

# 柴达木盆地高额丰产麦田的群体特点及其形成

程大志 陈集贤 马晓明 郁海 葛菊梅\*

(中国科学院西北高原生物研究所)

柴达木盆地处于青藏高原的东北部,是我国面积最大而海拔最高的内陆山间盆地,总面积 37422 万亩,境内海拔 2600—3200 米,自然气候条件适于春小麦等多种耐寒作物高产。自 1977 年以来,由于品种的改良和栽培技术的提高,每年都涌现出亩产 1700 斤以上的春小麦高产典型,如 1978 年香日德农场 3.91 亩平均亩产 2026.1 斤;1979 年诺木洪农场 15.06 亩平均亩产 1918 斤;香日德农场农科所 28.38 亩平均亩产 1779.2 斤。然而,该地区 1982 年小麦平均亩产却只有 427 斤。由此可见,柴达木盆地春小麦生产还存在着巨大的增产潜力,研究这一地区春小麦高产的生物学特点及其生态环境和栽培技术,具有重要的理论和实践意义。

本文是作者 1977—1982 年,对柴达木盆地春小麦高产栽培的生态学研究的部分资料总结,试图说明 1700—1800 斤产量水平下,春小麦的群体结构特点、功能及其形成条件,为生产上实现高产更高产和大幅度增产,提供科学依据。

## 一、柴达木春小麦高额丰产田的群体结构特点

### 1. 群体密度

在柴达木自然条件下,春小麦栽培试验和生产实践中,较为常见的群体密度动态可以概括为如下几个类型。

(1) 早发型:基本苗合适,分蘖早生快发,分蘖势强,有效分蘖期内日增蘖 2—4 万/亩,并总茎数达预期成穗数的 1.1—1.2 倍;分蘖期较为集中,拔节期分蘖达到高峰,总茎数足而不过高,群体密度中等,个体健壮,分蘖成穗率高而成穗整齐;有效穗与基本苗、有效分蘖期总茎数和最高茎数之间的比值为 1:0.7—0.9:1.1—1.3:1.6—2.0;穗、粒重发展协调,三者都处在较高水平。

(2) 迟发型:虽然基本苗也在适宜范围,但因土质粘重或种子覆土深度超过 5 厘米,造成麦苗不壮,分蘖发生迟缓,有效分蘖期总茎数尚不足预期成穗数;经肥水促进,拔节前分蘖大量滋生,拔节后最高茎数也可达 70—85 万/亩的合宜范围,但小蘖比例多,成穗率

\* 参加工作的还有香日德农场邵延红、陈妮娟,香日德农场对此项工作给予了大力支持,特此致谢。

本文 1984 年 2 月 29 日收到。

低,后期往往落黄不佳,穗、粒重均低于早发型。

(3) 过限型: 是由于密植不当或促控过度所形成的一种类型, 它包括过上限型和过

表 1 春小麦不同类型群体的密度变化及生产力(平均数)

Table 1 The change of the density and productivity in different population of spring wheat (average)

群体类型 population type	田块数 No. of fields investigated	基本苗 No. of seedlings	分蘖期总茎数 Total No. of stems in tillering stage	最高茎数 Maximum No. of stems	有效穗数 No. of fertile ears	每穗粒数 No. of kernels per spike	千粒重(克) 1000 seeds weight (g)	平均产量及范围(斤/亩) Average yield and range (jin/mu)
早发型 Early growth type	18	33.4	52.5	77.1	42.9	35.8	61.8	1798.9 1711.3—1865.7
迟发型 Late growth type	3	31	39.7	79.4	39.6	34.8	60.9	1648.3 1548.6—1698.9
过限型 Type of excess limit	过上限 Excess upper limit	3	36.4	61.2	107.5	48.0	50.0	1587.9 1520—1693.8
	过下限 Excess low limit	3	25.8	39.5	58.1	39.9	62.5	1532.5 1473.1—1618.3
平稳型 Steady growth type	4	37.4	41.2	44.6	38.2	27.8	62.6	1214.5 1055.6—1364.7

注: (1) 品种为高原338; (2) 苗、茎、穗、数单位为万/亩。(3) 1斤 = 1/2 公斤; 1亩 = 1/15 公顷。

Note: (1) The variety is "Plateau 338"; (2) The unit of the number of seedlings and stems, ears are 10 thousand/mu. (3) 1jin =  $\frac{1}{2}$  kg; 1mu =  $\frac{1}{15}$  hectare.

