上 冻	拔节期	盛花期
深耕 30 厘米, 基肥用量 3 万斤/亩, 施肥深度 0—30 厘米 (处理①)	0—15	1.23	1.37	1.27	0.83	0.88	0.54	1.17	1.34
	15—30	0.53	—	—	—	0.78	0.59	0.96	0.97
	30—45	0.42	0.71	0.88	0.53	0.45	0.31	0.68	0.69
	45—60	0.40	—	—	—	0.45	0.24	0.60	0.51
	60—100	0.49	—	—	—	0.33	0.15	0.46	0.40
深耕 45 厘米, 基肥用量 4.5 万斤/亩, 施肥深度 0—45 厘米 (处理⑤)	0—30	—	0.99	1.34	0.85	—	—	—	—
	30—45	同上	0.83	0.99	0.67	—	—	—	—
	45—60	—	0.59	0.94	0.56	—	—	—	—
深耕 60 厘米, 基肥用量 6 万斤/亩, 施肥深度 0—60 厘米 (处理⑨)	0—15	—	—	—	—	0.55	0.55	1.12	1.36
	15—30	—	1.18	0.72	0.85	0.81	0.54	1.05	0.98
	30—45	同上	0.97	0.48	0.65	0.67	0.40	0.81	0.87
	45—60	—	0.79	0.47	0.68	0.46	0.34	0.67	0.66
	60—100	—	0.54	0.35	0.35	0.30	0.28	0.37	0.47
深耕 100 厘米, 基肥用量 6 万斤/亩, 施肥深度 0—100 厘米 (处理⑪)	0—15	—	—	—	—	0.46	0.54	1.18	1.28
	15—30	—	0.83	0.95	0.77	0.76	0.40	1.00	1.12
	30—45	同上	0.78	0.56	0.67	0.65	0.37	0.73	0.82
	45—60	—	0.73	0.39	0.60	0.53	0.34	0.66	—
	60—100	—	0.61	0.36	0.53	0.28	0.21	0.45	—

个(112—175 万茎/亩)(图 6)。同时,也是根系生长大大超过地上部的时期,从 11 月 30 日—3 月 8 日地上部干物质由 10.40 克/100 株增至 11.86 克/100 株(处理①、⑤、⑨、⑩、⑪的平均数,以下同)。而根重则由 2.06 克/100 株增至 5.13 克/100 株,而又以处理⑤、⑨增加最多。可见这时植株的主要矛盾是主茎与分蘖;地上部与地下部生长的矛盾。因此,农民认为返青期的管理关键在于促进麦苗早返青,巩固年前分蘖,争取早春分蘖,为穗多穗齐打下基础。同时,促进根系早发育和深扎,为地上部生长及抵抗春旱打下基础。

农民用早春顶凌耙麦、镇压以提高和稳定地温。同时早施返青肥,早浇返青水等各种措施去克服土壤肥力的不利因素,促进麦苗生长。必须指出,潮土类型在早春的水分运动状况介于黑土(夜潮地)和黄土之间,返浆较轻(今年地温上升快,便不甚明显),随着地温上升,风力加大,土壤水分迅速丢失[图 3(17/III)]。因此,必须在失去表层水分的同时而保存里层水分。所以耙、压应齐用。而黑土主要是水分过多的问题,所以着重耙地散墒。黄土则是保存水分的问题,而着重用镇压保墒。

施肥是一项十分重要的措施(表 2, 3, 4)。这时因植株尚小,虽然吸肥的绝对量不多,但氮、磷、钾含量百分率都是一生中较高的时期。而且这时地温低,微生物活动微弱,土壤养分状况较差,同时根系尚不强大,所以供给速效肥料便十分重要了。从吸肥速度来看,钾>磷>氮。钾的吸收直线上升,磷也急剧增加,这是因为新生组织十分需要磷、钾。也就是说,除了供应氮肥以便积极促进麦苗生长以外,尚需磷、钾肥料的供应。因试验地土壤缺少磷,所以磷肥的施用及其效果的发挥,更显得重要。试验地富含钾,因此钾肥的肥效尚待进一步研究。潮土类型土壤上肥料的施

表 3 深耕施肥对土壤水解性氮的影响

处 理	水解性氮的含量 (毫克/100 克土) 深 度 (厘米)	日 期 (日/月)	1959 年					1960 年		
			12/III	15/IV	15/VI	21/VIII	15/X	13/IV	4/V	19/V
			深耕前	玉米播前	拔节期	成熟期	小麦播前	拔节期	孕穗期	盛花期
深耕 30 厘米,基肥用量 3 万斤/亩,施肥深度 0—30 厘米 (处理①)	0—15						4.64	5.43	5.32	5.04
	15—30		2.89	4.88	3.79	3.67	4.30	5.60	3.92	3.92
	30—45		2.55	2.32	2.36	2.66	3.01	4.34	4.34	3.50
	45—60		2.59	—	—	—	2.22	3.92	5.04	3.64
	60—100		1.33	—	—	—	1.24	3.64	4.62	3.50
深耕 45 厘米,基肥用量 4.5 万斤/亩,施肥深度 0—45 厘米 (处理⑤)	0—30			3.86	3.37	2.89	—	—	—	—
	30—45	同上		2.68	2.80	2.43	—	—	—	—
	45—60			1.81	3.14	1.83	—	—	—	—
深耕 60 厘米,基肥用量 6 万斤/亩,施肥深度 0— 60 厘米 (处理⑨)	0—15						5.92	6.86	—	4.06
	15—30			3.62	3.06	2.93	3.84	4.48	—	4.76
	30—45	同上		4.08	2.96	2.34	4.02	3.92	—	5.32
	45—60			3.15	4.61	2.38	5.54	4.34	—	4.06
	60—100			2.18	1.31	2.19	2.74	3.36	—	3.50
深耕 100 厘米,基肥用量 6 万斤/亩,施肥深度 0— 100 厘米 (处理⑪)	0—15			3.26	4.45	2.87	5.99	6.58	5.60	4.48
	15—30						2.65	5.88	4.34	4.48
	30—45	同上		2.02	1.73	2.93	2.48	4.34	4.20	4.20
	45—60			1.45	1.71	2.35	2.67	4.34	3.36	2.94
	60—100			0.66	1.80	2.01	2.67	3.36	4.34	4.20

