

作物丰产理论 及遗传工程

(资料汇编)

科学技术文献出版社重庆分社

作物丰产理论及遗传工程 (资料汇编)

中国科学技术情报研究所重庆分所	编 辑
科学技术文献出版社重庆分社	出 版
重庆市市中区胜利路91号	
四川省新华书店重庆发行所	发 行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂	印 刷

开本: 1/32	印张: 6.125	字数: 10 万
1979年10月第一版		1979年10月第一次印刷
印 数: 9500		

书号: 16176·45

定价: 0.70元

内 容 简 介

本汇编共收集国外有关作物丰产理论及遗传工程文献11篇。约11万字。主要选自《育种学最近の进步》第15集专集及印度等国期刊。内容涉及：作物的光能有效利用、源-贮关系、株型育种、成分育种、生理遗传等与丰产性之理论关系，以及高、低温对丰产性影响的生理生化基础；遗传工程及其在作物育种上的应用。可供从事作物栽培、育种的同志以及农业院校师生参考。

目 录

作物丰产性理论部分

1. 太阳能的利用效率与光合作用

..... 村田吉男 (1)

2. 株型育种——理论与实际

..... 角田重三郎 (16)

3. 从源-贮 (Source-Sink) 关系来剖

析丰产性——水稻和玉米

..... 田中明 (25)

4. 成分育种与丰产性..... 後藤寛治 (46)

5. 农业生理学和生理遗传学的相互关

系的重要性..... Chinoy J. J. (66)

6. 籼稻开花期高温导致的不育

..... 吉田昌一等 (100)

7. 水稻障害型冷害的不育机制

..... 佐竹徹夫 (119)

作物遗传工程部分

8. 何谓细胞工程.....常勋 恒一郎 (141)

9. 用染色体工程培育耐锈病小麦
.....百足幸一郎等 (144)

10. 在育种上利用原生质体的可能性
.....建部 到 (159)

11. 细胞质雄性不育的诱导及其在育
种上的利用.....木下俊郎 (172)

太阳能的利用效率与光合利用

村田吉男

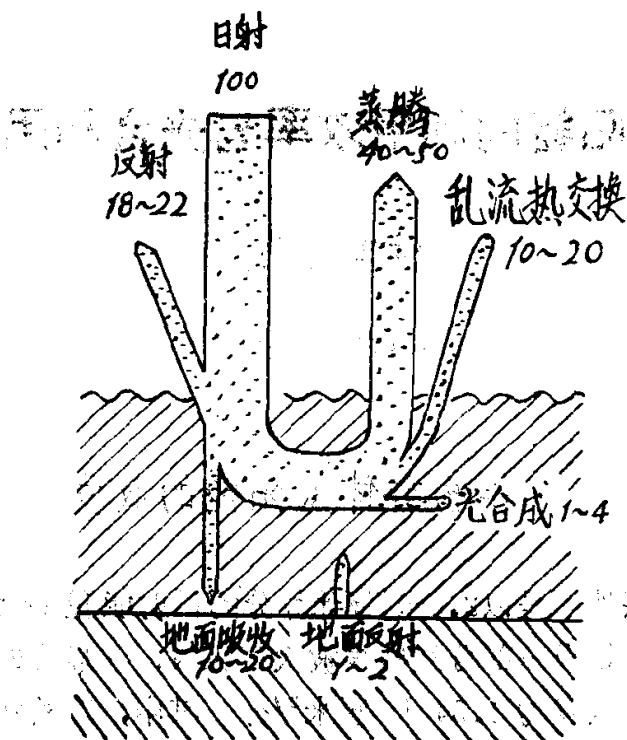
(东京大学农学部)

一、作物群体太阳能的收支

大气层外，是以 2.0 卡/厘米²/分的日射能量射到地球上，但由于相当一部分红外线被大气吸收，在最好的晴天中午到达温带地表为 1.34 卡/厘米²/分。其中，对植物光合作用有效的是波长为 $400—700$ 毫微米的可见光部分，由于天气和季节的变化，约占 45% 左右，其余的是约 52% 为红外线（ 700 毫微米以上）， 3% 为紫外线（ 400 毫微米以下）。

且说，这样所组成的日照，照射到生长茂盛的植物群落或作物群体上时，其能量流向何处，起什么样的作用呢？第1图示出了非常典型的实例。

在总的日射能中，有 20% 由叶面反射到大气中；有 $10—20\%$ 透过叶层而到达地表，在此部分能量中有 $1/10$ 由地表反射为植物所吸收，大部分为地面所吸收。这样，扣除这些以后，投射量的 $60—70\%$ 为植物所吸收，而其中利用于光合作用的只占 $1—4\%$ ，最多不超过 5% ，其余大部分均作为“蒸发潜热”而消耗于叶的蒸腾作用，小部分作为“显热”由乱流的热交换或再反射而丧失于大气中。