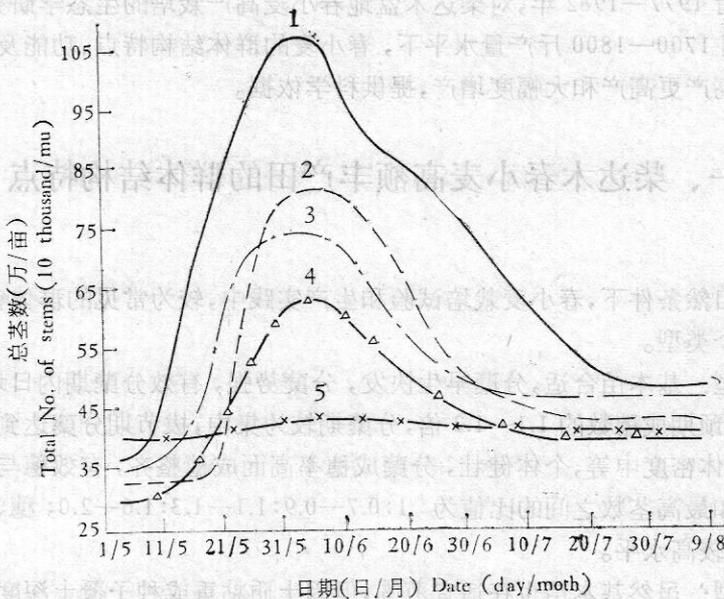


图 1 春小麦不同类型群体的密度动态模式图

(1)过上限型; (2)迟发型; (3)早发型; (4)过下限型; (5)平稳型。

Fig. 1 Dynamic density models of different population of spring wheat

(1) Type of excess upper limit; (2) Late growth type; (3) Early growth type;

(4) Type of excess low limit; (5) Steady growth type.

下限型,主要特点是基本苗或最高茎数在合宜范围之外,氮素营养过剩或营养不良,后期贪青倒伏或穗小、穗少。

(4) 平稳型:因受土壤肥力的限制,群体分蘖发生少、慢,密度变幅不大,几乎无明显的分蘖峰期,穗数与苗数相近,有效穗与基本苗和最高茎数的比为 1:0.94—1.02:1.0—1.28,且穗粒数较低(表 1、图 1)。

上述各类群体中,以早发型生产力最高,为亩产 1700—1800 斤的合理动态群体。对于高原春小麦而言,早发与否是高产成败的关键,因为高原春季气温偏低,不利于小麦发生分蘖,加之春小麦分蘖期比冬小麦短得多,所以群体的自动调节能力也较低。既要群体足,穗数多,又要个体壮,穗大粒多、粒重,除了要有比冬小麦多得多的基本苗外,还必须分蘖早生快发。

## 2. 群体的垂直分布

不同类型群体的垂直分布如图 2。由图 2 可以看出:

(1) 早发型群体垂直分布的最大高度为 80 厘米,比过上限型低 10 厘米,这是其高产不倒的一个重要原因。

(2) 各群体叶面积分布图形的共同点是,前、中期为中间大而两端小,后期上下趋于均一,这主要是受同一品种叶片配置方式特性的影响所致。但不同群体各层叶面积的累计值有明显差异,叶的分布高度也有所不同,早发型群体叶的分布高度始终高于或等于茎,表明叶片上举性较好。

(3) 不同群体的叶面积密度各异,早发型群体在拔节、孕穗、开花各期的叶面积密度分别为每米<sup>3</sup>空间内 13.2、13.3 和 8.3 米<sup>2</sup>,居于过上限型和平稳型之间。

(4) 各群体茎鞘表面积分布为下层大而上层小,但开花后中、下层茎鞘表面积基本相同。早发型群体拔节、孕穗、开花各期的茎鞘表面积指数分别为 1.32、2.73 和 5.02,分别相当于各期叶面积指数的 0.25、0.34 和 0.75。开花期茎鞘表面积与叶面积指数(6.67)之和达 13.35,其中茎鞘表面积指数与穗部表面积指数(1.66)相加等于 6.68,与叶面积指数基本相等。

(5) 开花后干物质逐渐上移,至腊熟期,穗部的干重以早发型的最大,并且集中分布于最上两层;穗干重相当于茎干重的 2 倍(有的达 2 倍以上),由此可见,促使茎秆矮壮对于防止倒伏,实现高额丰产是极为重要的。

(6) 群体内光分布,以早发型较为合理,拔节期群体底部的光强占自然光的 13.5% (用日制高量程光电池照度计测定,下同),具备了群体进一步发展的光照条件。但它不像平稳型那样,有 49.4% 的阳光漏射到地面;也不像过上限型那样,拔节期基部叶片就处在弱光下,底部光强仅为自然光的 5.7%,以致孕穗、开花期分别有 3% 和 12% 的绿叶光照低于光补偿点的 2 倍(即自然光的 5.6%),成为群体的累赘。

根据比尔兰伯特定律——当光线通过一个介质时,它的强度是对数地降低的。如果把一块麦田当作一个均匀的介质,则可移用公式(1)计算群体内光分布情况。

$$I = I_0 e^{-kF} \text{ 即 } \ln \frac{I}{I_0} = -kF \cdots \cdots (1) \text{ (殷宏章等,1961)}$$

式中  $I_0$  = 植株上方的光强;  $F$  = 叶子层数(即叶面积指数);  $I$  =  $F$  层下的光强;

