

不同封行期的光强条件对晚稻生长发育的影响

陈永康丰产晚稻适期封行的经验研究(一)

高亮之 王延颐 郑凤祥

(中国农业科学院江苏分院)

提 要

掌握适宜封行期,是陈永康晚稻丰产栽培经验的重要环节。本文根据1961—1962年控制光照试验资料分析了不同封行期的光照条件对于晚稻叶片、叶鞘、茎、根、穗与稈物质积累、转移的影响。

阐明了适期封行,可保证中、后期稻田良好的光强条件,有利于基部基鞘发育健壮,培育大穗,减少退化,促进根系发育,防止徒长倒伏,且有利于灌浆结实。为确定丰产栽培的封行适期提出依据。

单季晚稻在太湖地区农业生产上居重要地位,近年来大面积已经达到800—1000斤的高产水平,因此高产与倒伏的矛盾愈益突出。如施肥偏多,就容易在后期台风侵袭时严重倒伏,造成减产。如施肥不足,又不易达到高产。陈永康同志掌握稻田适期封行的经验是解决高产与倒伏矛盾的重要方法^[1-2]。对于他的这方面经验进行科学总结,阐明其所以然,明确封行适期的掌握原则,有利于促进晚稻大面积增产,在农业科学的理论上亦有一定意义。

毛主席说:“在复杂的事物的发展过程中,有许多的矛盾存在,其中必有一种是主要的矛盾,……”¹⁾我们曾经研究过封行前后农田光强、温度、湿度等因素的变化,证明温、湿度的差异很小,而光强条件变化很显著。因此1961年以后,我们抓住主要矛盾,着重研究不同封行期的光强条件对于晚稻生长发育的影响。

光强条件对水稻的影响,日本^[3-5]和我国^[6]的学者曾有过研究,作者参考了他们某些方法与论点。但对于封行前后的光强变化对水稻的影响,以前尚未有人研究过。

1959年以来,作者与陈永康同志一起参加晚稻丰产田的劳动实践。通过跟班劳动,个别交谈等方式深入体会他的经验,在他的经验启示下,进行研究设计。得到初步研究结果后,又与他一起参加了江苏南部地区晚稻大面积丰产的技术指导,验证与充实了研究成果。

大田条件下不同的封行期,实际上为不同密、肥条件所造成,除了光条件的差异外,还有肥料与茎数的差异,因此很难在大田条件下研究光强条件的单因子影响。我们采用盆栽控制试验,为了模仿大田封行后,上部受光,中下部荫蔽的特点,采用在植株2/3处遮光

1) “矛盾论”,“毛泽东选集”,第一卷,人民出版社1951年版,第308页。

的方法。具体设计如表 1。

表 1 试验设计 (1962 年南京)

处理代号	A	B	C	D	E	F
开始遮光期	7 月 20 日	8 月 1 日	8 月 15 日	8 月 24 日	—	—
开始遮光时的水稻发育期	分蘖后期	拔节期	小穗原基确定期	孕穗初期	—	—
处理方法	7/23 遮一层纱布; 8/15 加一层纱布	8/1 遮一层纱布; 8/20 加半层纱布	8/15 起遮一层纱布	8/24 起遮一层纱布	不遮光(对照)	不遮光不施肥

供试品种: 老来青。5 月 2 日播种, 6 月 8 日栽插, 7 月 15 日分蘖盛期, 8 月 1 日拔节(地上茎长度 2 厘米左右), 8 月 10 日幼穗开始分化, 9 月 10 日抽穗。

盆栽容器用陶制广口盆, 每次处理 20 只, 六次处理共计 120 只, 盆直径 100 市寸。秧苗根据没有分蘖, 7 片叶片, 高度与粗度正常, 无病虫害等标准, 严格选择, 约 5 株选一株。盆中用土与施肥量均用秤称过放入。灌水时各盆水深均控制在一寸左右, 因管理较严, 未受台风、病虫等影响。由于研究的重点是阐明光强对于单茎壮稈、大穗的直接影响。所以, 在 7 月 23 日各处理植株均剪除分蘖, 以避免不同光强下分蘖数的差异, 对于壮稈大穗的间接影响。