表4 深耕施肥对土壤速效磷的影响

处 理	速效磷的含量 (毫克/100克土) 深 度 (厘米)	日 期 (日/月)	1 9 5 9 年					1960 年
			12/III	15/IV	15/VI	21/VIII	15/X	19/V
			深耕前	玉米播前	拔节期	成熟期	小麦播前	盛花期
深耕30厘米,基肥用量 3万斤/亩,施肥深度0— 30厘米 (处理①)	0—15		1.65	3.88	3.52	3.53	4.79	6.3
	15—30						3.27	1.3
	30—45		0.62	1.99	0.67	2.29	0.94	1.4
	45—60		0.70	—	—	—	0.62	0.9
	60—100		0.64	—	—	—	0.90	0.6
深耕45厘米,基肥用量 4.5万斤/亩,施肥深度 0—45厘米 (处理⑤)	0—30			3.57	4.91	4.77	—	—
	30—45	同 上		2.62	2.90	1.90	—	—
	45—60			5.33	0.67	0.36	—	—
深耕60厘米,基肥用量 6万斤/亩,施肥深度0— 60厘米 (处理⑨)	0—15			3.82	2.99	3.35	5.70	5.5
	15—30						2.06	2.7
	30—45	同 上		2.89	2.96	1.78	2.26	2.8
	45—60			1.87	1.26	1.68	1.17	0.9
	60—100			1.08	0.32	0.78	1.85	—
深耕100厘米,基肥用量 6万斤/亩,施肥深度0— 100厘米 (处理⑩)	0—15			3.71	2.34	3.59	4.38	3.7
	15—30						2.87	1.6
	30—45	同 上		2.18	2.67	1.22	1.08	1.1
	45—60			1.04	1.84	1.58	1.08	1.1
	60—100			1.12	0.89	0.88	0.76	1.1

用,可以在表层白天化冻10厘米时进行,利用返浆水溶解肥料,亦可沟施颗粒肥料及硫酸铵,又同时收到耙地和断旧根的作用,再结合施用前后的整压,可以增温保墒。

灌返青水是这个时期最重要和最复杂的措施,主要是掌握灌水要早,用量要少的原则。这一方面要看当时的天、地、苗情,另一方面又要顾及拔节前的蹲苗。试验地是在3月18日灌返青水的,农民认为这是比较合适的时期,因为:(1)气温和地温已稳定在6℃以上;(2)苗开始较快生长;(3)土壤水分已处于17—19%,风增多增大,春旱开始;(4)离蹲苗期的结束还有25天左右,可以接上拔节水。农民很强调接上拔节水的問題。因为过晚浇或水量过大时,将使蹲苗时土壤水分过多而蹲不住苗;过早浇或水量过小时,土壤水分将维持不到蹲苗结束而无法继续蹲苗。可见返青浇水的决定又以地情为第一。

深耕施肥增加后,保墒能力较强,土壤水分含量较多,微生物及根系活动增强,因此苗生长较旺,从而水肥控制亦应有所区别。浅耕少肥的处理可以多施肥,晚浇水,利用地温高、水分多而充分发挥肥效,而深耕多肥的则浇水要早,以免肥劲过足及蹲苗时水分过多。

试验地在2月22日整压,3月7日施用硫酸铵20斤/亩,3月10日施颗粒肥50斤/亩(每百斤含40斤过磷酸钙,60斤猪圈粪,施用均嫌过晚),3月18日灌返青水,在施肥前后则多次耙地和中耕。经过这些措施以后,麦苗生长健壮,由三类苗跃进为一类苗,单株茎数达到4—5.8个(132—191万苗/亩)(图6)。3月14日—4月9日时根系迅速生长,不论在数量上或者在长度上的增长,都是一生中最快的时期(表10),3月中旬处理⑩根长达100厘米,处理①也在3月底达到80厘米。返青水明显地起了促进根系生长的效果。返青初期(3月8日)深耕多施肥处理根总量增

加了1—66%,在整个返青期间,处理⑩在壁龕中的根数均大大地超过处理①(表10)。可見深耕多施肥,基础更为巩固。

这时深耕多施肥的优越性,越来越大,与对照的差别愈来愈明显。除根系发育的差别以外,干物质累积增加,分蘖增加6—56%(图6),最后收获时成穗率随分蘖的增加而增加(表5),可見这个时期争取分蘖是一个积极的措施。氮、磷、鉀的吸收增加50—120%。在4月初时处理⑩已超过处理⑤,而成为最好的处理,这是根系下扎的结果。

表5 深耕和施肥的增产效果

处 理 代 号	产 量		深耕施肥的 效果(%)	增施肥料的 效果(%)	松 土 的 效 果 (%)		
	市斤/亩	%					
对 照	550	100.0	100.0				
①	646	117.5	119.2	100.0	100.0		
②	665	120.9		102.9			
③	692	125.8					
④	678	123.3	123.0	100.0	105.0		
⑤	659	119.8		97.2			
⑥	713	129.6					
⑦	724	131.6	134.2		110.4	109.9	
⑧	847	154.0		100.0			
⑨	669	121.6		79.0			
⑩	715	130.0	128.7				100.0
⑪	700	127.3					106.9

三、巧浇拔节水,争取穗多穗大不倒伏

在拔节期间(3月20日—4月18日)气温迅速上升至6—14℃(图2),25厘米地温上升至5—12℃(图5),比裸地约低1—3℃。微生物活动迅速加强,土壤呼吸达到最大强度(高达18—19克/平方米·天),二氧化碳浓度亦达最高,为1—2%(图4,5),有机质含量比上冻时增加约1倍,达0.4—1.2%(表2),从而使水解性氮增加30—80%,达3—7毫克/100克土(表3)。可見这时养分较为充分。而这时干旱剧烈发展,雨少,风大而频繁,相对湿度降至最低(图2)。随着气温和土温的不断上升和小麦生长速度的加强,土壤水分急剧减少(图3,8),从而土壤水分的消长便成为其他土壤肥力因素及小麦生长发育的主要矛盾。而在目前条件下,水分的消耗又是矛盾的主要方面。当增加土壤水分时,可以加强微生物的活动,增加养分的释放及提高肥效,从而满足小麦水、肥、气、热的要求而达到丰产。深耕施肥后,不但使这个时期的养分增加10—40%,而最主要的还是土壤渗水、保水、储水能力的加强,使土壤含水量高于浅耕处理(图8)。也就是說,深耕施肥提高了这个时期水肥控制的稳定性,有较强的抗旱能力。

这是小麦一生中最重要时期,矛盾错综复杂,是丰产的关键时期。在拔节前根系大量生长(表10),为地上部的快速生长打下巩固的基础。这时植株生长和干物质累积都迅速加快,高度由前期的0.38厘米/天加快为0.8厘米/天。干物质累积由每天增长0.62克/100株跃进到3.27克/100株,植株增加速度以叶片>叶鞘>茎。植株对氮的吸收达到第一高峰,每天吸收由3.18毫克/100株猛增至109.35毫克/100株。吸收鉀仍保持每天40.22毫克/100株的高速度,氮、鉀的吸收均主要输往叶片,说明此时以叶片生长为中心,叶片的生长为下一阶段植株的快速生长准备了物质条件。但是,假如生长过旺的话,营养物质将不能畅通地输往叶鞘和新生茎,甚至发生叶倒伏。因此,必须掌握叶片的生长。这时分蘖维持最高水平,4月9日时有4.3—5.5个(142—182万苗/亩)