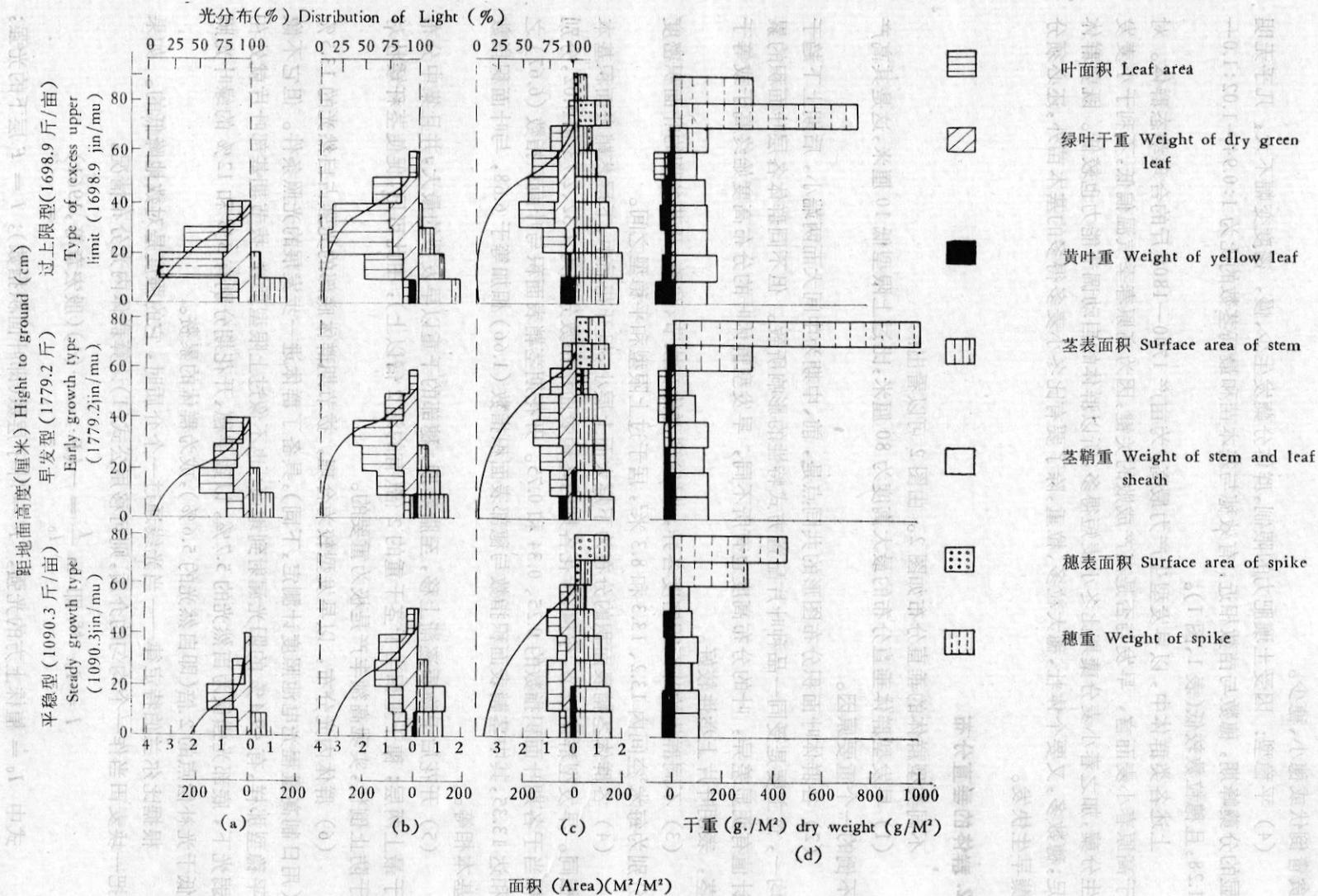


图2 春小麦不同群体的垂直分布 (a) 拔节; (b) 孕穗; (c) 开花; (d) 腊熟  
 Fig. 2 Vertical distribution of different population of spring wheat (a) Shooting; (b) Booting; (c) Flowering; (d) Wax ripe.

$k$  = 叶层的消光系数。

由公式(1)导出计算麦田合理叶面积指数的公式(2)。

$$\ln \frac{I}{S} = -kF \quad F = -\frac{1}{k} \ln \frac{I}{S} \dots\dots(2)$$

式中  $I$  = 植株底部的临界光强,  $k$  = 叶层的消光系数;  $S$  = 自然光强;  $F$  = 叶面积指数。

运用公式(1)及(2)对亩产 1700—1800 斤麦田不同生育期的光分布情况和合理叶面积指数进行了计算,结果汇总于表 2。

高产麦田各生育期理论叶面积指数与实测值基本相符。据 6 年 18 块高产麦田叶面积动态的实测结果和运用上述公式的计算值,各生育期最适叶面积指数应是: 分蘖期 1—1.5,拔节期 5—6,孕穗期 8—9.5,开花期 6—7,灌浆期 5—6,腊熟期 1 左右。

表 2 春小麦高额丰产田的光分布及理论叶面积指数

Table 2 The distribution of light and theoretical leaf area index in high-yielding field of spring wheat

项 目 Items	生 育 期 Growth phase	拔 节 Shooting	孕 穗 Booting	开 花 Flowering
临界光强 I (卡/厘米 <sup>2</sup> /分) I Critical light intensity I (cal./cm <sup>2</sup> /minute)		0.08	0.03	0.02
消光系数 K Extinction coefficient K		0.30	0.32	0.57
自然光强 S (卡/厘米 <sup>2</sup> /分) Natural light intensity S (cal./cm <sup>2</sup> /minute)		0.57	0.65	0.70
理论叶面积指数 F Theoretical leaf area index F		6.3	9.6	6.2

## 二、高额丰产麦田的群体功能

### 1. 群体对光能的利用

人们从事农业生产,就是利用作物把太阳能转变成易于利用的化学潜能的形式贮存在产品中,因此作物某段时间的物质生产量( $\Delta w$ )可用下式表示:

$$\begin{aligned} \Delta w &= \text{投射的日射量}(S) \times \text{能量转换率}(E_c) \\ &= S \times \text{吸收率}(E_a) \times \text{利用率}(E_u) \\ &= S \times \{100 - \text{反射率}(A) - \text{透射率}(R)\} \times E_u \end{aligned}$$

