

春小麦品种开花后干物质积累量和分配方式对高产稳产的影响

郜和臣

(中国科学院西北高原生物研究所)

谷类作物的籽粒产量主要来源于开花后的光合产物。开花后干物质积累量的多少及其分配利用方式对谷类作物的高产稳产极为重要。过去不少学者用称重方法和示踪原子研究过水稻、小麦等作物后期体内光合产物的累积和分配利用(殷宏章等, 1956; 张邦如, 1958, 1959; 荆家海, 1983; 郑广华等, 1964)。但有关青海高寒地带春小麦品种间开花后干物质积累量及其分配利用方式的差异性对品种高产稳产影响的报道尚不多见。

本文利用称重法进行研究, 目的在于了解青海春小麦品种间开花后干物质积累量和分配利用方式的差异性与品种高产稳产的关系, 为春小麦品种改良提供依据。

一、试验方法

(1) 于1978、1979年在青海省循化县下滩大队进行试验。该大队位于黄河上游, 海拔1875米, 年平均气温8.7℃, 7月份平均气温20℃; 年日照2025小时; 年降水量261毫米, 气候干旱多风。农田供水以灌溉为主。

(2) 1978年初步观察了22个春小麦品种开花后干物质积累量和分配方式对品种籽粒产量的影响。1979年进行重复试验。供试品种15个, 包括大面积推广品种, 引进和自育的矮秆、半矮秆新品种(系)。试验小区面积15米², 产量比较试验设6次重复。试验地前茬为春小麦。播前每亩施土杂肥8千斤左右, 磷酸二铵(P46%; N18%) 50斤。苗期每亩追施尿素40斤。2月25日播种, 7月15日至20日收获。全生育期灌溉6次。

(3) 取样及处理

A. 在第1重复内每个小区划出1/2面积为取样段。开花期选择开花一致的主茎穗挂牌标定样株, 开花后每5天采一期样本, 直到成熟期为止, 共采样本9—10期。每期在取样区内3个不同地段取30个主茎。样本采回后, 将穗、秆、叶片、叶鞘等分别割开, 装入纸袋风干。待最后一期样本风干3个月, 所有样本同时称重。比较不同品种和不同

器官间的重量变化。计算干物质累积量和分配状况。

B. 去穗、去叶处理。1978年于开花期在供试的22个品种上进行。处理分为：去穗、去全部叶片、对照等。每处理为20个主茎。为避免茎蘖间营养物质相互流通，处理植株和对照植株只留主茎，其余分蘖茎全部除去。同时取样测定开花期主茎穗、秆、叶片和叶鞘等器官的风干重。于正常植株成熟期，将所有处理的植株同时收获，测定干物质累积和分配情况。

C. 去半穗处理。1979年于开花期将每个供试品种的30个主茎穗去掉半边的全部小穗，保留另半边的小穗，另设30个主茎穗为对照。收获后测定其千粒重的变化，以推断各品种开花后光合产物的供应能力和穗部容纳能力之间的协调程度。

成熟期仔细观察品种和处理间植株的落黄性表现。

二、结果与分析

(1) 单位面积上生物产量、开花后干物质累积量及其向穗部的分配率与品种籽粒产量的关系。1979年对15个春小麦品种(系)的试验结果列入表1。表1表明：单位面积上的生物产量、开花后干物质累积量及其向穗部的分配率都较高的品种如M47、泰山1号、77-709等的籽粒产量较高；生物产量、开花后干物质累积量都偏低，而开花后干物质向穗部的分配率高的品种如矮丰3号、77-707等，也能获得较高的籽粒产量；生物产量、开花后干物质累积量都较高，而开花后干物质向穗部的分配率低的品种如阿勃、Nee pawa等的籽粒产量较低。

用简单相关法分析的结果说明：地上部分生物产量与籽粒产量之间有正相关关系($r = 0.1251$)；开花后干物质累积量与籽粒产量之间呈负相关($r = -0.0749$)；开花后干物质向穗部的分配率与籽粒产量之间有显著的正相关关系($r = 0.5984$ ；当 $n = 15$ ， $p = 0.05$ ， $r = 0.5139$)。表明供试品种(系)之间籽粒产量的差异，主要决定于开花后干物质向穗部分配率的高低。