(图 6), 羣体已經封壠, 叶片有可能繼續加长加大, 是营养生长最旺盛的时期, 也是个体与羣体矛盾最尖锐的时期。这是第一次綠黃变化的时期, 当第一黃显现以后, 叶片中的营养物质开始大量的往叶鞘及茎中輸送。黃是一个生理轉折点, 标志着以叶片为生长中心轉向以叶鞘为生长中心的时期, 以氮代謝为主的时期向氮、碳代謝同时并重过渡 (图 7)。

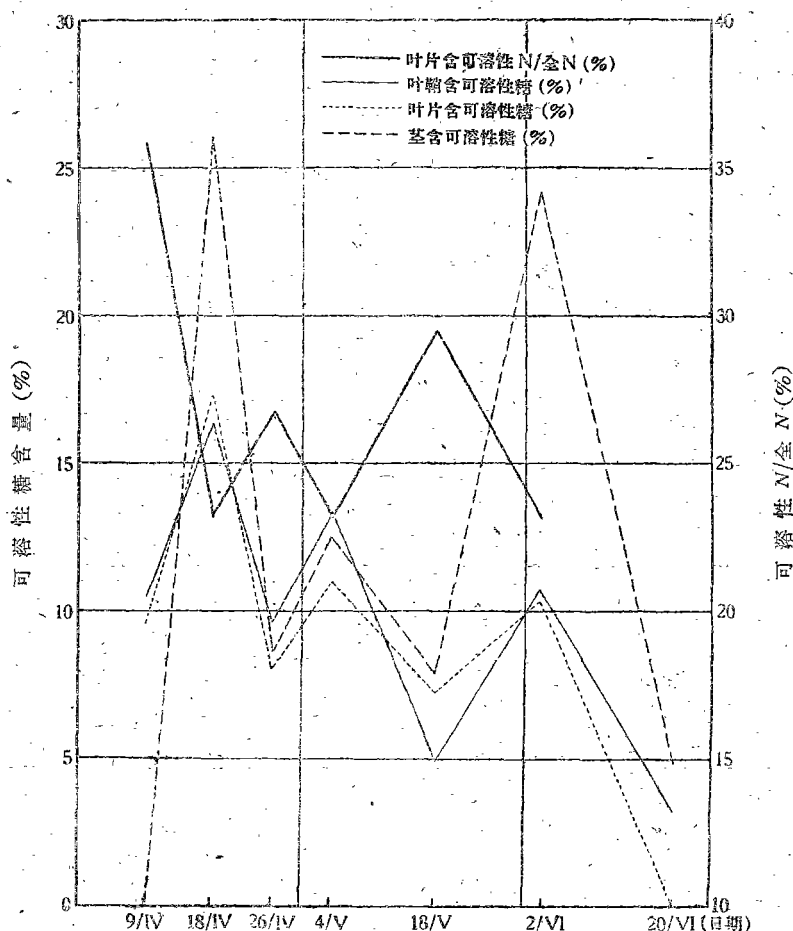


图 7 冬小麦植株各部含糖及叶片含氮变化图

这时要求羣体緩慢下降, 叶片健壮, 植株壮而不旺。因此, 我們必須适当抑制个体生长, 促进合理羣体结构的形成。因这时生长中心为叶片, 故首先抑制了叶片的生长而轉向叶鞘为生长中心。同时, 也因适当抑制了营养生长而促进了生殖生长, 并使綠轉黃, 使以氮代謝为主向氮、碳代謝并重过渡, 从而达到穗多、穗齐、穗大、粒多而不倒伏的目的。

实验站农民巧妙地应用了以中耕、施肥、灌水等蹲苗措施, 控制了土壤水分以及植株对肥料的吸收, 从而解决了个体与羣体的矛盾和这时出現的其他一系列矛盾, 达到上述促进和控制的目的。蹲苗使小麦形成了“抗旱型”的植株。

上面已提到, 在返青期已为蹲苗准备了条件(施肥、灌水), 而这时主要采取中耕保墒以及和緩供給养分。这时出現吸氮的第一个高峯, 說明迫切需要氮素的供应。但是, 正因为其吸氮能力强, 因此又必須控制氮素的供应, 以免叶片瘋长和产生过多无效分蘖, 发生羣体过度郁閉而倒伏。这是辯証的矛盾統一。农民认为灌返青水后地皮稍干时施用硫酸銨 15 斤/亩, 肥效可以保持到灌拔节水。从蹲苗的控制可見, 固然潮土上春旱是小麦栽培的不利因素, 但假如掌握得好, 将会变成十

分有利的因素,从而我們可以通过水去控制肥料以及小麦的生长发育。

蹲苗的結束,拔节水时期的决定,是十分重要和复杂的技术。灌得早了将使植株旺长而发生倒伏和穗小粒少,穗子参差不齐;灌得晚了,将影响植株生长,致使穗小粒少,因为这时是小麦个体生长的需水临界期。农民认为以苗情为第一,将苗蹲实,叶片硬健,出现1、2茎节时即可灌水。这时50厘米土层的水分掌握在15%左右。从我們的試驗看来,这正是黃的时期,蹲苗乃促进黃的显现,到黃显现以后3—4天生理转变已經通过时,即可灌水,以后营养物质将由叶片源源输出。因此,我們认为“黃”是灌拔节水时苗情方面的一个重要标志。当土壤肥力較足,植株叶片較寬大而浓綠,轉黃較迟时可以多蹲几天。而当肥力較差,植株生长較差,叶片黃的較早时,可以早一些灌水。拔节水水量应适当增大,約达田間持水量的80%。但也不应过大而影响下一阶段的水分掌握。

試驗地是在4月18日灌水,这时叶片已达最黃而轉第二綠的时期。黃的到来及程度都与深耕施肥处理有密切的关系。凡是翻耕較浅,施肥較少的处理(对照、①、②、③、④),叶色都明显,而迅速地于4月11日开始現黃,4月14日时已比較黃了。而深耕多肥的处理(⑤、⑥、⑩、⑪)叶色則較浓綠,轉黃較緩。这是因为深耕多施肥后改善了土壤肥力状况,植株吸肥大大增加,叶片中积存了較多量的可溶性氮的結果。假如过早浇拔节水,蹲苗不好,或氮素营养再多的話,可以預見,糖分将在叶片中大量地合成蛋白質,使叶片浓綠旺长而不轉黃,并发生倒伏,或营养体过大而不能抵抗以后的干旱,影响生殖生长。所以我們认为,深耕多肥处理在4月18日灌水正合适,而浅耕少肥处理則晚了一些。从土壤水分的变化上也可以看出这个問題(图3)。浅耕处理在4月