式中  $S$  = 投射到群体表面的短波光总量(0.3—3 微米)的累计值;

$A$  = 自群体各层再次反射回天空的部分占  $S$  的比率(%);

$R$  = 不被群体吸收投射到地面部分占  $S$  的比率(%);

$E_a$  = 群体所吸收的部分占  $S$  的比率(100 -  $A$  -  $R$ , %);

$E_u$  =  $\Delta w$  占吸收日射量的比率(% ,按 1 克干物质 = 4200 卡算出);

$E_c$  =  $\Delta w$  占  $S$  的比率(=  $E_a \times E_u$ ) (户莉义次, 1971)

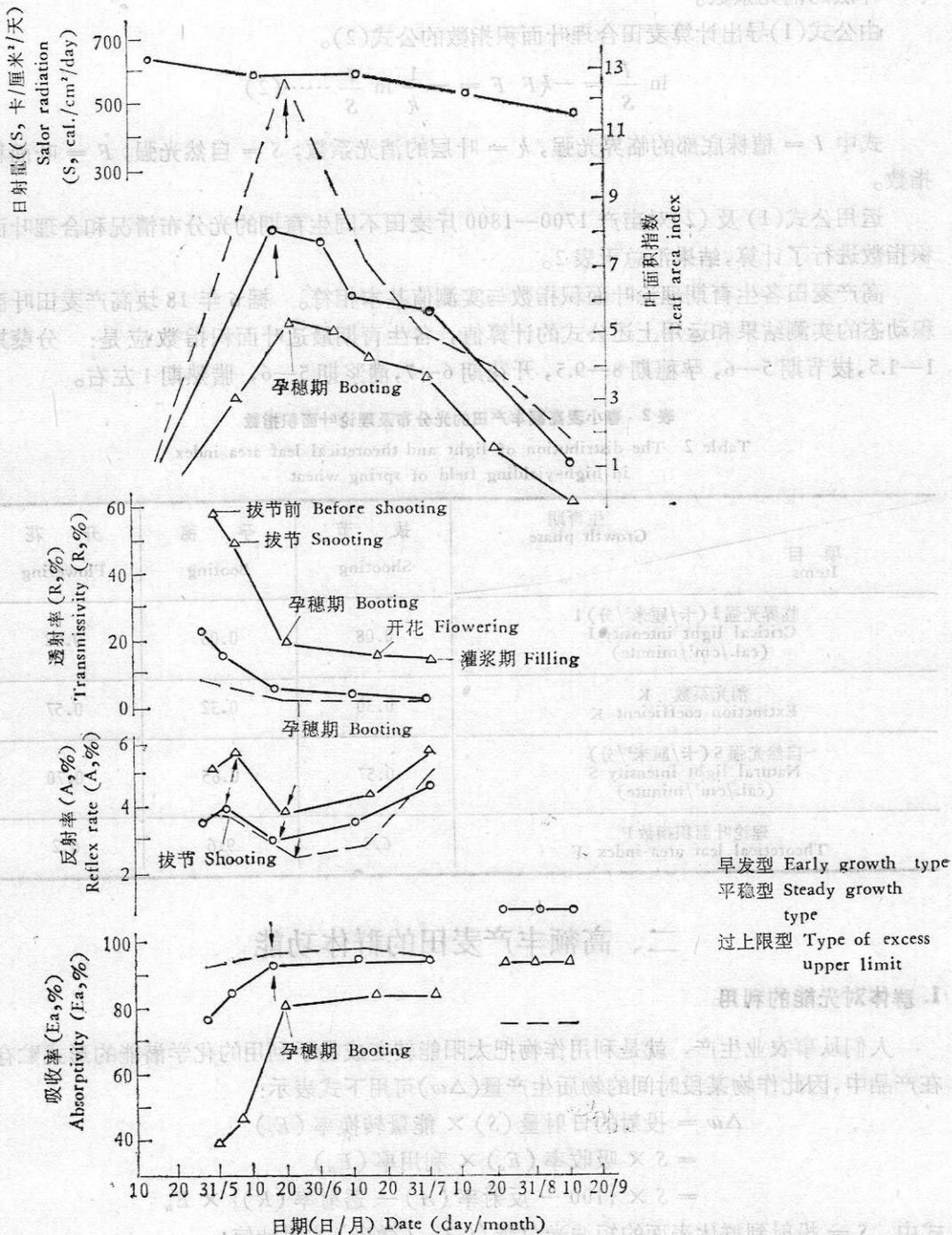


图3 春小麦不同类型群体的透光、反光及吸光情况

Fig. 3 State of transmissive light reflex light and absorption light in different population.