第1图 作物群体上射入的太阳能的去向

这样，利用于光合作用的能量，只占总投射能量百分率的一点点，据说，整个地球上来平均不超过 0.1 %。但是仅管利用率这样低，这部分能量每年使全球陆地生产 1090 亿吨、海洋生产 545 亿吨左右的有机物，其中 1 % 直接地供人类食用，5 % 经过家畜而间接为人类所用。就这样，养活着全世界 36 亿人口。

为了向人类不断的入口增加挑战，在耕地上栽培经育种改良过的作物，投入各种资材或耕作的能量，加以精细的保护栽培，以低的成本努力获得最大的收获。在目前水平上，耕地的生产力—单位面积、单位时间内的干物或生产量，怎样才是最大的程度呢？可以概括为：

作物产量 = 总干重 × 收获指数。从式中可知，作物要增产，或由于增加干物重，或由于提高收获指数，或由于两者都提高，而别无它法。

第1表 世界各地各种作物的年净生产(Pn)与平均生产率

作物	地点	净生产量 (Pn) (吨/公顷)	总生 育日 数	平均生产 率(CGR) (克/米 ² /天)	CO ₂ 固定途径
ニユーソルゴー	岐阜	40.3	142	28	C ₄
紫狼尾草	波多黎各	96.4	365	26	C ₄
玉米	盐尻	26.5	128	20.7	C ₄
”	加利福尼亚	13.9	61	23	C ₄
高粱(饲用)	”	39.6	210	19	C ₄
甘蔗	夏威夷	78.0	365	21	C ₄
”	”	64.1	365	18	C ₄
苏丹草	加利福尼亚	29.8	160	18	C ₄
水稻	菲律宾	20.0	125	16.0	C ₃
”	福井	19.7	161	12.2	C ₃
”(水培)	鸿巣	24.3	179	14	C ₃
狗牙根	佐治亚	32.0	230	14	C ₄
甜菜	加利福尼亚	42.6	300	14	C ₃
”	扎幌	22.9	175	13.1	C ₃
苜蓿	加利福尼亚	32.5	250	13	C ₃
甘薯	埼玉	14.0	160	8.7	C ₃
大豆	盛冈	9.4	113	8.3	C ₃
大麦	埼玉	15.3	203	7.5	C ₃
白三叶草	善通寺	16.0	250	6.4	C ₃
鸭茅	”	15.7	250	6.3	C ₃
苜蓿	福山	18.8	250	7.5	C ₃

二、各种作物的最大生产力

第1表是收集到的目前世界各地各种作物总干物产量的丰产记录。

据此，年净生产 (net production) 的最大值，是在波多黎各测定紫狼尾草所得 (96.4吨/公顷)；其次是夏威夷的甘蔗 (78.0及64.1吨/公顷)；甜菜、ニューソルゴー、饲用高粱等为40吨/公顷左右；玉米26.5吨/公顷，水稻20~24.3吨/公顷。

从上述作物看，年净生产量从接近100吨到10吨/公顷 (大豆) 以下，相差10倍以上。但是要进行种间的严格的比较，应该扣除生育日数之差，即把净生产量除以总生育日数，遂得到日平均生产率 (CGR)。从CGR来看，种间差异显著缩小，最高的CGR是ニューソルゴー为28克，最低是鸭茅为6.3克，两者之差降低到4倍多一点。

7、8年前，Kortschak 和 Hatch 等发现，甘蔗在光合作用中固定 CO_2 ，其最初固定产物与作为卡尔文循环的最初固定产物的3-磷酸甘油酸 (PGA) 不同，是苹果酸和天冬氨酸，这种新的途径称之为 C_4 -二羧酸循环。其后，Hatch 等根据其它多方面的研究，表明这种新的循环途径从甘蔗、玉米等开始，并存在于许多原产于热带的禾本科和一部分双子叶植物。有趣的是，这些新的固定 CO_2 途径的植物 (C_4)，具有一般温带植物 (C_3) 2—3倍的高光效能力，且具有能利用很低的 CO_2 浓度的能力。

这种 C_4 植物的特性，必然地要反应到它的干物生产上，从第1表第6栏对照 C_3 、 C_4 的区别及 CGR 的大小即可看出，

说明这种预见是正确的，即第1表上半部高的CGR值全部是C₄型，下半部低的CGR值全部是C₃型植物。介于两者之间的CGR值为14—16克可算为二者的混合型。而且上述CGR值都是各种作物处于最适条件下得到的，因此，C₄植物比C₃植物具有高光效能力的结论是正确的。

