

冬小麦抽穗后体内光合产物的累积、 转运和各叶位叶对籽粒产量的影响*

荆 家 海

(西北农学院植物生理生化教研组)

提 要

作者利用称重和去叶、遮叶方法,研究了冬小麦抽穗后地上部不同部位各个器官,在不同时期中干重的增减以及去(遮)叶后籽粒产量的变化。结果表明:抽穗后四十天左右,光合能力很高,积累的干物质约占全生育期(近二百四十天)积累干物质的50%;籽粒充实过程呈“S”曲线,即开始慢,然后加快,最后逐渐减慢;穗重的86.05—88.05%依靠抽穗后光合积累的物质,11.95—13.95%来自抽穗前在茎叶中所累积的光合产物;抽穗时去(遮)叶,减少光合产物,降低产量10—34%;抽穗时去穗,可加大中转贮存库的贮存量50%,但总的光合积累减少25%。从试验结果可以看到,如何利用有效的农业技术措施,增加抽穗后的光合积累,是提高产量的重要途径之一。

引 言

农作物90—95%干物质是由有机物质构成的,而绿色组织的光合作用是有机物质的源泉。因此,设法增加光合产物的积累是增加作物产量的基本保证。对冬小麦来说,前期光合产物的多少与壮苗、分叶、穗的发育密切相关;抽穗(特别是开花)之后,是籽粒的形成和充实时期,此时期光合产物的多寡以及抽穗前在茎叶中所积累的光合产物尽可能多地集中到籽粒中去,对于产量极为重要。

过去不少学者利用称重方法,结合去叶、遮叶处理,研究水稻、小麦、向日葵等作物体内物质积累转运及各叶位叶对籽粒产量的影响^[1,6,7,8,10,12,13,15,16,18,19,20,21]。

* 1961年的试验是在西北农学院石声汉教授指导下进行的。

本文承王韶唐教授审阅,特致谢。

也有利用示踪原子研究^[4,5,9,11,17,20,21,23]光合产物在短期内在体内运转的方向和速度。称重方法简便易行,又可看出光合产物实际积累和转运的总效果。

本实验利用称重法,结合去叶、遮叶进行研究。其目的在于:了解冬小麦抽穗后光合产物积累、转运以及各叶位叶对籽粒产量的影响,为后期田间管理提供依据。

试 验 方 法

试验是在1961年和1981年两年内进行的。1961年于西北农学院教学试验农场农作一站留种地(品种“612”)中,选定生长均匀地段取样。1981年于该院植物生理生化教研组试验地中(品种“山前”)进行。

试验于抽穗后不同时期(抽穗、开始灌浆、蜡熟、完熟)取样。从所取的样品中选取具有五个节间(1961)或四个节间(1981)的茎秆30个。按照不同器官和部位分成下列各项:籽粒、颖芒、穗轴,由上向下第一、二、三、四、五叶、相应的叶鞘节及节间。

样品先在120℃下20分钟杀死,然后于80℃下烘至恒重。

抽穗时进行去叶、遮叶。处理分为:对照、去旗叶、去2—4叶、去全部叶;遮旗叶、遮2—4叶、遮全部叶。1981年未做遮叶处理,而进行去穗处理。去叶是从叶耳、叶舌处剪去。遮叶是用内黑外白的纸套套住叶身,并以竹棍支撑,使其保持原状。收获后进行考种。

试验结果及分析

(一)冬小麦籽粒干物质积累动态。冬小麦抽穗到成熟约经四十天。在此期间子房体积不断增大,干重不断增加。表一、图一表明:抽穗后十三天左右籽粒充实较慢,其干物质积累量占完熟期籽粒干重14—18%;抽穗后13—27天内籽粒充实最快,其干物质积累量占完熟期籽粒干重50—57%,成熟前10天内干重增长减慢,其积累量约占25—35%。从每日增重看,开始慢(0.68~0.78克/日),然后快(1.88~2.25克/日),最后又减慢(1.12~1.69克/日)。