就不同类型群体测定了上述各数值的状况,结果如图3。由图3可以看出,早发型群体的透射率(R)居于过上限型和平稳型之间;从拔节至灌浆期,各群体透射率均是一直在下降,但孕穗以前下降较快,孕穗后则下降较慢。反射率(A)的变化,早发型呈现出拔节

前低,拔节期高,孕穗期降到最低,以后逐渐升高的形式。这正是高产小麦叶色苗期较深,拔节期退淡,孕穗期又变深,以后又逐渐退淡的合理变化的重要标志。而过上限型的反射率,拔节期无明显升高,至灌浆期后却明显升高,超过了早发型。这是因其氮素营养过剩,拔节期叶色不退淡,并且群体过大,株间光照条件不良,致使灌浆期后叶片黄化早衰之故。

拔节至灌浆这段时间内,早发型群体的透射率平均为6%;反射率为4%(用高量程光电池照度计测定结果,比以往用天空辐射表测定值低);吸收率为90%,居于过上限型(94%)和平稳型(73%)之间;实际吸收的日射量为 $316 \times 10^6$ 卡/米<sup>2</sup>,其间的干物质生产量是1618克/米<sup>2</sup>;光能利用率为2.2%;光能转换率为1.98%。

投射到地球表面的太阳辐射之中,能直接利用于光合作用者,只是0.4—0.7微米波长的部分(户莉义次,1971),故把这部分称作可利用日光能(或称生理有效辐射)。根据1981年用日制LI-185A型量子、辐射、照度计实测结果,柴达木盆地可利用日光能占太阳总辐射的43%,这比以往的估计值或计算值(程大志等,1979;左克成等1981)均低。依此计算,早发型群体全生育期可利用日光能转换率较高,达3.4%,其中生长旺盛的拔节—开花期为4.89%,经济产量直接形成期(开花—灌浆)为3.98%(表3)。由表3资料还可看出,各类型群体的光能转换率与叶面积的变化相一致,即以中期较高,后期大于前期。

表3 春小麦不同类型群体的可利用日光能转换率

Table 3 Efficiency of utilizable light energy conversion in different population of spring wheat

群体类型 Population type	出苗-拔节 Seedling-shooting		拔节-开花 Shooting-flowering		开花-腊熟 Flowering-wax ripe		出苗-腊熟 Seedling-wax ripe	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
早发型 Early growth type	9414.6	1.37	9351.4	4.89	12714.9	3.98	31480.9	3.4
过上限型 Type of excess upper limit	9814.7	1.63	10222.7	4.31	13166.3	3.68	33203.7	3.24
平稳型 Steady growth type	9713.6	0.97	9094.0	3.41	12693.6	2.51	31501.2	2.29

注:表中(1)可利用日光能(卡/厘米<sup>2</sup>);(2)可利用日光能转换率(%)

Note: (1) utilizable light energy (cal./cm<sup>2</sup>); (2) efficiency of utilizable light energy conversion (%).

## 2. 光合势及净光合生产率

小麦的产量也可用下式表示:

$$\text{产量} = \text{光合势} \times \text{净光合生产率} \times \text{收获指数}。$$

式中

$$\text{光合势(米}^2 \cdot \text{日)} = \text{某生育阶段的平均叶面积(米}^2) \times \text{生育日数};$$

$$\text{净光合生产率(克/米}^2 \cdot \text{日)} = \frac{\text{某生育阶段的干物质增重}}{\text{光合势}}$$

$$\text{收获指数} = \frac{\text{子粒干重}}{\text{总干物重}}$$

据6年大量测定资料表明,不同类型群体的光合势有显著差异,早发型每米<sup>2</sup>土地的

总光合势平均为  $565.6 \text{ m}^2 \cdot \text{日}$ , 低于过上限型而高于平稳型。但是, 它的净光合生产率较高, 尤其开花-腊熟阶段, 达  $6.53 \text{ 克/米}^2/\text{日}$ , 因而这一阶段的干物质增重亦较大, 达  $1.2 \text{ 千克/米}^2$ , 同时光合产物也能较多的用于构成子粒, 最终收获指数达到 0.51。但从光合势及净光合生产率的变化规律看, 不同群体又有着共同的特点, 即光合势中期 > 后期 > 前期; 净光合生产率则是后期 > 中期 > 前期 (表 4)。

如果与我国平原地区的丰产小麦相比较, 柴达木高额丰产小麦的净光合生产率是处在中等水平, 而光合势、干物质生产量及收获指数均显著较高 (据河北省农业科学院, 1966; 山东莱阳农校, 1975 资料), 因而产量水平相当突出。

表 4 春小麦不同群体的光合生产情况

Table 4 State of photosynthetic production of different population in spring wheat

群体类型 Population type	出苗-拔节 Seedling shooting		拔节-开花 Shooting flowering		开花-腊熟 Flowering wax ripe		出苗-腊熟 Seedling wax ripe		生物学产量 (千克/米 <sup>2</sup> ) Biological products (kg/m <sup>2</sup> )	收获指数 Harvest index
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)		
	早发型 Early growth type	85.3	3.72	289.3	3.80	196.0	6.53	565.6		
过上限型 Type of excess upper limit	144.3	2.70	378.2	2.80	256.1	4.80	778.6	3.42	2.55	0.41
平稳型 Steady growth type	66.1	3.5	210.1	3.72	141.5	5.52	417.7	4.27	1.78	0.52

注: 表中(1)每米<sup>2</sup>土地的光合势(米<sup>2</sup>·日); (2)净光合生产率(克/米<sup>2</sup>/日)。

Note: In the table, (1) Photopotential per M<sup>2</sup> land (m<sup>2</sup>. day); (2) Net photosynthetic productivity (g/m<sup>2</sup>/day).