表6 深耕施肥对土壤細菌总数的影响

处 理		日 期 (日/月)	1959年					1960年				
			28/III	13/IV	15/VI	21/VIII	深 度 (厘米)	15/X	4/XII	8/III	17/IV	24/V
			深耕前	玉米播前	拔节期	成熟期		小麦播前	上 冻	返青期	拔节期	盛花期
			10 ⁵ 1克土	10 ⁶ 1克土	10 ⁸ 1克土	10 ¹⁰ 1克土		10 ⁷ 1克土	10 ⁵ 1克土	10 ⁶ 1克土	10 ⁸ 1克土	10 ⁹ 1克土
			10 ⁵ 1克土	10 ⁶ 1克土	10 ⁸ 1克土	10 ¹⁰ 1克土		10 ⁷ 1克土	10 ⁵ 1克土	10 ⁶ 1克土	10 ⁸ 1克土	10 ⁹ 1克土
深耕30厘米, 基肥用量3万 斤/亩,施肥 深度0—30厘 米(处理①)	0—30 30—45 45—60 60—100 100—120		16.8 0.6 0.6 0.8 2.0	8.8 9.6 9.0 9.3 8.5	5.932 5.177 3.444 1.650 1.311	39.160 40.830 0.214 3.353 0.876	0—15 15—30 30—45 45—60 60—100	1.09 12.96 0.21 3.15 2.52	4.2 6.5 2.7 2.7 3.1	6.5 6.0 3.9 10.9 2.9	0.08 0.07 0.07 0.13 0.15	26.106 7.264 4.254 0 0
深耕45厘米, 基肥用量4.5 万斤/亩,施 肥深度0—45 厘米(处理⑤)	0—30 30—45 45—60 60—100 100—120	同 上		10.2 3.7 1.4 3.1 2.3	1.250 1.479 5.854 2.949 1.958	518.000 36.910 3.496 0.087 0.012						
深耕60厘米, 基肥用量6万 斤/亩,施肥 深度0—60厘 米(处理⑥)	0—30 30—45 45—60 60—100 100—120	同 上		5.2 7.0 14.0 1.6 0.5	11.180 0.034 0.298 5.251 2.519	3009.000 59.510 0.609 0.156 0.159	0—15 15—30 30—45 45—60 60—100	3.68 1.33 6.20 2.83 3.69	4.2 20.2 4.0 17.2 2.8	4.1 5.7 3.3 1.6 5.0	0.15 0.41 147.62 3366.00 1045.30	0.392 0 0 0 1.115
深耕100厘米, 基肥用量6万 斤/亩,施肥 深度0—100 厘米(处理⑩)	0—30 30—45 45—60 60—100 100—120	同 上		117.0 77.1 81.7 60.2 29.5	8.964 4.140 7.444 3.370 8.993	134.600 87.110 2.971 0.011 0.058	0—15 15—30 30—45 45—60 60—100	26.00 34.68 8.84 1.80 8.15	5.1 — 2.5 1.3 4.1	3.2 323.2 1.9 1.9 1.5	457.46 187.73 448.13 87.88 235.28	58.252 1.430 1.171 0.956 0.840

17 日时水分已嫌过少,表层只达 10—12%。但是,土壤水分也是一个活的指标,必须灵活掌握,当旺苗的土壤含水量达 12—13%,而次苗在 15—17% 的时候便需灌水了。

試驗地各处理是在 4 月 16 日达到最黄的,但在 4 月 17 日已普遍轉綠了(尚未灌水),而这时土壤水分比較缺少(图 8)。可見一方面肥、水影响綠黃变化,另一方面在一定限度的肥水范围内,綠黃变化有其自身的独立性。这也証明黃是生理变化而不是缺水缺肥所致。

試驗地順利地通过了拔节关,这除了已轉黃外,分蘖不再增加(图 6),叶片不再伸长,加寬減緩,茎的干物質开始迅速累积,根系范围达到最大阶段(表 10),处理③的根系也达到 100 厘米深。从而为下一阶段的生长发育打下了巩固的基础。在幼穗分化结束后,幼穗发育的調查結果,穗长、小穗数都随深耕施肥的增大而增加,充分反映了深耕多施肥的优越性。小穗数与考种时調查結果基本相同,已孕小穗数約 10 个左右(表 11)。假如每个小穗有 2—2.5 粒,每穗便有 20—25 粒,也就是說达到了預定穗子大小的目的。而各处理植株生长都健壯,从而达到不倒伏的目的(只有处理⑨在灌漿后期有部分倒伏)。

此外,干物質累积,氮、磷、鉀吸收均随着深耕施肥的增加而显著地增加,而且是一生中差別最为明显的时期。干物質累积各处理平均达 61 克/100 株,比对照增加 77—132%,氮、磷、鉀的吸收达 1.47、0.39、2.13 克/100 株,比对照增加 90—250%,而以磷、鉀增加幅度較大。其中又以叶片中可溶性氮的增加最为明显,因为这是长叶及以氮代謝为主的时期。茎、叶片、叶鞘中可溶性糖百分数均随深耕施肥的增加而減少,最多达 33%。

表 7 深耕施肥对土壤硝化細菌的影响

处理 代号	日期 (日/月)	1959年						1960年			
		28/III	13/IV	15/VI	21/VIII	深度 (厘米)	15/X	4/XII	8/III	17/IV	24/V
		深耕前	玉米播前	拔节期	成熟期		小麦播前	上 冻	返青期	拔节期	盛花期
		个 1克土	个 1克土	10 ⁴ 1克土	10 ⁴ 1克土		10 ³ 1克土	10 ³ 1克土	10 ³ 1克土	10 ³ 1克土	10 ³ 1克土
		单 位 (厘米)									
①	0—30	7,748	1,281	155.50	5.43	0—15	53.5	12.8	16.2	11.9	2.3
	30—45	79	0	4.93	1.32	15—30	13.2	13.1	16.2	2.8	1.8
	45—60	80	0	0.51	0.54	30—45	3.0	1.1	0.3	0.2	0
	60—100	1,199	100	0.11	0.12	45—60	0.3	13.1	0.5	0.2	5.0
	100—120	119,500	50	0.09	0.05	60—100	0.6	0.1	5.2	0.3	0.7
⑤	0—30		124	2.80	5.47						
	30—45		624	0.50	13.35						
	45—60	同 上	123	1.25	0.05						
	60—100		100	0.01	0.06						
	100—120		10	0.03	0.00						
⑨	0—30		0	153.90	13.34	0—15	29.6	5.3	16.2	2.8	10.6
	30—45		124	0.50	1.70	15—30	30.1	5.3	17.5	1.1	10.5
	45—60	同 上	125	15.67	1.75	30—45	54.7	13.2	16.5	0.6	1.2
	60—100		100	0.17	0.31	45—60	11.7	3.1	12.8	8.6	0.4
	100—120		50	0.29	0.19	60—100	1.7	1.2	3.5	0.2	0
⑪	0—30		64	156.00	5.42	0—15	29.5	16.5	16.0	12.2	13.1
	30—45		636	1.67	0.04	15—30	11.4	5.4	14.1	0.2	1.7
	45—60	同 上	663	159.60	1.71	30—45	5.5	5.4	16.2	0.3	1.7
	60—100		13380	1.62	1.76	45—60	11.4	3.0	16.5	0.3	0.5
	100—120		65	0.30	0.32	60—100	11.8	3.7	16.5	0.3	5.0