(二)抽穗后地上部各器官干重增减变化。从(图二)可看出抽穗到成熟时期,主要增重器官是穗部,而穗部增重主要表现在籽粒重量显著的增加;叶片重量不断降低;叶鞘重量只在抽穗到开始灌浆时期有所增加;而节和节间重量从抽穗到乳熟均在增加,随后不断降低。与成熟期相比,抽穗后增重的主要是穗,其次是地上节及节间,叶身及叶鞘重量到完熟时期都不能维持抽穗时的水平。说明茎鞘增重中的一部分物质是作为贮存物质暂存于组织之中。

(三)抽穗前后光合作用的贡献。表二表明:冬小麦一生(武功地区约需240天)地上部所积累的干物质,出苗到抽穗(约200天)占53—55%,抽穗到成熟(约40天)

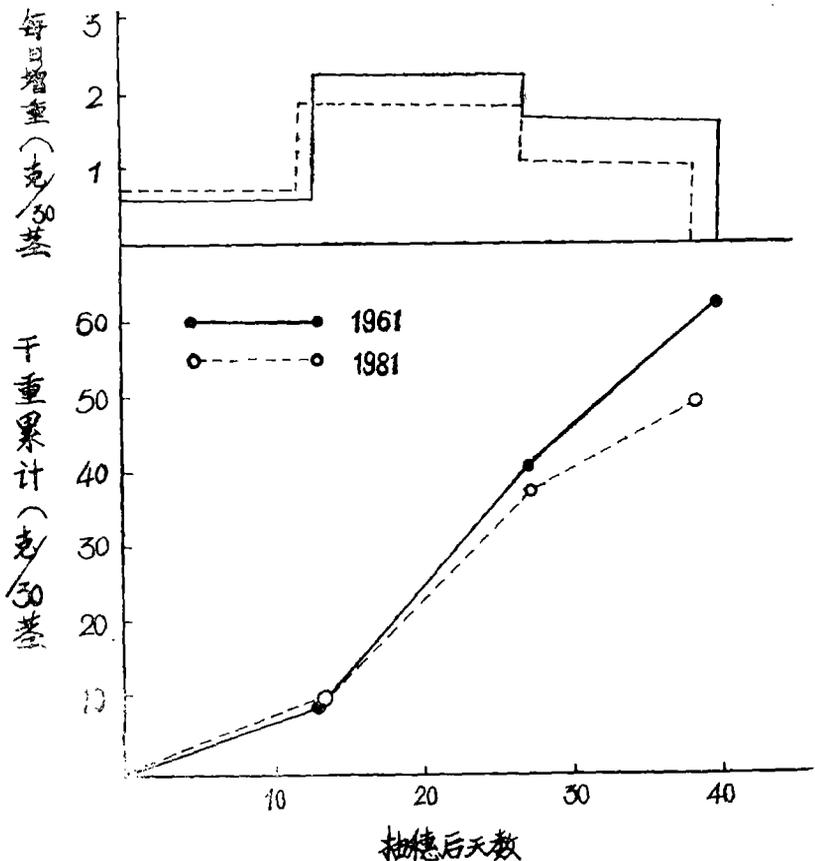
表一 冬小麦籽粒干重增长进程及各时期增长速度 (30茎合计数)

1961年 品种“612”