### 三、高额丰产麦田的群体形成条件

柴达木春小麦之所以能获得冠于全国的高产, 是优良品种与优良的栽培技术及得天独厚的生态气候条件综合作用的结果, 兹分述如下。

#### 1. 气象条件

(1) 日照时间长, 日光能丰富: 香日德地区高额丰产春小麦全生育期内 (播种—成熟) 的日照时数为 1426.3 小时, 平均每天为 8.4 小时。据 1981 年用日制 LI-185A 型量子、辐射、照度计实测结果, 全生育期的辐射总量为 94.29 千卡/厘米<sup>2</sup>, 日平均为 557.9 卡/厘米<sup>2</sup>; 其中生理有效辐射总量为 40.59 千卡/厘米<sup>2</sup>。特别是抽穗—成熟阶段长达 70 天之久, 其间总辐射量为 36.88 千卡/厘米<sup>2</sup>, 相当于昆明小麦的 (27.55 千卡/厘米<sup>2</sup>) 1.34 倍 (金焱鑫等, 1981), 这为小麦的光合生产提供了甚为有利的能源条件。

(2) 光合作用的光温配合协调: 虽然小麦生育期内太阳辐射强, 但因柴达木海拔高 (2600—3200 米), 故并无抑制小麦光合作用的高温, 气候凉爽。如小麦拔节—孕穗期间, 平均气温为 13℃, 有利于小麦形成短而粗壮的茎秆 (山东莱阳农校, 1975); 孕穗—开花期间平均气温仅 15—15.1℃, 使这一生育阶段延至 25 天左右, 从而穗下节间、穗部小花得到

充分发育,形成了穗下节间显著较长(占株高的 $\frac{1}{2}$ 左右),可见小花的结实率较高,一般在60%以上。此外,不论在小麦生育的中期或后期,每天中午前后辐射量达最大值时,气温也恰好是在小麦光合作用的较适范围(18—25℃左右),因而碧空条件下,小麦上层叶片的光合作用一日内可不间断地进行12乃至14小时。抽穗以后,每天温度处在10—25℃的适合小麦光合作用的时间有10—12小时,比北京地区长4—6小时(金焱鑫等,1981)。

(3) 气温日较差大: 昼间,由于高原太阳光谱中的红光和红外线比平原地区大15%(金焱鑫等,1981),有利于增加气温和植物体温度,但日没后气温便大幅度下降,如小麦灌浆期夜间平均气温为5—8℃,从而形成了较大的气温日较差。但这种主要由于夜低温形成的气温日较差,不同于平原地区由于昼间高温而形成的气温日较差,它既利于光合作用的进行,又能抑制暗呼吸作用,利于光合产物的累积,是高原春小麦形成高额产量的一个重要条件。

(4) 降水稀少,蒸发强烈,大气干燥:高额丰产小麦生育期内的平均降水量为138.8毫米,而其间的蒸发量为它的10倍多,达1479.5毫米。因而大气相对湿度仅44.3%,抑制了小麦主要病害如锈病、白粉病、赤霉病的发生和蔓延。加之昼间多风,麦田内空气更新快,CO<sub>2</sub>能得以及时补充,利于小麦密植,增加穗数和扩大光合面积(表5)。

此外还应指出,柴达木高额丰产小麦全生育期内的 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温仅2037.7℃,活动积温为1990.9℃,对于一般产量水平甚至千斤产量水平的小麦而言,这一积温指标都是可以满足需要的,但对于亩产1700—1800斤的高额丰产小麦而言,积温就显得不足,即使在栽培得当的情况下,高额丰产小麦的生育期也要延至9月上、中旬,即常在早霜(轻霜)降临后收获。有些施肥水平更高的田块,常是小麦未及进入腊熟期就受到了严重霜冻危害。由此可见,促进小麦早发早熟是柴达木小麦高产栽培必须注意的问题。

## 2. 土壤条件

高额丰产麦田都是经过多年培肥的老丰产田或肥沃的园田,土壤基础肥力较高。在此基础上,再施入充足的基肥,使播种后耕层土壤含有机质达1.451—2.866%,全氮(N)0.102—0.194%,全磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)0.115—0.176%,有效氮70—150ppm,有效磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)60—110ppm,有效钾(K<sub>2</sub>O)100—250ppm。并且耕作层以下(层深30—50厘米)土壤养分含量也较丰富,有机质、全N、全P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的含量分别为0.772—1.844%、0.061—0.108%和0.103—0.128%。此外,高额丰产麦田的土体结构也较理想,活土层厚度30厘米左右;土层厚度2米以上;有的田块上层土壤为沙土或沙壤土,下层土壤为壤土或粘壤土,质地上轻下重,保肥能力强,供肥性能好。

## 3. 品种条件

试验和实践一致表明,在柴达木条件下,高额丰产麦田以种植高原338最为稳妥,它的主要特点是:

(1) 半矮秆,大穗、大粒,增产潜力大:株高70—80厘米,基部节间短粗,穗下节间较长,穗下节间表面积大于旗叶;叶色深绿,叶片宽而上举,株型紧凑,耐肥、耐密;穗呈长方形,高肥条件下,每穗结实35—37粒,千粒重一般62克,比阿勃的高40%,最高可超过66克,因而具有较高的生产能力,适宜栽培条件下,亩产可稳定达到1700—1800斤,最高达

表 5 春小麦亩产 1700—1800 斤的气象条件

Table 5 Meteorological conditions of spring wheat with yields of 1700—1800 jin/mu