第1表所列示的作物中，令人感兴趣的有两个：水稻和甜菜。水稻尽管是原产于热带的禾本科但却属于C₃型，可是，它的光合作用能力，最近测定为每100厘米²每小时40毫克，超过普通的C₃植物所得的值(岸谷氏)，高出15—30毫克。而且，它还有较高的CGR值可以与C₄相匹敌。相对的，甜菜亦属于C₃植物，它也有高的CGR，光合能力30毫克左右。其它再也没有比C₄植物更高的了。甜菜生产力高的原因，与其说是光合作用能力，不如说是叶面积指数。即只能从它具有较长时期维持其大的叶面积指数(LAI)来考虑。第1表所示甜菜在札幌的情况下，约80天左右(7月中—10月上旬)LAI维持在4以上。与此相对的，水稻或玉米只能维持50天以下。

这样，生产力高的作物，有取决于光合能力的，也有取决于大的叶面积的维持的两种类型。基于此：

$CGR = NAR$ (净同化率) + LAI 关系中，NAR与光合作用能力有最密切的关系就容易理解了。

三、生产力的地区差别

以上表明了作物生产力存在着种间的差异，但是它还随地区的不同而有相当大的变动。第2表是根据国际生物学事业计划(IBP)的资料所列示的日本各地的净生产值。在这个实验中，选的是广泛适应性的优良品种，肥沃的土壤，栽

第2表 几种作物在日本各地每年的净生产(Pn)的最大值与同期的平均CGR和平均太阳能利用率(Eu)

作物	地点	品 种	Pn (吨/公顷)	平均CGR (克/米 ² /天)	平均Eu (%)	总生育 日数(天)
水稻	秋田	雪 苇	15.82	9.26	1.20	171
	仙台	夫系72	17.83	11.00	1.50	162
	福井	金 波	19.74	12.26	1.45	161
	长野	万 两	18.51	10.95	1.26	169
	鸿巢	日本晴	16.69	9.38	1.58	178
	福山	万 两	15.62	10.70	1.42	146
玉米	筑后	丰 沃	18.30	11.37	1.23	161
	札幌	交 8 号	16.68	11.05	1.29	151
	盛冈	交 7 号	17.65	13.90	1.43	127
	盐尻	交 7 号	26.51	20.70	2.18	128
	田无	交 7 号	15.76	13.34	1.46	118
	大豆	十胜	十胜长叶	9.15	6.35	0.81
盛冈		”	9.42	8.33	0.88	113
盐尻		三头大豆	8.29	7.02	0.77	118
田无		立满枝	7.38	7.03	1.02	105
熊本		金黄大豆	8.03	7.43	0.86	108
甜菜		札幌	KWSE	22.85	13.07	1.57

培时期、密度、施肥量和方法等均按较理想的条件进行。

从第2表可以看出,无论Pn、CGR以及生育日数和太阳能利用率都存在着差异,唯其差异不如种间那么大吧了!

四、太阳能利用率(Eu)的地区差异

据第2表Eu的推算公式为:

$$Eu = \frac{H \cdot \Delta W}{\Sigma S} \times 100\% \quad (1)$$

式中，H—1克干物的燃烧热； ΔW —测定期中的干物增加量（克/米²，在本式中等于 $P_n \times 100$ ）； ΣS —同期的太阳能积算值（卡/米²）。从表2中可以看出 E_u 的地区差异。如水稻为1.20—1.58%，玉米1.29~2.18%，大豆0.77~1.02%。

五、从最大CGR值看太阳能转换率

现在，常以总生育期的积算值或平均值来进行生产力或太阳能利用率的比较；还有一个比较方法则叫“最大马力”，即根据各生育期的测定值求出生育期中最大的CGR或 E_u ，把它们作为比较的对象。

Loomis 等（1971）将收集到的各种作物的数据列成第3表，其中最大的CGR值是御谷为54克，玉米则从美国的52克到荷兰的17克这样大的变幅。

这样，选择高的最大CGR时， E_{nc} （所看见的光能转换率）与PAR（光合作用有效辐射）的吸收量、增加的干物重及其能量的关系如下式：

$$E_{nc} = \frac{H \cdot \Delta W}{PAR \text{ 吸收量}} \times 100\% \quad (2)$$

根据此公式计算出的 E_{nc} 列于表3中， E_{nc} 与 E_u 比，可以用PAR吸收量代换 ΣS 。所以，由于LAI的不同，除去受光量的差异的影响，只有那样，光合作用机制本身才能近似于光能利用率。