遮光处理时盆四周用竹席围起。在植株自下而上三分之二处用纱布遮光, 随着株高增长而将纱布逐渐上移。遮光后光强与温、湿度测定结果列于表 2。从表 2 说明, 遮光后温湿度差异不大, 而光强差异显著。在生育过程中, 系统测定单株叶、茎、鞘、穗的生长特性及定型性状。各次处理每一次测定 20—30 个单株重复; 穗性状为 80 个穗的平均值。还系统测定了各器官稈重的分配与转移。重点研究了基部茎节的抗倒伏性状。

表 2 不同遮光处理下光、温、湿度的测定结果

部 位, 时 间	处 理	A	C	E	备 注
		(二层纱布)	(一层纱布)	(不遮光)	
光强(%)	中	1.0	13.3	56.6	9 月 25 日测定
	下	1.4	11.0	48.9	
温度(°C)	6:10	15.4		15.4	
	14:30	23.1		24.9	
相对湿度(%)	6:10	94		91	
	14:30	58		61	

一、不同封行期的光强条件对叶片性状的影响

各次处理中, 遮光当时的叶片与各叶位发育状况列于表 3。

从图 1 与表 3 对照可以看到, 不同光强条件对于叶片长度的影响是很明显的, 并且叶片因它本身发育期的不同, 而对光强有显然不同的反应, 遮光时正处在伸出后期或全伸出

表3 各次处理中遮光当时叶片的发育状况

处 理	A				B				C				D			
遮 光 日 期	7月20日				8月1日				8月15日				8月24日			
叶 位	13	14	15	16	14	15	16	17	15	16	17	18	16	17	18	19
发 育 期	全 伸 出 期	伸 出 后 期	胚 胎 盛 期	胚 胎 初 期	全 伸 出 期	伸 出 后 期	胚 胎 盛 期	胚 胎 初 期	全 伸 出 期	伸 出 后 期	伸 出 前 期	胚 胎 初 期	全 伸 出 期	伸 出 前 期	胚 胎 盛 期	胚 胎 初 期
备 注	胚胎初期——叶片长度为定型长度的0/10到1/10； 胚胎盛期——叶片长度为定型长度的1/10到刚伸出； 伸出前期——刚伸出到伸出定型长度的1/2； 伸出后期——伸出定型长度的1/2到全伸出															

期的叶片，其长度已经不再受光强的影响。如A处理的14叶、B处理的15叶、C、D处理的14—16叶。而遮光当时正处于胚胎期的叶片或在开始遮光后逐渐分化进入胚胎期的叶片，都在弱光下明显地伸长。如A处理的15—18叶均受影响，而比对照显著增长；B处理16—18叶比对照增长；C处理与D处理18叶比对照也增长。19叶因为出生的节位较高，所以受中下部遮阴的影响较小。

从表4可知，光强条件减弱后会使得叶面积显著增大。而各次处理叶宽差异均较叶面积差异要小得多。因此，可以理解，弱光条件下叶面积的增大，主要是叶片长度的增大所致，叶片过长容易导致披斜，因此又进一步恶化了农田光照条件。

从表4看到，A处理14—15叶组、16—17叶组；B处理的16—17叶组，其单位叶面积稈重均比对照为低，这说明前期光强不足，叶片质量下降，叶片变得薄而软，容易披散；反之，光强充分可使叶片增厚，易于挺直。

表4 光强条件对叶宽、叶面积与单位面积稈重的影响

叶 位	处 理 项 目	A		B		C		E		F	
		绝对值	对照%								
15	宽	1.20	109	1.20	109	1.15	105	1.10	100	0.90	85
	面积	54.53	122	47.60	106	44.58	100	44.58	100	30.50	68
16	宽	1.24	111	1.18	107	1.13	102	1.11	100	1.07	97
	面积	50.07	124	50.25	124	43.18	107	40.42	100	34.33	85
17	宽	1.27	120	1.20	113	1.06	100	1.06	100	—	—
	面积	61.80	178	59.70	172	40.20	116	34.80	100	30.60	88
14—15	单稈位面积	4.08	90	4.54	100	—	—	4.54	100	5.35	118
16—17	面积	3.84	87	4.28	97	—	—	4.39	100	4.14	94