四、适浇孕穗水,争取穗多、穗齐、粒多

在拔节期根系大量生长,为孕穗期(4月18日—5月4日)植株的快速生长打下基础。这时根系生长速度减缓,只产生一些分枝,以致在100厘米土层内停止发展(表层纤维根例外),但仍往深层延伸,最深达165厘米,但自100厘米以下已很少分枝。这时植株生长的最主要特点是株高急剧伸长,是一生中最快的时期,由前期的0.85厘米/天跃进至3.10厘米/天(表11)。干物质累积仍保持每天增加2.96克/100株的高速度(表11)。这是第二绿黄变化时期,异于第一变化时期的是叶鞘中糖分急剧增加,含糖百分数及干物质累积速度均超过了叶片,是以叶鞘为植株生长中心的时期,叶鞘成为营养物质的转动站,第二次转黄以后营养物质将源源不断地输往茎秆。同时,分蘖急剧削减(图6),这是决定有效穗数的最后时期。这时另一个十分重要的特点是穗子重量开始迅速增长,进行雌雄配子体分化,是决定穗大、粒多的关键时期,生殖生长与营养生长的矛盾成为主要矛盾。我们的任务是适当抑制叶鞘的生长,使营养物质顺利地输向并储存在茎中,以便为长穗准备条件。同时,适当抑制主茎的生长,争取有效分蘖及长大分蘖穗。

这期间气温上升至14—18℃(图2)。25厘米地温上升至12—15℃(图5)。比裸地低2—4℃。随着根系和微生物活动的减弱,以及土壤水分的减少,土壤呼吸强度和CO₂含量开始减低(图4,5)。水解性氮比前期稍有增加。细菌总数、真菌等达到最旺盛,而硝化细菌、固氮菌、放线

表8 深耕施肥对土壤固氮菌的影响*

处 理 代 号	日 期 单 位 (日/月) 深 度 (厘米)	1959年				1960年		
		28/III	13/IV	15/VI	21/VIII	深 度 (厘米)	15/X	4/XII
		深耕前	玉米播前	拔节期	成熟期		小麦播前	上冻
		个/1克土	个/1克土	10 ³ /1克土	10 ³ /1克土		10 ³ /1克土	10 ³ /1克土
①	0—30	1422	590	0	7.31	0—15	16.65	14.17
	30—45	120	0	0	1.54	15—30	4.35	23.51
	45—60	55	0	1.21	0.60	30—45	0.83	0.17
	60—100	12	0	0.80	0.42	45—60	0.52	0.56
	100—120	22	0	0.19	1.28	60—100	0.43	0.14
②	0—30		104	30.01	4.99			
	30—45		0	2.13	1.00			
	45—60	同上	0	2.72	0.37			
	60—100		60	0	0.36			
	100—120		0	0.34	0.04			
③	0—30		137	11.21	3.76	0—15	10.51	3.05
	30—45		0	2.20	3.69	15—30	7.65	1.12
	45—60	同上	0	0	1.70	30—45	6.65	0.55
	60—100		0	0	0.45	45—60	1.89	0.28
	100—120		0	0.14	1.35	60—100	4.86	0.13
④	0—30		1018	3.34	10.79	0—15	6.38	3.88
	30—45		0	1.55	3.30	15—30	4.08	1.11
	45—60	同上	205	0	1.91	30—45	1.56	0.27
	60—100		0	0	0.49	45—60	2.38	0.33
	100—120		0	0	0.10	60—100	0.14	0.05

* 小麦返青期、拔节期、盛花期各处理各层均无固氮菌。

菌等則随夏季的到来而趋减少^[8](表6)。这时降水仍少,耗水量卻大增,土壤水分繼續急剧減低(图8),春旱达到最严重的时期。因此,土壤水分的消长仍是主要矛盾,深耕施肥仍表現前期的效果。

表9 深耕施肥对土壤微生物呼吸强度的影响*
(含 CO₂, %)

处理 代 号	日期 (日/月)	1959年						1960年		
		15/VI	15/VII	21/VIII	深度	15/X	4/XII	8/III	17/IV	24/V
		玉米拔节	盛花期	成熟期	(厘米)	小麦播前	上冻	返青期	拔节期	盛花期
	深度 (厘米)									
①	0—30	3.0	3.8	3.0	0—15	1.0	0.0	0.0	0.4	0.2
	30—45	0.9	0.2	1.0	15—30	1.6	0.0	0.0	0.4	0.3
	45—60	0.4	0.4	1.6	30—45	0.8	0.2	0.0	0.0	0.1
	60—100	0.4	0.4	1.0	45—60	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	100—120	0.4	0.4	0.4	60—100	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0
⑤	0—30	3.6	—	2.6						
	30—45	1.0	1.0	0.4						
	45—60	0.4	0.4	—						
	60—100	0.4	0.4	2.4						
	100—120	0.2	0.4	0.5						
⑨	0—30	1.8	2.2	4.4	0—15	0.9	0.4	0.0	0.1	0.2
	30—45	0.8	0.6	1.3	15—30	1.0	0.4	0.0	0.1	0.0
	45—60	1.0	0.4	2.2	30—45	1.6	0.6	0.0	0.0	0.1
	60—100	0.4	0.4	3.0	45—60	0.4	0.2	0.0	0.0	0.1
	100—120	0.4	0.4	1.6	60—100	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
⑩	0—30	1.6	2.6	3.0	0—15	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0
	30—45	1.2	0.6	1.3	15—30	0.2	0.4	0.0	0.0	0.2
	45—60	1.2	0.6	1.4	30—45	0.2	0.3	0.0	0.0	0.2
	60—100	0.6	0.8	1.0	45—60	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2
	100—120	—	0.4	2.0	60—100	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0

* 将150克土样在三角瓶中室内培养36小时,后将瓶中空气逐入气体分析器中分析CO₂含量。

因此,这时期的关键性措施是灌水和保墒。但是,农民认为在丰产的条件下,除了满足水分需要外,还应适当给予控制,以便壮秆和防止倒伏,从而解决营养生长与生殖生长的矛盾。同时可以适当抑制主穗的发育,而促进小穗长大和削去无效分蘖。孕穗水宜大,灌溉宜适时,因这时茎已伸长,而又多大风,灌后易倒伏。同时,我们认为第二黄的出现也可作为灌孕穗水的标志,因为这时叶鞘的营养物质已源源输向茎秆,再由茎秆输向穗子,可以满足茎秆强烈生长的要求,不会发生养分停留在叶鞘中,使茎秆生长变弱,或营养物质阻滞在茎秆中而不输向穗子。