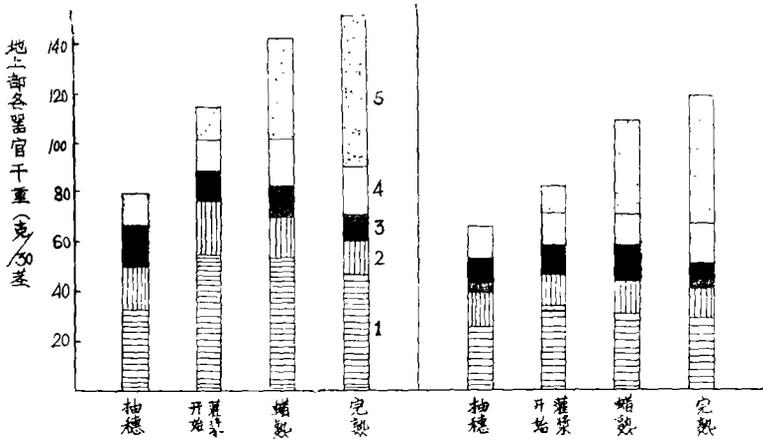
抽穗后天数	0	13	27	40
干重累计(克)	0.00	8.84	40.36	62.35
差数(克)		8.84	31.52	21.99
占完熟期干重%		14.18	50.55	35.27
每日增重(克/日)		0.68	2.25	1.69

1981年 品种“山前”

抽穗后天数	0	12	27	38
干重累计(克)	0.00	9.31	37.47	49.75
差数(克)		9.31	28.16	12.28
占完熟期干重%		18.72	56.60	24.68
每日增重(克/日)		0.78	1.88	1.12



图一 冬小麦抽穗后籽粒干重增长进程及籽粒每日增重



图二 冬小麦抽穗后地上部各器官干重的增减变化 (左: 1961年, 右: 1981年)

1、节及节间 2、叶鞘 3、叶身 4、穗轴和颖芒 5、籽粒

占45—47%。抽穗后绿色组织的光合能力是非常强的, 抽穗后植株每日增长量 (为1.40—1.77克/日) 为抽穗前 (0.33—0.40克/日) 四倍多。

表二 冬小麦抽穗前后地上部干物质积累比例及干重增长速度 (30茎总计)

试验年份	品种	干重积累 (克)		干重积累量占全生育%		每日干重增长速度 (克/日)	
		出苗—抽穗	抽穗—成熟	出苗—抽穗	抽穗—成熟	出苗—抽穗	抽穗—成熟
1961	612	79.31	70.87	52.81	47.19	0.40	1.77
1981	山前	65.94	53.14	55.03	44.97	0.33	1.40

从表三可以看到, 抽穗后各个时期绿色组织光合作用对穗部增重贡献大小。抽穗至开始灌浆13天左右植株所累积的光合产物占穗增重的311.82% (1961) 和115.89% (1981)。说明此期光合产物除供穗部生长之外, 还有相当数量的光合产物 (33.3—60%) 供给节间及叶鞘。开始灌浆到蜡熟14天左右, 植株地上部分所累积的光合产物占穗增重80%左右。蜡熟至完熟10天左右, 植株所累积的光合产物占穗增重分别为40.68%和82.51%。开始灌浆到成熟25天左右占66.00%和82.44%。抽穗至完熟40天内占104.71%和96.22%。说明抽穗后穗部增重物质主要来源于抽穗后绿色组织的光合作用。因此, 抽穗后光合能力的强弱与穗生长、特别是与籽粒灌浆关系极为密切。

(四) 茎、鞘、叶组织贮存物对穗部增重贡献较小。表三表明, 这三种营养器官除进行光合作用供给穗部增重物质外, 还可将其一部分物质分解, 运向穗部。从移动效果看, 各个时期茎、鞘、叶物质移出量占穗增重10—60%。抽穗至成熟, 茎、鞘、叶物质移

表三 冬小麦抽穗后穗部增重中光合效果和物质移出器官物质转移效果 (30茎总合)