注 宽度单位为厘米；面积单位为平方厘米；单位面积：稈重单位为毫克/厘米²

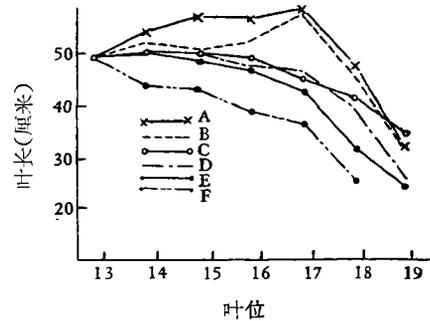


图1 不同时期遮光对叶片长度的影响

总之,过早封行会形成对丰产不利的株型,不能达到陈永康同志对于中期叶片挺直清秀老健的要求。从光强与叶面积的关系来看,人们都知道叶面积的增大会使农田光强减弱,本试验说明了光强减弱,又能在一定时期使叶面积增长更快,进一步加重了群体的郁蔽程度。

二、不同封行期的光强条件对叶鞘、茎节的性状影响

水稻丰产栽培中过早封行后最主要的不利影响就是引起倒伏。为了判明基部叶鞘与茎的性状与茎秆抗折力的关系。在1961—1962年分别利用大田与盆栽稻株测定各性状与单穴抗折力及单茎抗折力的相关。测定的茎数共60茎(6次处理),穴数共30穴(6次处理)结果如表5。说明对于单穴来说基部叶鞘的重量与抗折力相关最密切,其次是总粗度与茎重,对于单茎抗折力来说14节间的长度与抗折力相关最密切(1962—1963年大田测定老来青倒伏节位约有70%集中在14节——即地上第一节,有20%在15节),其次是茎粗,其它相关不显著的因子,表中从略。

表5 单穴(茎)抗折力与鞘、茎重量、长度、粗度相关

项 目	相 关 系 数	显 著 度
单穴抗折力与基部单位长度鞘重	+0.89 ±0.09	极 显 著
单穴抗折力与基部单位长度茎重	+0.75 ±0.13	极 显 著
单穴抗折力与单穴基部总粗	+0.84 ±0.10	极 显 著
单茎抗折力与14节间长度	-0.78 ±0.08	极 显 著
单茎抗折力与14节间粗度	-0.58 ±0.12	显 著

不同封行期的光强条件对基部叶鞘与茎节的影响怎样呢?

从表6看出,早封行的弱光处理(A)叶鞘比较长,而秆重并不相应增多,因此单位长度秆重就显著较轻,相反,迟封行或不封行的强光处理(E, F),叶鞘短,秆重大,单位长度秆重亦重。

表6 不同光强条件对14—15节鞘长秆重的影响

项 目 \ 处 理	A	C	E	F
14—15 鞘长(厘米)	67.86	60.89	60.89	56.28
14—15 鞘重(克)	0.519	0.513	0.626	0.586
14—15 鞘单位长度重量(克)	0.0076	0.0084	0.0102	0.0104

由图2又可知, E处理在8月1日后重量增加一直很显著,到9月18日达到高峰,在倒伏关键期(9月18日—10月9日)秆重保持在相当高的水平。处理C(8月15日遮光)8月24日后重量增加就很缓慢,因此在倒伏关键期秆重停留在较低水平,而处理A(7月20日遮光)8月10日后秆重增加就很缓慢,在倒伏关键期秆重亦停留在较低水平。由此可以理解:过早封行光强削弱,使叶鞘重量减轻,是增加倒伏威胁的十分重要的原因。