试验地水分控制欠妥,因机井水量小,拔节水量不足,而拔节后水分消耗很大,孕穗水又过迟,因此,在4月底时已过于干旱(图8,斜线部分表示水量不足)。这个时期结束后,分蘖猛减,5月4日时单株茎数1.4—3个(42—70万茎/亩)(图6)。但是这时有效分蘖一般比冬前分蘖略高,而且随深耕施肥的增加而增加,达到了争取穗数的要求。但是,因为水分不足,空粒达30—40%,所以未争取上粒数,每穗只有15—17粒。同时这次灌水量仍过小,致使以后再灌水时也无法阻止土壤水分愈益减少的情况,使后期不少小穗死亡。

在这个时期,深耕多施肥处理仍与拔节期一样发挥了很大的效果,无论干物质和糖分的累积;氮、磷、钾的吸收;还是 C/N 比值的变化都与前期规律相同。此外,因浅耕少肥处理吸收氮较少,所以可溶性糖含量较多,从而输往穗中和营养物质也较多,同时生殖期也提前 1—3 天,因此,凡是浅耕少肥处理的穗子在 5 月 15 日时绝对重量较重,占整株干物质重的百分数也较大,以后将使千粒重增加。

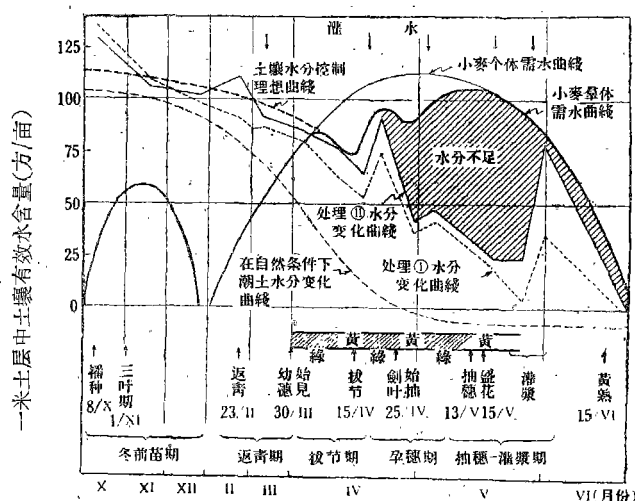


图 8 北京潮土上小麦丰产水分控制图

五、后期灌水,争取粒多、粒饱

在抽穗—灌浆期(5月4日—6月2日)是以生殖生长为主的时期,穗子迅速发育,营养生长将退于次要的地位,株高生长缓慢甚至停止,根系发育停止,不再产生新根(表层纤维根例外)(表 10)。但是,植株干物质累积在此时达到最高峰。这时叶片和叶鞘的干物质、糖和氮、磷、钾含量均有所增加,这是剑叶和 1、2 叶增加的结果,适应植株猛增的需要。这是第三绿黄变化时期,异于前期的是茎的含糖百分数及总量均大大超过叶片和叶鞘,所吸收的氮、磷、钾也主要输入茎中,在叶片和叶鞘中则趋于减少,干物质的激增也是茎所致。所以茎已成为植株生长的中心,并为营养物质储积及运转中心。这时 C/N 比值加大(14.5),是以碳代谢为主的时期。转黄以后营养物质不断输入穗子,合成淀粉。

这时气温已上升至 16—23℃, 25 厘米地温上升至 15—16℃, 因植株高大,地温较稳定,比裸地高 2—8℃。土壤呼吸强度及 CO₂ 含量继续减少,有机质、速效磷含量则稍多于拔节期,水解性氮仍维持在孕穗期的水平。这时植株吸收氮、磷、钾猛增,均达到一生中最高峰,可见土壤养分的释放也是极大的。而这时降雨仍少,土壤水分继续减低,仍为肥力及丰产的限制因子。

所以,大力供水,释放养分,发挥肥效,以便延长叶片功能和根系的吸收能力,促使营养物质输往穗子,争取穗大、粒饱是这个时期栽培管理的中心环节。试验地在 5 月 18 日灌扬花水,这时土壤已过于干旱(图 8),且灌水量仍不足,因此只暂时阻止了土壤水分的继续减少,在 5 月 25 日时发生萎蔫现象,其中又以浅耕处理比较严重。在 5 月 27 日再灌灌浆水。这二次水在增产上起了很大的作用,使小麦后期仍能正常生长和灌浆。

六、小结和讨论

(一) 从上述可见,冬小麦在北京地区一生中明显地分出几个不同的阶段,每个阶段有其

表 10 深耕施肥对冬小麦根数增长的影响*

处理代号 根数 日期 (日/月)	①																⑩																		
	深度 (厘米)																																		
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1959年	0	5	2	1														4	8	7	4	0	1												
24/X																																			
2/XI																																			
9/XI																																			
16/XI																																			
25/XI																																			
4/XII																																			
12/XII																																			
19/XII																																			
27/XII																																			
1960年																																			
3/I																																			
9/I																																			
1/I																																			
16/II																																			
22/II																																			
3/III																																			
9/III																																			
19/III																																			
26/III																																			
2/IV																																			
9/IV																																			
18/IV																																			
24/IV																																			
30/IV																																			
9/V																																			
16/V																																			
总 计	61	83	61	91	74	82	50	44	35	54	43	62	42	16	3	15	2	100	141	97	101	107	67	58	49	54	59	39	30	22	42	36	39	28	