项目 Items	生育期 Growth phase	播种—出苗 Sowing   seedling	出苗—分蘖 Seedling   tillering	分蘖—拔节 Tillering   shooting	拔节—孕穗 Shooting   booting	孕穗—抽穗 Booting   earring	抽穗—开花 Earring   flowering	开花—腊熟 Flowering   wax ripe	播种—腊熟 Sowing   wax ripe
日射量(千卡/厘米 <sup>2</sup> ) Solar radiation (kcal/cm <sup>2</sup> )		14.52	14.06	11.87	8.28	8.68	4.41	32.47	94.29
日照时数(小时) Sunshine time (hour)		234.4	203.2	154.5	124.8	131.6	75.9	501.9	1426.3
平均气温(°C) Average air temperature (°C)		4.9	9.3	12.6	13.0	15.0	15.1	14.8	12.0
活动积温(°C) Active accumulative temperature (°C)		130.6	200.2	223.6	198.8	180.9	132.5	923.0	1989.6
平均气温日较差(°C) Average daily temperature difference (°C)		13.1	14.2	13.5	12.8	13.2	13.1	13.2	13.3
降水量(毫米) Precipitation (mm)		10.2	5.7	15.4	28.5	14.4	9.3	55.3	138.8
蒸发量(毫米) Amount of evaporation (mm)		192.3	227.0	178.3	135.5	140.8	78.6	527.0	1479.5
相对湿度(%) Relative humidity (%)		35.7	32.5	39.2	48.5	49.9	52.9	51.2	44.3
平均风速(米/秒) Average wind speed (m/second)		4.0	4.1	3.4	3.1	3.0	2.7	2.6	3.3

2026.1 斤。直耐六和味太武系慧数野：高料新丑，更汁同可暗基球蒙县科日：装一第  
中(2) 中早熟，早发性好：高肥条件下，通常比阿勃早熟 10 天左右；前、中期生长发育  
较快，抽穗较早，利于在前期气温偏低的情况下培育壮苗，和在不延长总生育期的范围内  
延长灌浆时间；分蘖力不强，但分蘖发生较早，成熟率高而整齐；幼穗分化亦较早，比阿勃  
提早一个叶龄。

(3) 光合效率高，呼吸消耗少：据灌浆期用红外线  $\text{CO}_2$  分析仪测定结果，高原 338 光  
合强度比阿勃高 24.9%，而呼吸强度比阿勃低 26.4%，有利于光合产物的积累，且光合产  
物能较多地用于构成子粒，收获指数一般为 0.5 左右，最高可达  $0.57 \left( \frac{\text{子粒干重}}{\text{地上部干物重}} \right)$ 。

(4) 对当地气候条件有良好的适应性：能充分利用有利气候条件，而对不利的气候  
因素，如苗期的霜冻，生育中期的  $8-5^\circ\text{C}$  的低温以致雪灾，都具有较强的抵抗能力，所以  
表现高产稳产。

#### 4. 主要栽培条件

(1) 按需施肥：根据历年分析资料，1700—1800 斤产量水平下，春小麦每生产 100  
斤子粒，需吸收纯 N 2.75—3.04 斤， $\text{P}_2\text{O}_5$  1.11—1.25 斤， $\text{K}_2\text{O}$  3.84—4.67 斤。但因土壤  
基础肥力和肥料配方的不同，高额丰产麦田的施肥量有较大的变幅，每亩施 N 量为  $80.3 \pm$   
 $30.7$  斤； $\text{P}_2\text{O}_5$   $73 \pm 20.3$  斤； $\text{K}_2\text{O}$   $228.3 \pm 58.3$  斤（全部来自有机肥）。总的原则是，土壤  
基础肥力较高或化肥比例大时，施肥量相对较低，反之，则施肥量较大。肥料的分配，以基  
施的比例较大，磷全部用作基肥，氮  $66.3 \pm 13.3\%$  作基肥，追施部分占总量的  $33.7 \pm$   
 $13.1\%$ ；在总施肥量中，N： $\text{P}_2\text{O}_5$ ： $\text{K}_2\text{O}$  为  $1:0.93 \pm 0.22:2.88 \pm 1$ ；有机肥与化肥所含纯 N 量  
之比为  $1:0.76 \pm 0.31$ 。

由于高产小麦的施肥量大，加之盆地气候干燥冷凉，有机肥腐解缓慢，所以采用了分  
层施肥法，粗肥于秋翻前施入作底层肥，优质有机肥和用作基肥的化肥，于春播前在机引  
圆盘耙地时施入作上层肥，肥料在土壤中的分布为上精下粗，上速下迟，为小麦对肥料的  
吸收利用创造了有利条件。

(2) 因地密植：采用重穗型品种高原 338，于 3 月下旬适时播种的条件下，在土壤肥  
力水平较高而又质地较重的田块，播种密度以控制在合理范围的下限——每亩 35 万有效  
粒，保苗 30 万左右为宜，反之，播种密度以中、上限——每亩 41—47 万有效粒，保苗 35—  
40 万左右为宜。为使出苗率达到 85% 以上，需要进行冬灌座水，播前精细整地，严格控  
制播深在 3—4 厘米。