表 7 不同光强条件对节间长度的影响

节位	处理			
	A	C	E	F
11—13	4.31	4.71	2.96	2.41
14—15	18.62	18.08	13.26	13.53
16—18	47.89	63.25	54.07	31.76
全茎总长(厘米)	70.81	86.04	70.29	47.70

不同时期遮光对节间长度的影响见表 7。

晚稻茎节自 11 节开始有节间。11, 12 节间均在地面以下, 13 节间正居地面对上, 14 节开始为地上节间。A 处理遮光时 12 节间正在伸长后期¹⁾, 13—15 节间正在胚胎期; 处理 C 遮光时 13 节间已经定型, 14 节间正在伸长前期, 15—17 节间正在胚胎期; 处理 E, F 未遮光。

从表 7 看到, 早遮光的 A, C 处理的 11—13 节间长度均较不遮光的 E, F 处理伸长, 但这几个节间基本上在地下与倒伏关系较小。14—15 节间是倒伏的关键节位, E, F 处理该二节总长 13—14 厘米, A, C 处理 18—19 厘米, 相差 5 厘米 (相对差值 20% 以上)。E, F 处理显著地短, 这对防止倒伏是有重要意义的, 由此可知, 过早封行引起倒伏的重要原因之一, 是使基部节间徒长, 抗折力降低。

不同封行期的光条件对茎秆重量及单位长度重量的影响并不规则。如表 8。

表 8 不同光强条件对 14—15 节秆重的影响

项目	处理代号			
	A	C	E	F
14—15 节长(厘米)	18.62	18.08	13.26	19.53
14—15 节重(克)	0.25	0.13	0.23	0.20
14—15 单位长度秆重	0.0134	0.0072	0.0173	0.0148

水稻倒伏不仅受基部抗折力所决定, 并且受地上部的株高与重量所支配, 据日本瀨古氏的意见, 可用以下方法求算水稻的倒伏指数,

$$\text{倒伏指数} = \frac{\text{力矩}}{\text{抗折力}} \quad (\text{力矩} = \text{株高} \times \text{单茎重量}).$$

从表 9 中所列各次处理的后期倒伏指数的计算结果看出, 不同处理间单茎重量, 除对照特高与 F 处理特低外, 其他并不呈规律变化。但株高显然随着遮光的提早而增高。因此, 早遮光的力矩大, 而早遮光的茎部节间抗折力又低, 这样就使倒伏指数显然增高, 并且

1) 节间的伸长过程分为四个时期, 定型长度的 1/10 以内为胚胎期, 1/10—5/10 为伸长前期, 5/10—10/10 为伸长后期。

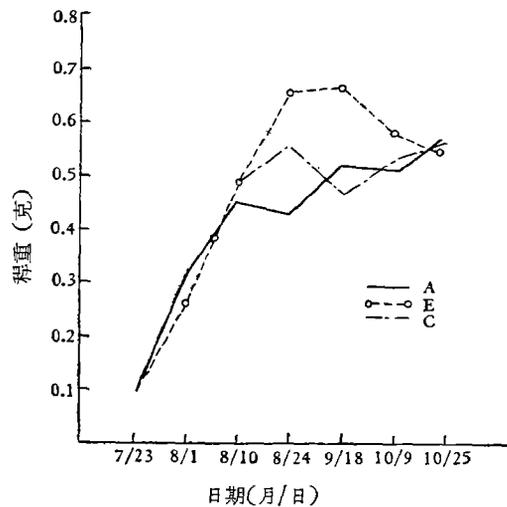


图 2 不同光强条件下基部叶鞘秆重变化

随封行的早迟差异甚明显。值得注意的是适期遮光的D处理,其倒伏指数与未遮光的E处理十分接近,都很低。

表9 不同光强条件对倒伏指数的影响

项 目 \ 处 理	A	B	C	D	E	F
株高(厘米)	136	130	131	125	122	106
地上部稈重(克)	7.17	8.05	7.08	7.57	8.50	6.03
株高×地上部稈重	975.1	1046.5	927.5	946.3	1037.0	639.2
单根茎抗折力(克)	385	680	763	1467	1550	1307
倒伏指数	253.3	153.9	96.3	64.7	66.9	48.9