(2) 开花后干物质分配方式对品种高产稳产的影响。开花后测定植株不同器官在不同时期的重量变化表明，干物质向穗部的分配方式品种间有不同的表现型(图1)。

A. 早期超量分配型 即在籽粒灌浆前期(开花后10—15天)光合产物向穗部的分配量就超过植株的总光合生产量。植株的茎、叶等营养器官中的部分贮存物质开始向穗部大量转移，如图1中矮丰3号的干物质分配方式则属此种类型。这种分配方式能使营养器官中的贮存物质较大限度地转移到穗部形成籽粒产量。在本试验中，矮丰3号和77-707是营养器官向穗部输出物质最多的品种，输出的物质占开花期茎、叶等营养器官总干重的27.0%和25.2%；占穗增重的24.3%和20.9%。这类品种的收获指数一般较高。但由于营养器官中的贮存物质过早、过多地外运，影响了植株后期光合器官的活性和光合生产能力，因此，开花至成熟期间干物质累积量偏低，成熟期植株多为灰白色，呈“死熟”相，但在精细栽培和良好的气候条件下能够获得较高的籽粒产量。但易早衰，抗逆性和适应性较差，在生产上广泛地推广应用受到限制。

B. 后期超量分配型 开花后干物质向穗部的分配率由低到高，成熟前10天左右，茎、叶等营养器官中的贮存物质开始迅速地向穗部转移，形成后期超量分配方式。如泰山

表 1 不同品种的籽粒产量、开花后干物质累积量及其向穗部分配率

Table 1 Grain yield, accumulation and transportation of dry matter in different varieties of spring wheat after flowering phase

品 种 Variety	籽粒产量 (斤/亩)* Grain yield (jin/mu)	生物产量 (斤/亩)* Biological products (jin/mu)	开花至成熟干物 质累积量 (斤/亩)* Accumulation of dry matter from flowering to ripening (jin/mu)	开花—成熟 From flowering to ripening		
				单茎总增重(克) Total increase of a single stalk (g)	穗增重(克) Increasing of the ear (g)	干物质向穗部分 配率(%) Dry matter % of the ear
M47	1380	2671	1217	1.4202	1.6767	118.1
泰山 1 号 Taishan 1	1199	2702	1200	1.6099	1.7766	110.4
矮丰 3 号 Aifeng 3	1165	2220	897	1.1108	1.4666	132.0
77-709	1143	2565	1212	1.5976	1.8459	115.5
77-703	1137	2826	1501	2.0383	2.0884	102.5
高原 506 Gaoyuan 506	1132	2819	1541	2.2252	2.0797	93.5
77-707	1122	2355	956	1.3547	1.7126	126.4
77-701	1107	2906	1192	1.4833	1.7900	120.7
77-704	1048	2780	1414	1.7400	1.8010	103.5
卡捷姆 Cajeme	1038	2345	1178	1.5716	1.7600	112.0
青春 5 号 Qingchun 5	1014	2588	1211	1.8567	1.8360	98.9
77-708	1016	2272	1156	1.8123	1.8167	100.2
77-717	973	2302	897	1.4366	1.6433	114.4
阿 勃 Abbondanza	976	2960	1429	2.2863	2.0766	90.8
Neepawa	866	2555	1349	1.6077	1.2656	78.7

* 斤 (jin) = 500 克 (g)

1号的分配方式就属于后期超量分配型(图1)。这种分配方式在籽粒灌浆前、中期,植株的营养器官尚能补充到一定的光合产物以增强其活性,提高光合器官的光合生产能力。后期又能够将营养器官中的部分贮存物质迅速地转移到籽粒中形成经济产量,提高品种的收获指数。所以这类品种如M47、泰山1号和77-709等,开花至成熟期间干物质累积量一般较高,籽粒产量也高。抗逆性和适应性都比较好。成熟期植株落黄快,色泽黄亮。这是一种有利于高产稳产的分配方式。