比较项目	抽穗		开始灌浆		蜡熟		开始灌浆		抽穗	
	开始灌浆	蜡熟	蜡熟	完熟	完熟	熟	完熟	熟	完熟	熟
1961 品种612										
穗部增重(克)	10.66	35.98	21.04	57.02	67.68					
全株增重(克)	33.24	29.07	8.56	37.63	70.87					
移出器官减重(克)	1.03	8.13	13.49	19.37	9.44					
光合效果(%)	311.82	80.80	40.68	66.00	104.71					
移动效果(%)	9.66	22.60	64.12	34.00	13.95					
1981 品种山前										
穗部增重(克)	10.36	33.09	11.78	44.87	55.23					
全株增重(克)	16.15	27.27	9.72	36.99	53.14					
移出器官减重(克)	2.47	5.82	2.60	7.88	6.6					
光合效果(%)	115.89	82.41	82.51	82.44	96.22					
移动效果(%)	23.84	17.59	17.49	17.56	11.95					

〔注〕光合效果(%)是指植株增重百分数。

移动效果(%)是指物质移出器官减重占穗增重百分数。

出量占穗增重11.95—14.67%，开始灌浆至成熟为22.07—34.00%。总之，抽穗后光合作用对穗增重是主要的，而从籽粒灌浆开始之后，茎、鞘、叶中物质分解，运向籽粒物质质量逐渐增多。但1981年，抽穗后因干旱影响，抽穗到灌浆阶段光合产物在茎、鞘、叶中积累较少，因此降低了后期物质移出量，而光合效果相对提高。

(五) 茎、鞘、叶在各个时期移出量不同。抽穗到开始灌浆时期，只有叶身发生物质分解外运，干重下降，其它部分重量多是增加。开始灌浆到完熟各器官均发生物质分解外运，但移出量是不同的。其中以节及节间移动量最大(占总移动量的42—46%)，而叶鞘、叶身移动量相近似(26.61—29.57%)。假如以各器官移出量占开始灌浆时各器官干重百分数表示，总的趋势是叶身>叶鞘>节及节间。对比两年资料，可以看到，1981年可能因干旱或因品种不同，物质移动百分数均比1961年低(表四)。

(六) 不同叶位叶对籽粒产量的影响。将抽穗时去叶、遮叶处理收获物考种结果列于表五。从表五可以看出：

1. 去叶、遮叶处理的每穗粒重、千粒重，每茎的茎鞘重均比对照减少，说明抽穗后叶片的光合作用在籽粒充实中占着很重要地位。

2. 留叶愈多，产量愈高。这主要表现在千粒重指数及每穗粒重指数的大小。在1961年试验中，这两个指标，自对照→去(遮)旗叶→去(遮)2—4叶→全去(遮)叶有

**表四 冬小麦灌浆至成熟各器官物质移动百分率
(30茎总合)**

器官名称	开始灌浆时的干重(克)	成熟干重—开始灌浆时干重(克)	物质移出量占开始灌浆干重%	各器官移动量占总移动量%
1961 品种 “612”				
叶 身	14.68	5.16	35.15	26.61
叶 鞘	19.29	5.34	27.68	27.54
节及节间	54.68	8.89	16.26	45.85
总 计	88.65	19.39	21.87	100.00
1961 品种 “山前”				
叶 身	10.95	2.33	21.28	29.57
叶 鞘	14.71	2.25	15.30	28.55
节及节间	32.73	3.30	10.08	41.88
总 计	57.89	7.88	13.61	100.00

表五 冬小麦抽穗时去叶、遮叶处理收获物调查结果

处 理	茎鞘重 (克/1株)	每穗粒数	千粒重 (克)	千粒重指数 (%)	每穗粒重 (克)	每穗粒重指 数 (%)	不孕小穗 (%)
1961年 品种 “612”							
对 照	2.41	75.0	36.08	100.00	2.71	100.00	5.3
去 旗 叶	2.34	70.0	34.52	95.68	2.42	89.50	5.9
去2—4叶	2.08	65.3	34.56	95.79	2.29	84.51	6.5
去全部叶	2.05	65.4	29.84	82.71	1.95	72.00	6.5
遮 旗 叶	2.19	68.9	35.27	97.75	2.43	89.67	6.0
遮2—4叶	2.06	66.2	34.60	95.90	2.33	85.98	6.5
遮全部叶	2.02	67.0	32.93	91.27	2.21	81.55	6.3
1981年 品种 “山前”							
对 照	1.40	41.20	40.48	100.00	1.67	100.00	5.1
去 旗 叶	1.35	41.90	32.82	81.08	1.38	82.63	5.3
去2—4叶	1.32	40.13	36.96	91.30	1.48	88.62	5.4
去全部叶	1.28	39.46	27.82	68.73	1.10	65.87	5.4