以上试验结果说明:大田过早封行的田块,所以容易倒伏,基本原因是大田光强过度削弱,一方面使基部节间与叶鞘发育不壮,伸长变细、抗折力减低,另一方面使植株增高,负载加大,因此显然增加倒伏威胁。在抗折力矩二个因子中,光强对于抗折力的影响尤其大。因此,从培育壮稈防倒的角度来要求,适宜封行期应当在14节间定型或基本定型以后。大田资料说明:14节基本定型约在拔节后10天左右,完全定型约在拔节后15天左右。若能在拔节后15—25天,即15节基本定型或定型封行,对于防御倒伏就更有利,但过迟封行会使后期叶面积不足,不易达到高产。

三、不同封行期的光强条件对根性状的影响

根系的发育对于养分吸收,植株中体内代谢作用的顺利进行,以及防御倒伏等方面均有重要作用。

表10 不同光强条件对根系发育的影响

项 目 \ 处 理	A	C	E	F
平均10根根粗(毫米)	0.630	0.840	0.980	0.620
0—10公分根重(克)	0.143	0.200	0.310	0.193
10—20公分根重(克)	0.087	0.097	0.123	0.136
备 注	测定根重,用测土壤的容器取土样后,洗土测定			

从表10看出,弱光条件下根系发育受到抑制,根粗与根重均因早遮光而减低。颇有意味的是不施肥的F处理,根系发育亦差。所以,对于根系来说,弱光条件与少肥有同样的影响;而就地上部叶片的长度与株高来说,弱光与多肥有同样的反应。因此,在弱光条件下,地下部与地上部比值特别低,这显然是不利于丰产的。

四、不同封行期的光强条件对穗性状的影响

幼穗分化前全株遮光会使稻穗变小,已经被许多人的试验所证实,但在大田封行条件下,即植株上部受光良好,中下部荫蔽,究竟对于稻穗发育有怎样的影响,尚无试验论述。

1962 年控制试验的水稻幼穗分化期在 8 月 10 日。A, B 二处理均在幼穗分化前遮光; C 处 8 月 15 日遮光当时穗长 1 毫米, 正值二次枝梗分化期; D 处理 8 月 24 日遮光时穗长 1 厘米左右, 正值花粉母细胞形成期。

表 11 不同光强条件对穗性状的影响

处 理	项 目	每穗粒数	与对照差值(%)	总颖花数	颖花退化(%)
A		123.9	13.1	132.3	6.4
B		124.6	12.6	129.2	3.4
C		127.9	10.2	145.3	12.0
D		133.6	6.2	140.0	4.6
E(对照)		142.5	0	143.9	1.0
F		109.8	23.1	11.23	2.3

从表 11 可以看到, 总颖花数 A, B 处理较少。每穗粒数随遮光推迟而增加, C 处理仍比对照低 11.2%。据有人研究^[4,6], 幼穗分化后 10 天, 颖花数目已确定。从作者的研究可知, 在 8 月 15 日(分化后 5 天, 二次枝梗分化时) 遮光, 虽然当时颖花数原基数尚未确定, 但已不再受遮光而影响总颖花数, 这里似乎约有 5 天的落后效应。这可能是因为遮光对于穗分化的影响并不是直接的, 而需经若干天时间通过植株体内代谢间接影响穗的分化。但 C 处理对于颖花退化数有一定影响, 而 D 处理(分化后 14 天) 对颖花退化影响已经很少。至于 A, B 处理的个体代谢特性在弱光条件下已有一定适应, 但它的每穗粒数仍比 C 处理少。根据以上所述可以初步明确, 根据培育大穗减少颖花退化的要求, 合理的封行期, 最好在幼穗分化后 10—20 天(拔节后 15—25 天)。