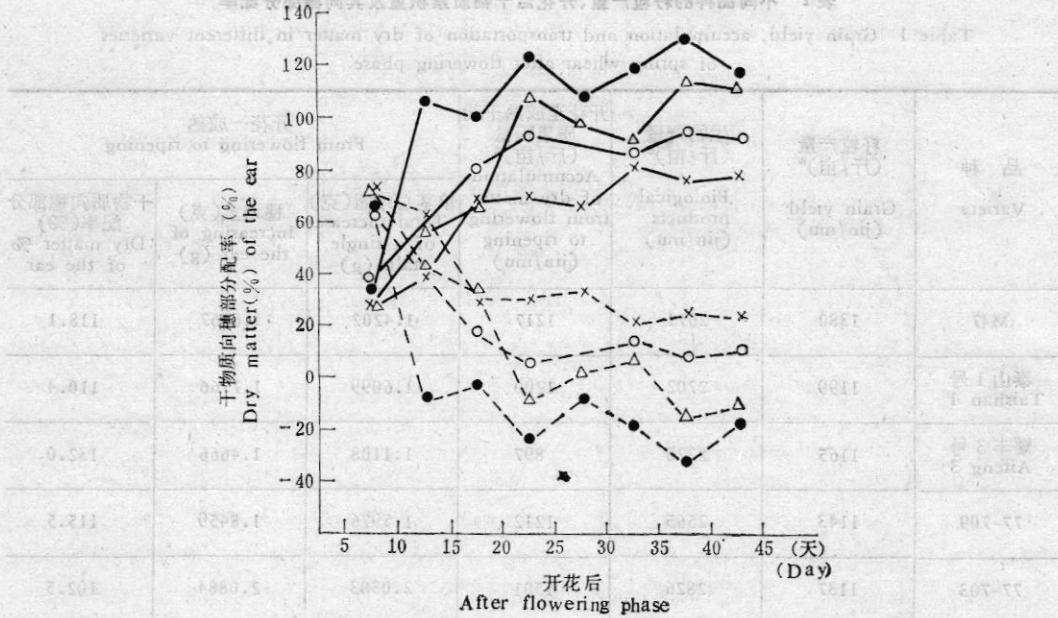


图1 开花后不同品种干物质的分配方式

Fig. 1 The distributing ways of dry matter in different varieties after flowering phase.

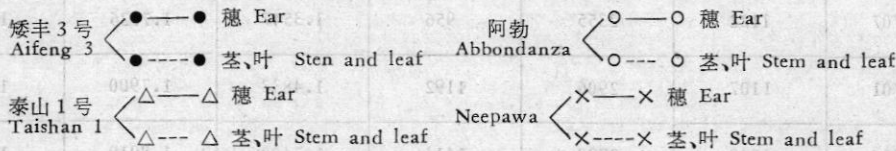


表2 1971—1975年阿勃的产量

Table 2 Yield of Abbondanza, 1971—1975

年份 (Year)	产量(斤/亩)* (Yield (jin/mu)*)
1971	836.0
1972	852.5
1973	893.3
1974	858.7
1975	863.3
平均 (Average)	860.8±21.0

* 斤 (jin) = 500 克 (g)

C. 保留分配型 开花至成熟期间, 这种分配方式自始至终只将大部分干物质分配于穗部, 其余小部分干物质则继续在营养器官中贮存。如阿勃、Neepawa 两个品种的干物质分配方式为此种类型。由于这类品种的营养器官不断地补充到一定的光合产物, 所以, 表现活性好, 寿命长, 干物质累积量高。然而大量的光合产物由于不能有效地转化为经济产量, 所以籽粒产量一般偏低。成熟期植株落黄缓慢, 穗部颖壳和穗下节间变黄, 而旗叶和叶鞘仍为绿色, 呈“老来青”长相。

保留分配型品种一般稳产性和适应性都较好。例如阿勃品种, 自 1961 年引进青海省

表 3 11 个春小麦品种的产量随环境变化的回归系数

Table 3 Regression coefficient of 11 spring wheat varieties with the change in environment.