规律地递减，全去叶和对照相比相差很大（穗粒重下降28%，千粒重下降近17%）；在1981年试验中则是自对照→去2—4叶→去旗叶→全去叶有规律递减，全去叶和对照相

比也相差很大(穗粒重下降34.13%,千粒重下降31.27%)。两次试验差异可能与1981年后期干旱,下部叶片早衰枯黄有关。

3.第2—4叶对籽粒产量的作用。去2—4叶时,每穗粒重指数降低15.49%(1961),而遮2—4叶则下降14.02%,二者相差1.5%。这可能是被遮叶片内一部分物质运入籽粒所致。

4.旗叶对籽粒产量的作用。抽穗时去旗叶,1981年试验中,每穗粒重降低17.37%,1961年试验中则降低10.50%,遮叶降低10.33%,二者比较接近。

5.去叶、遮叶后,每茎茎鞘重均比对照减轻,而去(或遮)叶愈多,减轻愈多。这可能是由于茎鞘中较多物质分解运入籽粒;或者是因光合减少,运向茎鞘中物质减少,或是二者兼而有之。

(七)去穗效应。穗部是抽穗后光合产物的主要贮存库,而茎、鞘、叶是中转库。1981年5月3日(抽穗期)和5月23日(乳熟期)两次去穗处理表明:去穗加大了光合产物在茎、鞘、叶中贮存量,去穗早,增加多。中转贮存库中节及节间增加的贮存量>叶鞘>叶身。

讨 论

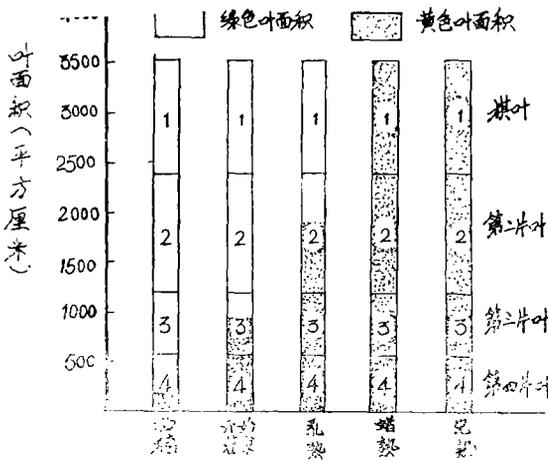
(一)穗增重的物质来源主要靠抽穗后光合作用供给。抽穗后光合产物主要供给穗部生长。试验结果表明:蜡熟以后,穗部增重40.68—82.51%来自蜡熟后光合作用的积累;开始灌浆以后,穗部增重66.00—82.44%来自灌浆后光合积累;从抽穗到完熟的整个时期中,穗部增重11.95—13.95%来自抽穗前的光合积累,86.05—88.05%来自抽穗后光合积累,其中依靠抽穗到开始灌浆时期光合积累30.39—46.90%,靠开始灌浆到蜡熟时期光合积累41.02—51.32%,靠蜡熟后光合积累12.08—18.29%(表六)。这与殷宏章等^[1],张邦恕^[7,8]的结果相似。表五表明,去(遮)叶以后,降低产量10—34%。这些均说明抽穗后叶片的光合作用在构成籽粒产量中的重要性。1981年在测定干重的同时,还测量了各叶位叶片面积(图三)。从图三可见,5月30日(蜡熟)以后全部叶片枯黄,但此期内(即蜡熟到完熟)穗增重5/6还来自光合作用。这时进行光合的器官只能是绿色穗和绿色的茎鞘。以上说明除叶片之外,绿色穗及茎鞘在构成籽粒产量中也具有重要作用。