并且从表3的 E_{nc} 值可以看出，其变幅为4.2—9.8%，其间包括种间和环境间两者的差异，且最低值与最高值之差为2倍多，但与最大CGR的情况相比差异还算小。由此，在这些数据中，被吸收的太阳光有效辐射的化学能转换率，随

第3表 作物最大的CGR及所看见的光能转换率 (Enc)

作物	地点	最大CGR (克/米 ² /天)	日射量 (S) (卡/厘米 ² /天)	Enc (%)
甜菜	英国	31	294	9.5
鸭茅	"	19	331	6.4
黑麦草	荷兰	20	(450)	4.2
马铃薯	"	23	(400)	5.4
玉米	"	17	(350)	4.6
"	新西兰	29	(450)	6.1
"	加利福尼亚	38	644	5.6
"	"	52	736	6.4
"	纽约	52	500	9.8
高粱	加利福尼亚	51	690	6.7
御谷	澳大利亚	54	510	9.5
紫狼尾草	エルサルバドル	39	(400)	9.3

() 为估计值

着物种及环境的变化,再也没有比CGR变动大的。

其次,将日本IBP所收集的资料(如表2所示的作物)进行同样的比较。

表4中所示的CGR最高值,其中玉米的数值51.6(克/米²/日)与表3中美国的玉米数值(52)完全一致。

从表中还可看出,虽然Eu值的地区差异大于Enc,但Eu的值仅为Enc值的1/2左右。Eu在日本所测的最高值:水稻为3.2%、玉米4.5%、大豆4.3%、甜菜2.7%。世界其他地方Eu测定值超过的不多,如甜菜在英国为5.4%、在荷兰为3.6%,甘蔗在夏威夷为4.8%、玉米在美国加州为2.9%等。

关于最大CGR,玉米及甜菜意外地在日本和世界其他

第4表 日本各地四种作物的最大CGR、Eu以及所看到的太阳
能转换率(Enc) (IBP, 1967—71年)

作物	地点	最大CGR (克/米 ² /日)	(S) (卡/米 ² /天)	Eu(%)	Enc(%)
水稻	秋田	32.4	384	3.17	6.6
	仙台	28.5	384	2.77	5.8
	福井	29.4	465	2.37	5.7
	长野	27.4	520	1.98	5.3
	鸿巢	33.1	447	2.77	6.1
	福山	26.8	454	2.01	5.5
	筑后	35.8	478	2.81	5.8
	平均				5.8
玉米	札幌	28.9	343	3.43	9.6
	盛冈	32.3	289	4.55	10.9
	盐尻	51.6	486	4.32	11.3
	田无	42.2	406	4.23	8.9
	平均				10.2
大豆	十胜	14.6	302	2.22	3.6
	盛冈	26.7	290	4.36	6.8
	盐尻	15.1	436	1.34	2.6
	田无	17.3	303	2.43	3.7
	熊本	17.1	387	2.31	3.3
	平均				4.0
甜菜	札幌	27.8	413	2.76	

表内带横线的数字为其种内最大值

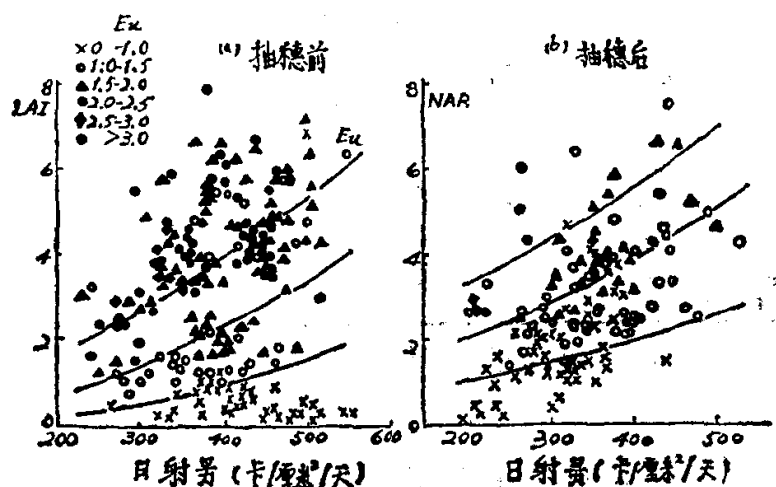
地区几乎没有相同的值,但这两种作物在日本的最大CGR大概可与世界上最高水平相匹敌。