品 种 Variety	回归系数 Regression coefficient (b)	适应性评价 Evaluation on the adaptability
阿勃 Abbondanza	0.5708	较好 Better
76359-6-1-3	0.6524	较好 Better
78-5	0.8847	一般 General
76117-1-2-3-2	1.0432	一般 General
503	1.0545	一般 General
80-642	1.0772	一般 General
高原 472 Gaoyuan 472	1.1899	一般 General
73-12-3	1.2014	较差 Worse
187	1.2165	较差 Worse
79-524	1.2229	较差 Worse
78-17-3	1.3767	较差 Worse

以来,推广种植面积占全省春小麦品种的第一位。20 多年来一直为其主要栽培品种。产量表现稳定,不同年份、不同地区的产量波动性较小。表 2 为 1971—1975 年阿勃在下滩大队品种比较试验中的产量。5 年间,它的产量变异系数仅为 2.4。表 3 是 1982 年青海省春小麦品种区域试验的部分品种,在 西 宁、大 通、互 助、湟 源、乐 都、循 化、贵 德、都 兰、德 令 哈 等 9 个 地 区 的 产 量 试 验 资 料,采 用 回 归 分 析 法 计 算 出 来 的 品 种 产 量 随 环 境 变 化 的 回 归 系 数。从 表 3 可 以 看 出 阿 勃 在 11 个 品 种 中 回 归 系 数 为 最 小 (0.5708),说 明 其 受 环 境 因 素 的 影 响 小、适 应 性 强、产 量 较 稳 定。

(3) 去半穗对不同品种千粒重的影响。开花期去掉半边的小穗,使穗部容纳量减小 50%,相应地增强灌浆期间光合产物向另半边小穗的供应能力,千粒重比对照穗增大的程度品种间有明显差异(表 4)。从表 4 看出,千粒重比对照增加 10% 以上的品种都是矮秆品种(75—80 厘米)。说明矮秆品种在正常的情况下,光合产物的供应量小于穗部容纳量,籽粒充实度不够。所以,改善光合产物的供应能力可以明显地提高这类品种的千粒重水平。去半穗处理后千粒重增加不明显的品种,可能存在两种情况:

- A. 光合产物的供应量大于穗部容纳量。如阿勃、Nee-pawa 等植株较高的品种,在正常的情况下,光合产物的供应量就表现过剩,籽粒的充实度已达到饱和程度。所以,即使再增加光合产物的供应,其千粒重也不可能有明显的增加。
- B. 可能是光合产物的供应量与穗部容纳量处于基本平衡状态。如泰山 1 号和 M47 等品种,在正常情况下,籽粒的充实度较好。

另外,卡捷姆、77-717 两个品种,去半穗后,千粒重比对照分别减轻 6.1% 和 2.9%。这可能是取样误差或其他环境因素影响的结果。

表 4 开花期去半穗对千粒重的影响

Table 4 Effect of a half ear removed on 1000 grain weight after flowering

品 种	株高(厘米)	千粒重(克) 1000 grain weight (g)		
		去半穗 A half ear removed	对 照 Check	去半穗比对照增加(%) Increase in a half ear removed than the controlled
77-708	80	56.0	44.5	25.8
77-707	80	59.5	49.5	20.2
77-704	80	56.5	49.0	15.3
77-709	80	56.0	49.5	13.1
77-701	80	54.5	48.5	12.4
77-703	80	56.0	50.5	10.9
矮丰3号 Aifeng 3	75	43.0	39.0	10.3
高原506 Gaoyuan 506	95	52.0	47.5	9.5
M 47	95	52.0	49.5	5.1
泰山1号 Taishan 1	100	45.5	44.5	2.3
青春5号 Qingchun 5	115	49.0	48.0	2.1
阿 勃 Abbondanza	120	50.0	47.0	6.4
Neepawa	120	49.0	47.5	3.2
卡捷姆 Cajeme	75	50.5	53.8	-6.1
77-717	75	49.8	51.3	-2.9