* 为地下至壁龛中的根数。
** 未调查。

表 11 肥料施肥第二年对冬小麥產量及產量組成的影响*

項 目	株 高 (厘米)	產 量 市斤/亩	以對 照為 100	單 株 穗 數 (个)	有 效 分 蘗 率 (%)	穗數組成 (%)		小 花 數				千 粒 重 (克)	小 穗 數																
						主 穗	第二分蘗	空 粒 數					已 孕				不 孕												
								空 粒 數					主 穗				主 穗												
								空 粒 數					主 穗				主 穗												
								空 粒 數					主 穗				主 穗												
處理 代 号								主 穗	第一分蘗	第二分蘗	穗平均	主 穗	第一分蘗	第二分蘗	穗平均	主 穗	第一分蘗	第二分蘗	穗平均	不孕小穗數/總數(%)	第一分蘗	第二分蘗	穗平均						
①	87.6	646	117.5	1.48	33	66.4	27.6	0.17	9.15	4.14	1.16	9.7	6.3	5.9	7.0	29.9	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1	
②	84.4	565	120.9	1.57	33	63.7	31.5	4.8	17.9	13.9	12.2	15.8	7.6	6.5	6.0	7.0	29.9	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
③	90.7	692	125.8	1.69	34	59.3	28.9	11.8	17.7	15.5	14.2	16.6	7.8	7.7	6.2	7.5	30.7	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
④	86.4	678	123.3	1.64	36	60.9	33.3	5.8	17.3	13.3	13.1	15.8	8.1	9.4	9.5	8.6	32.0	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
⑤	88.3	659	119.8	1.63	30	61.3	34.0	4.7	17.2	12.6	12.0	15.4	8.3	8.0	6.6	8.1	32.7	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
⑥	91.1	713	129.6	1.73	42	57.9	33.3	8.8	18.1	13.7	13.0	16.2	8.2	7.1	8.0	7.8	31.3	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
⑦	93.1	724	131.6	1.76	32	57.7	35.0	7.3	17.1	14.5	12.7	15.6	8.1	6.8	7.0	7.4	32.2	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
⑧	95.0	847	154.0	1.96	38	51.0	35.5	13.5	17.8	15.0	13.6	16.3	9.0	6.8	6.1	7.8	33.6	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
⑨	91.9	669	121.6	1.73	38	57.7	33.3	9.0	17.9	14.6	13.1	16.4	11.1	9.6	10.0	10.5	38.3	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
⑩	94.2	715	130.0	1.79	33	55.8	36.7	7.5	16.8	12.3	12.1	14.8	9.3	7.2	7.4	8.4	35.7	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
⑪	87.6	700	127.3	1.69	33	59.2	35.7	5.1	17.1	14.0	12.2	15.8	9.3	7.6	9.6	8.7	35.3	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1
对照	77.5	550	100.0	1.33	33	75.2	19.8	5.0	15.3	13.9	14.6	15.0	7.2	5.5	7.6	6.9	32.1	10.6	9.6	9.0	9.2	3.4	4.0	4.7	3.6	24.3	29.4	34.3	28.1

* 產量系打實收,其餘各項則為約 100 株的平均。

特殊的矛盾,因而对外界环境有特定的要求。这些阶段的要求,是在小麦个体生长发育的基础上提出来的,但是,我們栽培小麦是在羣体的情况下进行的,特别是密植和高肥水平下个体与羣体是有矛盾的,有时还很尖锐,因此,这些阶段和要求又有异于个体的生长和发育规律。我們栽培小麦的任务便是不断地分析各阶段的矛盾,确定主攻方向,根据不同性质的矛盾用不同的方法去解决,从而获得丰产。现将土壤肥力、植株生长发育以及与耕作措施的关系总结列入表 11。

(二) 我們认为,根据小麦羣体的生长发育和生理、生化变化规律,在現有栽培耕作的技术水平下,丰产小麦进行有节奏的促进、抑制、再促进、再抑制、再促进的栽培管理措施是适当的。返青-拔节期第一次促进抑制,拔节-孕穗期第二次促进抑制,揚花期第三次促进。促进愈来愈强,抑制一次比一次轻(图 8)。每一次促进都为下一阶段的抑制打下基础。这样可以使植株顺利地通过各个阶段。北京潮土在丰产条件下其肥力的主要矛盾为土壤水分的消长。因此,这些促进和抑制可以通过水分的控制和施肥、耕作的配合来进行。中耕成为水分控制的有力的一环。农民說:“早中耕地发暖,多中耕地不板,深中耕防涝又抗旱。”也就是中耕可以用来促进或抑制植株的生长发育。必須适时适量地灌水,早灌返青水,晚灌拔节水,适时灌孕穗水,及时灌揚花灌浆水,水量由小到大,一环扣一环,一关过一关,假如某一阶段控制欠妥,也可以在下一阶段力求补足。試驗地便是在三类苗的基础上获得丰产的。

(三) 必須指出,土壤肥力与作物生长发育是相互联系、相互制约的矛盾统一体,而各个土壤肥力因素之間又組成各种矛盾统一体。譬如說,土壤养分的效能,不但受土壤微生物、作物根系发育以及土温高低的影响,而且也受土壤水分状况的影响。当土壤水分过少时,土壤中速效养分含量虽然很多,也不能为作物根系所吸收。因此,当土壤水分可以控制时,便可以用水分去掌握作物吸收肥料的能力。同理,当土壤水分较难控制时,也可以通过肥料的掌握去控制水分的效用。我們应充分利用这些特性去解决作物与土壤肥力因素之間的矛盾,从而达到控制作物生长发育的目的。

經过人为措施以后,通过土壤肥力因素和作物生长发育的改变而能不断地提高土壤肥力。前已提到,試驗地在小麦盛花期时,不論有机质含量、养分释放能力、微生物活动强度等等方面,都大大地超过深耕施肥以前的水平,愈深耕愈多肥时,肥力提得愈高。

(四) 从表 5 的結果看来,深耕施肥在第 2 年仍发挥了很大的效果。随着深耕施肥的增加,成穗率显著地提高,第 1、2 分蘖穗比重增加,它們的穗粒数达到主穗的 60—80%,可見爭取分蘖穗的重要作用。在我們的試驗条件下,单株穗数的增加成为增产的主要因素,其中又以处理⑦、⑧的成穗率为最高,从而它們的产量也最高。当翻耕过深,施肥过多时(主要是施肥过多时),成穗率反而降低。这是因为处理⑨、⑩、⑪吸肥较多,分蘖也较多,植株生长較旺盛,羣体較密,因而在后期水分不足的情况下,小穗死亡反而增加,在孕穗时是以处理⑩的成穗率为最高。也就是說,当水肥控制得当时,成穗率和产量是会随深耕施肥的增加而正相关地增加的。

小穗数随着深耕施肥的增加而增加,但是不孕小穗数也增加了,因此,各处理的已孕小穗数相

表 12 孕穗、揚花期水分不足对產量的影响

項 目	市斤/亩	处理代号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	对照
实收产量			646	665	692	678	659	713	724	847	669	715	700	550
計入 2/3 空粒的产量			829	862	944	919	877	938	935	1017	1084	916	944	710
計入 5 月 18 日后死去穗数的产量			877	—	—	—	973	962	—	—	1183	1036	992	710