(二)茎、鞘、叶在构成籽粒产量中的作用:①进行光合,这是主要的。②贮藏作用,将多余的光合产物及时贮藏下来,待种子充实时期光合供给不足时再分解运向籽粒。③原生质分解撤退,其中一部分可供籽粒生长。黄萎衰退组织中,会出现原生质的胞间运动,逐步地把营养物质让渡给新生器官^[2,3]。抽穗之后的新生器官的生长就是籽粒的形成和充实。

抽穗到开始灌浆期间,光合产物除供穗部之外,尚有相当部分供给节及节间和上部叶鞘,以后又可将其中一大部分供给籽粒。表七表明,和完熟期相比,抽穗至开始灌浆

表六 冬小麦抽穗后各生育期光合积累的效果 (克/30茎)

生育时期	抽穗	开始灌浆	蜡熟	完熟
1961年 品种 “612”				
地上部干重	79.31	112.55	141.62	150.18
干重之差数	33.24	29.57	8.56	
占抽穗至完熟期间积累总干重%	46.90	41.92	12.08	
1981年 品种 “山前”				
地上部干重	65.04	81.19	108.46	118.18
干重之差数	16.15	27.27	9.72	
占抽穗至完熟期间积累总干重%	30.39	51.32	18.29	



图三 抽穗后绿色和黄色叶面积变化 (10片叶总计)

期间叶鞘、节间中所积累的物质33—39%留作茎、鞘的基本建设, 61—67%先后运向穗部。不同时期、不同器官、部位、运出量不同。分析1961年去(遮)叶试验, 穗粒重指数从抽穗至完熟的整个时期中, 叶片光合和贮藏转运之间的比例大约为2:1(光合=对照100-全遮叶81.55=18.45; 贮藏=对照100-全去叶72-18.45=9.55)。

(三) 抽穗后物质源库之间的关系。冬小麦籽粒产量的高低, 主要决定于抽穗后光合产物的多寡, 而光合产物的多少则决定于光合面

积大小(即物质源的大小SourceSize), 光合强度强弱(即源强Source Intensity)和光合持续期的长短(即源期Source Duration)^[22]。试验发现, 去叶、遮叶(即减少源面积), 当然会降低物质源的供应能力。剪去全部叶片会降低产量28—34%(表五)。因此要提高产量必须采取有效农业技术措施, 保持一定绿色面积, 提高光合强度, 防止叶片早衰。

源的供应能力增大, 可增加库的贮存量, 而库贮存能力增大, 反过来可提高源强^[22]。反之, 也会降低源强。去掉穗子即去除了主贮存库, 会增加中转贮存库(茎、鞘、叶)中贮存量, 但总的光合产物减少13—26%。

(四) 关于呼吸消耗问题。以上所谈到的光合产物积累和变化是指净增减量, 没

表七 冬小麦从抽穗至开始灌浆茎、鞘中积累的光合产物向穗部移动量及残存量 (克/30茎)

生育期	抽穗	开始灌浆	完熟	完熟—抽穗
1961年 品种 “612”				
叶鞘、节及节间干重	59.60	73.97	59.74	
增 减 量		+ 23.37	- 14.23	+ 9.14
残 存 量 (%)	$(9.14 \div 23.37) \times 100 = 39.11\%$			
移 动 量 (%)	$(14.23 \div 23.37) \times 100 = 60.89\%$			
1981年 品种 “山前”				
叶鞘、节及节间重量	39.18	47.44	41.89	
增 减 量		+ 8.26	- 5.55	+ 2.71
残 存 量 (%)	$(2.71 \div 8.26) \times 100 = 32.81\%$			
移 动 量 (%)	$(5.55 \div 8.26) \times 100 = 67.19\%$			