从试验中可以看出,不同类型的品种其限制籽粒产量的因素也不同。对于穗部容纳量较大而光合产物供应不足的品种,增强光合产物的供应能力,如在栽培上加强麦田后期的水肥管理,防止叶片早衰,提高光合器官的光合活性对提高籽粒产量的效果可能比较显著。但这些方法对于后两类品种的籽粒产量的提高可能是无效的。所以,有些高产栽培措施在不同的品种上有不同的反应。同时说明,品种的穗部容纳量大小是遗传型决定的。当某些品种的穗部容纳量充实到一定程度时,继续增加光合产物的供应量,将不能增加穗部对光合物质的贮存量。

(4) 开花后茎秆贮存或输出物质的能力。从表5可看出,在成熟期,正常植株的茎秆

表5 开花期去叶、去穗对茎秆贮存或输出物质的影响

Table 5 Effect on the storing or outputting of material on the stem as the leaf or ear was removed at flowering phase.

品 种 Variety	成熟期茎秆干重比开花期增减(%) Dry weight of stem changing from flowering to ripening (%)			去 叶 Leaf removed	
	对照 Check	去穗 Ear removed	去叶 Leaf removed	总干物重减少(%) Total dry weight decreased (%)	穗粒重减少(%) Grain weight of ear decreased (%)
矮丰3号 Aifeng 3	-15.3	0	-37.5	94.7	57.1
高原 338 Gaoyuan 338	-9.1	+21.8	-32.7	75.3	51.2
NFPF 6798	-4.8	+9.5	-33.3	72.0	48.5
M 79	+2.6	+22.3	-21.3	65.6	36.6
高原 182 Gaoyuan 182	-31.2	+21.8	-31.2	83.2	36.6
纽瑞 Nuri 70	0	+37.0	-21.0	57.8	36.5
M 47	+11.1	+66.7	-16.7	59.4	35.9
阿勃 Abbondanza	+21.4	+57.9	-13.5	64.0	34.7
辐 71-3 Fu 71-3	+20.8	+7.7	-26.9	59.4	33.0
阿江 Ajing	+15.8	+24.2	-11.6	39.9	33.0
568	+16.8	+30.0	-11.7	51.9	31.9
小偃 759 Xiaoyan 759	-4.8	+41.7	-13.1	44.8	31.7
郑州 743 Zhengzhou 743	+18.2	+21.5	-5.0	45.4	31.3
斗地1号 Doudi 1	+45.3	+57.9	-5.3	65.1	28.3
74A992	-17.6	+17.6	-35.2	68.0	25.0
泰山1号 Taishan 1	+9.5	+10.5	-27.6	54.6	22.2
Neepawa	+55.2	+78.2	+3.4	47.0	21.8
6951-1-1-3	-10.8	+66.7	-18.3	23.9	21.0
万雅2号 Wanya 2	+8.4	+38.5	-7.2	23.7	21.0
30号 No 30	-4.8	+59.0	-4.8	16.8	13.3
534 P	+70.6	+70.6	-4.7	50.5	12.2
青春5号 Qingchun 5	+2.5	+46.2	-7.7	25.0	9.7

干重比开花期增加或减少,因品种不同而异;去穗处理的植株,除矮丰3号外,所有品种的茎秆干重都比开花期有不同程度的增加;去叶处理中,除 Neepawa 外,大多数品种的茎秆干重比开花期都有不同程度的减轻。说明开花至成熟期间大多数春小麦品种的茎秆都有贮存或向外输出物质的能力。

去叶后,茎秆干重减轻的程度与总干物重和穗粒重下降的程度之间呈极显著的正相关关系 ($r = 0.6977, 0.6622$; 当 $n = 22, p = 0.01, r = 0.5368$)。表明茎秆向穗部输出物质的能力受品种光合产物的供应量与穗部需求量之间协调程度的影响。供求之间差距越大,茎秆向穗部输出的物质越多,反之则少。