五、不同封行期的光强条件对稈物质积累与调运的关系

由图 3 所示, 不同时期遮光对单株总稈重积累的影响: 对照比 A, C 处理稍高, 说明田间光照条件好, 光合作用旺盛有利于培育壮株。A 与 C 单株总稈重的差别甚小, 但是稈重的分配与调运却有明显的差异。中期稈重分配上的差异, 主要表现在叶鞘/叶片比例方面。从表 12 可知, 这个比值随着遮光的推迟, 光条件的改善而提高, 中期积累的稈重更多地向叶鞘运转, 是有利于壮稈与大穗的, 并有利于株型挺秀, 通风透光。后期的稈重

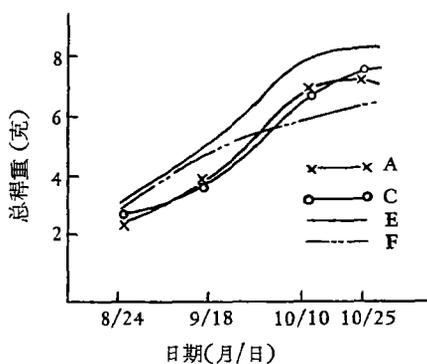


图 3 不同光强条件对单株总稈重的影响

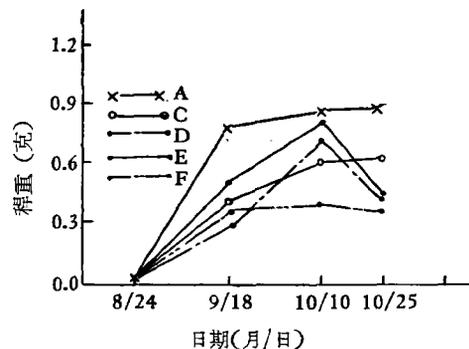


图 4 不同光强条件对 18—19 叶位稈物质(叶片、叶鞘)分配与转运的影响

表 12 不同光强条件对单株总稈重在器官的分配

日 期 (月/日)	项 目	A	B	C	D	E	F
8/24	总 稈 重	2.546	2.804	2.672	3.097		3.059
	鞘/叶	0.82	0.98	1.11	1.37		1.55
9/18	总 稈 重	4.423	4.534	4.175	4.113	5.630	5.212
	鞘/叶	0.99	1.08	1.13	1.26	1.22	1.75
10/10	总 稈 重	7.168	8.050	7.075	7.569	2.436	6.009
	穗占总重(%)	32.81	38.11	43.94	42.98	45.18	43.25
10/25	总 稈 重	7.391	8.376	7.423	7.800	8.027	6.746
	穗占总重(%)	31.69	30.92	41.87	42.10	47.94	44.61

分配主要表现在穗重量百分率方面,随着光条件的改善,有明显的增高。这说明光条件良好有利于后期的光合产物向穗部转运,有利于增加谷粒产量。

图 4 说明对后期光合作用有决定意义的二片叶片与叶鞘(18—19 叶粒)的稈重积累与调运特点,光条件差的 A 处理,该二叶位稈重的绝对量并不少,但是,输出很少,灌浆不顺利,个粒重降低。所以本试验已经证实了过早封行光条件的恶化,不仅不利于壮稈大穗,并且不利于后期的灌浆过程与籽粒饱满。

本研究是在陈永康同志帮助下进行的,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 中国农业科学院江苏分院,单季晚稻高产肥水技术的研究——陈永康同志“三黄三黑”技术经验的初步分析,华东农业科学通报,1(1960),11—20 页。
- [2] 高亮之、王延頤、郑风祥,晚稻丰产栽培的光条件与光能利用,江苏农学报,2(1961),第 3 期。
- [3] 植田宰辅,单色光线ガ水稻の生育に及ぼす影响,日作记 7 卷(2),223—238 页,1935。
- [4] 松島省三,稻作の理论と技术,96—98 页,1959 年。
- [5] 佐木启智,稻作ノと倒伏の防ぎ方,18—21 页,1960 年。
- [6] 吴光南,稻穗的发育过程与控制途径,作物学报,1(1962),第 1 期。

(本文于 1965 年 7 月 26 日收到)