有把各器官的呼吸算入。殷宏章^[1]求得水稻每穗100颗籽粒,从开花到成熟过程中,需消耗1克左右干物质。苏梯之^[14]测定小麦灌浆期间茎、鞘、叶呼吸强度较弱,穗部呼吸强,其消耗量和同化量大致相抵消。因此,如果考虑呼吸消耗,前述的规律会有一些变化。其中所说的茎、鞘、叶的阶段出量是指相邻两次测定的干重之差。减少量是真正运向穗部,或是由生活细胞呼吸消耗掉,或者二者兼有之,其量的多少,还需进一步研究。

整个试验得到的启示是,还必须进一步探求不同品种、不同栽培和自然条件下生育后期光合产物积累和运转规律,为提高籽粒产量提出理论依据。

结 论

1961年和1981年在陕西武功地区利用称重和去(遮)叶方法,研究了冬小麦抽穗后光合产物的积累、转运和各叶位叶对籽粒产量的影响,所得主要结果如下:

1. 冬小麦抽穗以后,绿色组织的光合能力很强,所积累干物质将近全生育期总干物质的50%。
2. 籽粒重量增长过程是开始慢,然后逐渐加快,最后又减慢以至停止。
3. 抽穗以后主要增重器官是穗部,而穗部的增重主要表现在籽粒重量显著增加,叶片重量不断下降,叶鞘只在灌浆前有所增加,节及节间在乳熟前有所增加,以后下降。
4. 抽穗后穗重的11.9—13.95%来自抽穗前的光合积累,86.05—88.05%来自抽穗以后光合积累。开始灌浆以后穗增重的66.00—82.44%来自开始灌浆以后光合积累,

17.56—34.00%来自开始灌浆前的光合积累。

5.抽穗至开始灌浆期间,茎鞘叶的移动量是叶身>叶鞘,节及节间则是增重器官。开始灌浆至完熟期间,节及节间的移动量大于叶鞘和叶身。

6.去(遮)叶减少营养物质来源,使产量降低10—34%。留叶愈多,籽粒产量愈高。各处理产量顺序是对照>遮旗叶>去旗叶>遮2—4叶>去2—4叶>全遮>全去。

7.抽穗时去穗可加大中转贮存库(茎、鞘、叶)贮存量近50%,但减少光合产物积累25%左右。

文中对抽穗后绿色组织光合作用,中转贮存库物质转移,植株的物质源库关系作了简要的讨论。

参考文献

- [1] 殷宏章等: 1956, 水稻开花后干物质累积和转运, 《植物学报》, 5(2), 177~194。
- [2] 姜成后: 1956, 大蒜中原生物的细胞运动与有机物运输, 《植物学报》, 5(4), 345~362。
- [3] 姜成后: 1973, 高等植物衰老叶片中原生质的撤退现象以及原生质运动在有机运输中可能具有的作用, 《植物学报》, 15(2), 204~215。
- [4] 沈巩懋等: 1959, 成熟期小麦光合作用产物的累积和分布, 科学记录, 3(9), 355~357。
- [5] 沈巩懋: 1960, 水稻各个时期各叶光合作用产物的运转, 《农业学报》, 11(1), 30~34。
- [6] 石声汉: 1960, 小麦分期收割试验, 《西北农学院学报》, 第2期, 83~88。
- [7] 张邦恕: 1959, 各叶位叶对产量的生理效应(初报), 《植物生理通讯》, 第5期, 25~29。
- [8] 张邦恕: 1960, 不同叶位叶对产量的生理效应(第二报), 《植物生理通讯》, 第5期, 37~39。
- [9] 郑广华等: 1964, 小麦体内同化产物分配利用规律的初步研究, 《植物生理通讯》, 第3期, 7~16。
- [10] 翟允提等: 1979, 不同类型小麦栽培品种的籽粒发育形态与灌浆, 《西北农学院学报》, 第4期, 1~33。
- [11] 黄志仁: 1981, 用 $^{14}\text{CO}_2$ 示踪研究小麦叶片早衰对籽粒产量的影响, 《作物学报》, 7(1), 27~34。
- [12] 黄庆榴等: 1961, 小麦籽粒灌浆过程的研究, 《小麦丰产研究论文集》, 142~149。
- [13] 中国科学院农业丰产研究丛书编辑委员会: 1963, 小麦丰产问题研究, 第四集,