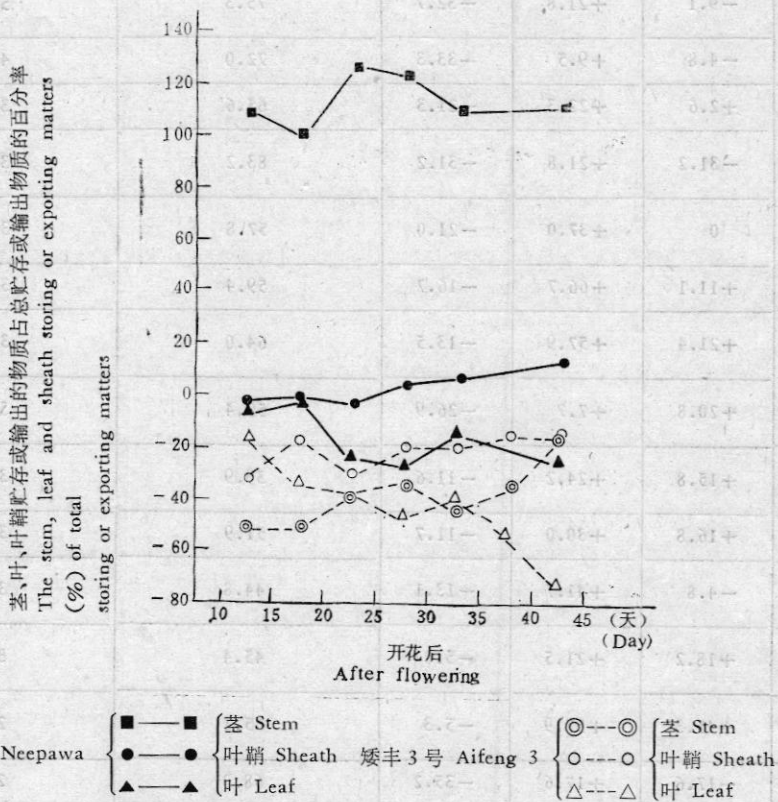


图2 开花后当营养体贮存或输出物质时,茎、叶、叶鞘的表现
Fig. 2 The actions of the stem, leaf and sheath when the vegetative organs store or output matters after flowering.

(5) 开花后营养体贮存或输出物质时,茎秆、叶片和叶鞘等器官的表现不同。如 Neepawa 品种,开花后营养体在不断地贮存部分光合产物,从它的茎秆,叶片和叶鞘等器官的重量变化来看,茎秆增重最多(图2)。说明当营养体在贮存部分光合产物时,茎秆是主要贮存物质的器官。叶鞘到后期也能够贮存少量的光合产物。叶片没有贮存光合产物的能力,而是输出物质的器官。

当营养体向外输出物质时,如矮丰3号,前期茎秆输出物质的比例较高。后期是叶片输出的物质最多。叶鞘居第3位。

三、讨 论

(1) 开花后充足的光合产物的供应和高的穗部容纳量是高产稳产春小麦品种必备的两个基本条件。试验表明,春小麦品种开花后,光合产物的多少和穗部容纳量的大小都可能成为限制籽粒产量的因素。不同类型的品种其限制籽粒产量的因素也不同。众所周知,开花后光合产物是形成籽粒产量的主要物质来源。但从开花后干物质累积量及其向穗部的分配率与籽粒产量之间的关系中可以看出,一些矮秆高产品种其开花后干物质累积量并没有明显增加。所以表现高产只是由于提高了干物质向穗部的分配率的结果。多数矮秆品种的穗部容纳量明显地大于光合产物的供应能力,因而增加了穗部对营养体内部分贮存物质的吸引力,促使营养器官中的大量物质向穗部转移。尽管如此,这些品种的籽粒充实度仍然不够饱满。表明限制这类品种的籽粒产量进一步提高的主要因素是光合产物的供给不足。因此,不仅籽粒产量受到限制,而且影响其稳产性和广泛的适应性,从而降低了在生产上的使用价值。

另一些品种如阿勃、Necpawa等,开花后干物质累积量虽然较高,但由于穗部容纳量小,其丰富的光合产物不能贮存于穗部籽粒中转化为经济产量,因而不能高产。因此,在品种改良中,只有使高的光合生产和较大的穗部容纳量结合起来,才能获得高产稳产、适应性强的优良品种。