这样,可知在日本栽培的作物的最大CGR与Eu算高的,

基本上是适合于作物生育的，即是在作物生长期中雨量丰富、气温高、日照也较多。

六、影响太阳能利用率的条件

以水稻为例，根据前述的资料，首先按 E_u 的大小进行分级，以LAI为纵坐标，以 S （日射量）为横坐标作图（第2图）。从图2中可看出：在抽穗前叶面积生长进行时， S 越小或LAI越大，则 E_u 就高；但在抽穗后叶面积停止生长的情况下，以净同化率（NAR）代替LAI作纵坐标，则NAR越大，或 S 越小， E_u 也高。其原因何在？一是由于水稻是光饱和作物，只要有一定的光量它就能充分进行光合作用，所以 S 越小 E_u 亦高；其次，抽穗前叶面积正处于生长阶段，LAI越大， E_u 亦高，抽穗后叶面积停止生长， E_u 的高低就决定于把光能转变为化学能的效率，故以NAR代替LAI为恰当。



第2图 水稻LAI、NAR、 S 对 E_u 的影响
(7个地点，14个品种各时期的测定值)

上述现象,在玉米或大豆的情况下亦成立。因此对 Eu 直接支配的因素:从气象条件论是日射量 (S),以植物方面论,抽穗前是LAI,抽穗后是NAR。这个事实似乎是普遍成立的。

七、叶面积生长与气象条件

以叶面积生长来看,若体内生长物质充足、水和无机盐都充分供给的情况下,其速度主要取决于下列四个因素:①产生伸长生长的环境因素;②光合产物供给充分;③光合产物向叶的生长的分配率高;④叶稀少。

第①点中以温度为最主要,伸长生长的最适温度夏作物在30—33℃附近,而以日本的实际情况看,是温度越高越好。第②点以日射量关系最密切。第③点又是以温度关系最密切,日照也有若干关系。这些是IBP所作的“幼植物试验”的结果。该试验是在日本各地以同一品种使其幼苗处于同一条件下由春至秋进行砂培,达到一定生育阶段时每相隔一周测定其相对生长率(RGR)与气象条件,从而看出气象条件对生长率的影响。叶面积相对生长率(LRGR),在总干物的RGR的情况下,依下式计算:

$$LRGR = \frac{\log A_2 - \log A_1}{t_2 - t_1} \times 2.30$$

式中, A_1 , A_2 分别为时期 t_1 , t_2 的叶面积。

该试验是1967—70年四年的结果,列于表5。可看出:向叶的干物质分配率与平均温度之间有极显著的正相关,而与日射量之间有若干的负相关。关于第④点,表5中也明确地回答了,即,比叶面积(SLA—1克干重的叶面积,是叶的厚度的倒数)是气温越高越大,日射越强越小。

其次,从第①到第④点总合的对叶面的 RGR 的影响来看,温度对所有的都是显著的正的影响,日射则只在一部分试验地为正的,即对第②点是正的,而对第③、第④点都是负的影响。

图3和表6列示温度对叶面积生长率的影响的相关关系。

第5表 水稻秧苗叶面积的相对生长率(LRGR)、比叶面积(SLa)和向叶输送的干物分配率(d_L)与平均温度(3)、日射量(4)的偏相关 (IBP, 1967—70年)

试验地	样本数	LRGR(1)		SLa(2)		dL (5)	
		r13.4	r14.3	r23.4	r24.3	r53.4	r54.3
扎 幌	32	0.821***	0.385*	0.443*	-0.170	0.689***	-0.179
仙 台	45	0.841***	0.478***	0.753***	-0.556***	0.787***	-0.434**
鸿 巢	33	0.499***	-0.010	0.299	-0.350*	0.282	-0.035
善通寺	41	0.887***	0.061	0.395*	-0.260	0.729***	-0.301
鹿儿岛	45	0.388*	0.049	0.456**	-0.239	0.550***	-0.334*
总 计	196	0.745***	0.206	0.483***	-0.379***	0.675***	-0.301**

注: * 5%水准, ** 1%水准, *** 0.1%水准。

第6表 全国7个试验点12个水稻品种的抽穗期LAI与移栽-抽穗的天数(d)、同期的平均气温(T)、同期的平均积温(ΣT)的相关系数

年 次	样本数	与 LAI 的 相 关 系 数		
		d	T	ΣT
1967	13	0.239	0.590*	0.697**
1968	14	0.701**	0.075	0.757**
1969	14	0.134	0.597*	0.748**
1970	14	0.350	0.259	0.579*
1971	14	0.456	0.304	0.526

注: 试验地同于表2, 略。