91~101, 科学出版社。

- [14] 苏悌之等: 1981, 青海香日德春小麦高产的生理特性分析, 《作物学报》, 7(1), 19~26。
- [15] 罗春梅: 1964, 不同层次叶片对小麦茎秆及穗器官发育的影响, 《植物生理通讯》, 第4期, 20~26。
- [16] 夏镇澳等: 1964, 开花后去叶与喷糖对小麦籽粒形成的影响, 《植物生理通讯》, 第2期, 27~30。
- [17] 沈允钢: 1959, 水稻开花后光合作用产物的转变与分配, 《科学通报》, 第12期, 398。
- [18] 凌启鸿: 1965, 小麦各位叶片对产量形成作用的研究, 《作物学报》, 4(3), 219~233。
- [19] 荆家海: 1963, 气象因素和农业技术措施对冬小麦净光合率的影响, 《作物学报》, 2(3), 303~319。
- [20] Жданов, А.А.: 1956, О поступлении Веществ В семена из щетбев Раавного яруса. Физкол. Раст. 3(5), 446~447
- [21] Кравцова, Б.Е., 1957, Об интенсивности оттока продуктов ассимиляции В зерно при равной густоте посева яровой пшеницы. ДНА. Ссср. 113(5), 1163~1164
- [22] Hsiao, T.C. et al.: 1976, Water Stress and Dynamics of Growth and Yield of Crop Plants. 《Water and Plant life》, 281~305.
- [23] Yoshida S. (吉田): 1972, Physiological Aspects of Grain Yield. Ann. Rev. of plant physiology, 23: 437~459.

Accumulation and Translocation of the photosynthetic Products in vivo and Effects of the Different Leaves on the Stem on Grain Yield of Winter wheat after heading

Jing Jiahai

(Northwestern College of Agriculture)

ABSTRACT

Both in 1961 and in 1981, it was researched that accumulation and translocation of the photosynthetic products had some effects on grain yield of winter wheat after heading at Wugong Shaanxi. The results obtained from the experiment were summarized as follows.

1. From heading to ripening of winter wheat (about 40 days) photosynthetic rate of the green tissues is very high. The dry matter accumulated by shoot system at this period is about 50% of the total dry matter accumulated by shoot system in the whole growing period (about 240 days).

2. A curve of grain filling process shows "S"-shape, that is, it is slower at first, and then faster, and slow at last.

3. Mheat ear is a principal organ increasing in dry weight after heading, but dry weight of the leaves gradually lessens. Dry weight of the sheaths reveals an increase only before the milking stage. Dry weight of the nodes and internodes shows an increase only before milking maturity stage. And then they all decrease in dry weight.

4. 86.05—88.05% of ear weight is from the assimilates after heading. 11.95—13.95% of ear weight is from the assimilates which accumulate in the stem-sheath-leaf before heading.

5. Leaf removal and leaf shading cause lessening assimilates in vivo and bring about a decrease in grain yield by 10—34%

6. As the ear was removed at the time of heading, the amount of the assimilates stored in stem-sheath-leaf was increased by 50%, but the total assimilates in the shoot system was decreased by 25%.

7. It can be seen from the experiment that increasing assimilates in vivo after heading of winter wheat by efficient agricultural treatment is one of important ways to further raise grain yield.