(2) 春小麦品种开花后光合产物的供求关系与营养体内贮存物质的合理利用。穗部容纳量大于光合产物供应量的品种,有利于营养体内的部分贮存物质向穗部转移,提高光合产物的经济利用率,增加籽粒产量。但在灌浆期间穗部对光合产物的需求量过早、过多地超过其生产供应能力,则形成光合产物的早期超量分配方式,促使营养体内的贮存物质过早,过多地向穗部转移,影响中、后期植株光合器官的活性,降低光合生产能力,从而造成光合产物供求之间的恶性循环。这种对营养体内物质的不合理利用,可能是以提高收获指数获得高产的品种,其适应性较差,后期易早衰的主要原因之一。由此看来,在籽粒灌浆后期促使营养体内部分贮存物质迅速向穗部转移,对营养体内的贮存物质的利用是比较适当的。这就需要调节开花后不同阶段光合产物供求之间的适当比例。使籽粒灌浆前、中期的光合产物供应略高于穗部的需求量,而后期穗部的需求量则要高于光合产物的供应量。据一些资料表明,小麦籽粒灌浆时间、灌浆强度和灌浆进程品种间有较大的差异。所以,较大的穗部容纳量有可能和不同的籽粒灌浆特性结合在一起。形成一种对营养体内的贮存物质能够合理利用的方式。达到高产稳产的目的。

(3) 以成熟期植株的落黄表现间接评价品种的适应性。在育种过程中,对品种的高产性一般通过品种的产量比较试验容易掌握。但对于品种的适应性和稳产性的认识则比较困难。往往需要多年的观察和不同条件下的多点试验才能够明确其适应性和稳产性的好坏。在本试验中观察到成熟期植株的落黄性表现与不同的干物质分配方式有较密切的关系。如早期超量分配型品种,在成熟期植株多为灰白色,呈“死熟”相;后期超量分配型品种落黄快,色泽黄亮;而保留分配型品种,后期植株落黄缓慢,多为“老来青”长相。如前所述,具有不同的干物质分配方式的品种,其适应性也表现不同。因此,在肯定品种的高产的基础上,根据品种后期植株的落黄性表现间接评价其适应性和稳产性,有一定的参考价

值。

参 考 文 献

- 张帮恕,1958,各叶位叶对产量的生理效应(初报),植物生理通讯(5): 25—29。
张帮恕,1959,不同叶位叶对产量的生理效应(第二报),植物生理通讯(5): 37—39。
郑广华、徐阿炳、李雅志,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(3): 7—16。
荆家海,1983,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,西北农学院学报(3): 99—108。
殷宏章、沈允钢、陈因、余志新、李娉娉,1956,水稻开花后干物质累积和转运,植物学报 5(2): 177—194。
D. G. Faris 等(李守谦译),1982,播种量对三个春小麦栽培品种的生长和产量的影响(摘要),麦类作物(6),23—26。

EFFECTS OF ACCUMULATION AND DISTRIBUTION OF THE PHOTOSYNTHETIC PRODUCTS AFTER FLOWERING PHASE ON HIGH AND STABLE YIELD OF SOME SPRING WHEAT VARIETIES

Gao Hechen

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The effects of the accumulation and distributive ways of the photosynthetic products after flowering phase on the grain yield of some spring wheat varieties are studied at Xunhua County, Qinghai Province. The results of our experiment are as follows.

1. The correlative coefficients of the biological products aboveground and dry matter accumulated after flowering phase to the grain yield are not significant ($r=0.1251$, -0.0749). There seems to be a positive correlation between the distribution of dry matter toward the ear after flowering phase and the grain yield ($r=0.5984$).

2. The distribution can be divided into 3 types. a. Overloaded distribution at the early stage; b. Overloaded distribution at the late stage; and c. Reserved distribution. Different effects are found in these varied distributing types on high and stable yield of some spring wheat varieties.

3. After flowering phase, the stem and sheath store only part of the photosynthetic products, and transport some to the ear. Different spring wheat varieties have varied expressing styles. The leaf is only an organ for supplying materials in all varieties.

4. The distribution way of dry matter during ripening phase has much to do with the change in colour, for instance, from green to yellow. So the stability in production and adaptability to environment for spring wheat varieties can be evaluated indirectly by the colour changing characteristics at the ripening phase.