表 13. 北京潮土上冬小麥豐產的水肥控制

生育期	冬前苗期	返青 (23/II)	拔节 (15/IV)	孕穗 (25/IV)	抽穗 (13/V)	灌浆 (25/V)	
绿黄变化		绿	黄 绿	黄 绿	黄		
生育阶段	冬前苗期	返青期 (23/II—20/III)	拔节期 (20/III—18/IV)	孕穗期 (18/IV—4/V)	抽穗—灌浆期 (4/V—2/VI)		
碳氮代谢特点			以N代谢为主。 叶片为糖的制造 与储藏中心	N、C代谢并重。叶 鞘为糖的储藏与运转 中心	以C代谢为主。 茎为糖的储藏及 运转中心	穗子为糖的再 合成中心	
植株生长中心		根系发育	叶 片	叶 鞘	茎 秆	穗 子	
植株主要矛盾		前期：地上与地 下 后期：主茎与分 蘖	个体与群体	营养生长与生殖生长	养分运转与再 合成	同 左	
土壤肥力主要矛盾		低 温	水分消长	水分消长	水分消长	水分消长	
主攻方向		根深、壮蘖 (1) 早扎根; (2) 早返青; (3) 早分蘖。 巩固年前分蘖, 争取早春分蘖。	穗多、穗大、不倒 伏 (1) 群体缓慢下 降, 争取分蘖小 穗; (2) 健叶, 个体 壮而不明, 防止 叶倒伏。	穗多、穗齐、粒多 (1) 壮秆, 防止茎倒 伏; (2) 争取分蘖小穗。	粒多、粒饱 (1) 维持剑叶及 第2、3叶的功 能; (2) 使养分正常 运转。	粒 饱 同 左	
水肥控制	(1) 翻耕30—45 厘米; (2) 基肥1—1.5 万斤/亩。	促进 (1) 顶凌耙麦, 镇压; (2) 早施返青肥 (速效 N、P); (3) 早浇返青水 (地情第一)。	抑制 促进 (1) 晚浇拔节水 (苗情第一); (2) 施肥(N、K); (3) 中耕。	抑制 (1) 中耕; (2) 追浇孕穗水(天情 第一); (3) 补肥(速 N)。	促 进 及时浇扬花灌浆 水(天情, 苗情并 重)	同 左	
试验地水肥管理		22/II 镇压; 7/III 施硫酸 20 斤/亩; 10/III 施颗粒肥 50斤/亩; (深中 耕); 18/III 浇返青水。	26/III 浅中耕; 29/III 施硫酸 15 斤/亩; 30/III 浅中耕; 5/IV 深中耕; 18/IV 浇拔节水。	23/IV 浅中耕; 2/V 浇孕穗水; 5/V 施硫酸 15斤/亩。	18/V 浇扬花水; 27/V 浇灌浆水。		
C/N			7.3	8.3		14.5	
日期(日/月)	17/X—30/XI	8/III—9/IV	9/IV—18/IV	18/IV— 26/IV	26/IV— 4/V	4/V—18/V	18/V—2/VI
吸肥速度 (毫克/100 株·天)	N	8.86	3.18	109.35	49.63	0	23.15
	P ₂ O ₅	5.18	11.84	0	13.91	9.94	89.57
	K ₂ O	3.18	54.08	40.22	0	8.71	220.66
干物质累积速度 (克/100株·天)	0.90 (17/10—26/10)	0.62	3.27	3.31	2.96	6.40	12.59
生长速度(厘米/天)		0.37	0.85	1.85	3.10	1.49	0.73

差不多。这是因为深耕多施肥后,肥力条件大大改善,从而增加了小穗数;但是分蘖也因而较多,个体较旺盛,群体较密(主要是在拔节期),从而相应地提高了不孕小穗数。小花数随着深耕施肥的增加而显著的增加,但空粒数也显著地增加,达30—40%(已见芒,未见芒的作不孕计),小麦穗子都没有达到三沟,致使穗粒数相差不多,甚至有减少的趋势。这除了分蘖较多的影响以外,还因自孕穗以后土壤水分不足,深耕多施肥处理生长较旺盛,相对地不能抗旱,从而影响了小花受精和增加了空粒数。千粒重则随着深耕施肥的增加而有所降低。这是因为深耕多肥处理吸氮较多,输往穗子中的糖从而较少,以致降低了籽粒中的淀粉含量和千粒重。处理⑨生长最旺盛,灌浆后期有部分倒伏,因而严重地减少了千粒重和产量。

虽然试验地苗期生长差,但最后仍获得了550—850斤/亩的丰产(实打实收)。深耕施肥后效增产18—54%(表5)。深耕施肥后的联合效果以60厘米及4.5万斤/亩肥为最好(处理⑧),再深再多肥时(主要是再多肥时)则有减少的趋势。在无肥的基础上增施肥料时,增产效果显著(17%),在多肥的基础上增施肥料时,反而减产3—21%。这是因为在我们现有的栽培耕作水平下,肥料加多时,植株生长较旺盛,而相对地不能抗旱所致。但是,这决不是说3万斤/亩肥料的后效对小麦生长发育已到顶了,假如试验地后期水分充足的话,肥料效果和产量将会大大提高。假如空粒数有2/3成粒的话,那么产量将提高至700—1,100斤/亩(表13),也就是说过了千斤关。又假如被旱死的小穗子每穗有10粒,千粒重35克的话,产量将再次提高至710—1,200斤/亩,深耕施肥的后效将提高至24—66%。从表12可见,松土的效果则达到60—100厘米层,每松土15厘米,可以增产5—10%。这是因为深耕松土后改善了水分状况和根系活动的结果。假如我们能设法进一步减少深耕多施肥处理的不孕小穗数和提高千粒重,则深耕多施肥的效果将会进一步提高。

此外,从受旱前(4月18日,4月26日)的资料来看,在干物质累积和氮、磷、钾吸收等方面,各处理较之对照不是高出百分之十几至几十,而是百分之几十至2—3倍,可见深耕施肥的后效还是十分巨大的。由此可见,深耕施肥只是为作物丰产打下基础,至于是否能获得丰产,还必须掌握作物群体的生长发育规律,进行正确的栽培管理。换句话说,若脱离了作物和栽培管理来讨论深耕施肥的效果,那将是错误的。

因此,结合现有的栽培管理水平和经济收效,我们认为在这种土壤上深耕30—45厘米,施肥1—1.5万斤/亩(注意:以上讨论的施肥量是后效),便可为千斤小麦打下基础。当灌水条件良好时,可以翻浅一些(20—30厘米),当灌水条件较差时,宜翻深一些(45厘米)。

参 考 文 献

- [1] 谢义柄等:北京的气候。地理学报,1954,20(1):71—82。
- [2] 席承藩:北京的土壤。第1版,15—17页,北京出版社,1958年。
- [3] 陈永康:晚稻的合理施肥与水浆管理。科学通报,1960年第9期,278—280页。
- [4] 中国农业科学院江苏分院:单季晚粳高产肥力技术的研究。华东农业科学通报,1960年第1期。
- [5] 广东省农业试验场:一九五二年潮汕平原水稻丰产经验总结报告。广东省人民政府农业厅编印,1953年。
- [6] 中国农业科学院栽培生理研究所:今年冬小麦高产经验的分析。人民日报,1960年9月20日,第7版。
- [7] Ф. М. 庫別爾曼等著:禾本科植物结实器官的形成阶段(第一卷)。33—63页,科学出版社,1958年。
- [8] П. Б. 费多罗夫著(尹崇仁译):土壤微生物学(下册)。第一版,43—47页,高等教育出版社,1956年。