(3) 合理促控：柴达木高额丰产麦田管理的中心任务是：实现前期麦苗早发；中期  
群体密度足而不过，个体生长稳健整齐；后期灌浆速度快，不贪青，免受霜冻危害，正常落  
黄。具体措施可以简括为“三长促”、“两短控”，实施步骤是：

第一促：主攻目标是分蘖早生快发和叶面积迅速发展，提高前期的光能利用率，为穗  
多、穗大打好基础。第一促是在秋施有机肥，播种前基施化肥和适施种肥的基础上，于小  
麦 2.5 叶期提早追肥浇水，亩施尿素 20—25 斤左右；过 7—9 天后再施肥水促进，亩施尿  
素 15—20 斤左右，使小麦体内 N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  含量分别为 4.31—4.49%，1.15—1.25%，  
4.25—5.87%（均为占干重%，下同）；土壤含水率为田间最大持水量的 60—70%。

第一控：目标是缩短基部节间长度，压低株高；促进根系发达和叶片倾直；减少无效分蘖，改善群体内光照条件，以使生育中期植株健壮整齐。做法是，小麦第一节间开始伸长时，每亩喷施 0.2% 的矮壮素水溶液 50 斤；至拔节前再每亩喷 0.3% 的矮壮素水溶液 70 斤，并在拔节前不追肥，不浇水，使土壤含水率下降到田间最大持水量的 55% 左右。

第二促：目标是巩固早期分蘖；减少退化小花，增加穗粒数。因此，须于拔节、孕穗期及时供水，如果苗不偏旺，拔节水时还可追施尿素 10 斤/亩，植株养分指标为 N 3.28—3.59%，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.75—0.92%，K<sub>2</sub>O 4.31—5.27%；土壤含水率为田间最大持水量的 65—70%。

第三促：目标是提高结实率，延长中、上部叶片的功能期；促进物质的积累与运转。措施是抽穗后期和灌浆期各灌水一次，使灌浆阶段的土壤含水率保持在田间最大持水量的 60—70%；植株的养分指标为 N 1.15—1.45%，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.60—0.62%，K<sub>2</sub>O 2.2—2.41%；如在抽穗后发现潜叶蝇危害，可用 1500 倍乐果水溶液进行叶面喷施防治。

第二控：控制土壤养分释放强度，降低小麦体内氮素养分水平，以促进落黄成熟，提高粒质、粒重。措施是自乳熟中期至腊熟期不灌水，使土壤水分逐渐降至田间最大持水量的 55% 左右；植株养分指标为 N 0.93—1.44%，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.59—0.64%，K<sub>2</sub>O 0.79—2.05%。

## 四、小 结

(1) 根据群体密度动态变化的特点，柴达木春小麦群体动态结构，可以简括为四个类型，即早发型、迟发型、过限型和平稳型，其中以早发型生产力最高，亩产可达 1700—1800 斤以上。它的主要特点是分蘖早生快发；中、后期群体与个体都有良好的发育；最终穗、粒、重都达较高水平，每亩可成 42.9(±3.1) 万大穗，每穗结实 35.8(±1.7) 粒，千粒重 61.8(±3.7) 克。

(2) 早发型群体垂直分布的最大高度为 80 厘米，其中叶的分布高度始终高于或等于茎，表明其叶片的上举性较好；叶面积垂直分布的图形，前、中期为中间大而两端小，后期则趋于均一。

(3) 根据比尔兰伯特 (Beer-Lanbert) 定律，导出计算麦田各期最适叶面积指数的公式：
$$F = -\frac{1}{k} \ln \frac{1}{S}$$

由于柴达木太阳辐射量 (S) 大；采用品种的叶层消光系数 (k) 较小和植株底部的临界光强 (I) 较低，因而各生育期麦田理论叶面积指数 (F) 较大，拔节期为 6.3，孕穗期 9.6，开花期 6.2，与实测的高额丰产麦田的叶面积指数基本相符。

(4) 合理的群体结构决定了早发型群体具有良好的生理功能。它在每米<sup>2</sup>土地的总光合大至 565.6 米<sup>2</sup>·日的情况下，净光合生产率尚有 4.69 克/米<sup>2</sup>/日；在全生育期生理有效辐射达 40.59 千卡/厘米<sup>2</sup>的情况下，该光能转换率还达 3.4%，故干物质累积总量达 2.57 千克/米<sup>2</sup>；且光合产物能较多地用于构成子粒，收获指数为 0.51。

(5) 柴达木春小麦高额丰产田群体形成的主要条件是：得天独厚的生态气候，即日照时间长，日光能丰富，光合作用的光温配合协调，主要由于夜低温形成的气温日较差大，大气干燥且多风；其次是具有突出生产能力的良种高原 338，该品种兼具半矮秆、大穗、大

粒几个重要高产性状,对当地生态气候具有良好的适应性;第三是适于品种特性和高原气候特点的栽培措施,包括培育理化性状良好的肥沃土壤,改进施肥技术,实行秋施有机肥和增加基肥中的速效肥及磷肥比例;追肥的施用,采取前重后轻的方式;在足肥足密的基础上,适当减少灌水量,以利于土壤升温,促进小麦生长发育。总的栽培原则是,保证合宜苗数;促进早发;防止贪青;注重提高分蘖成穗率,小花结实率和营养物质向穗部的运转率,以实现穗多、粒多、粒重,高产、稳产、优质、低成本。

### 参 考 文 献

- 上海师范大学生物系,上海市农业学校,1978,水稻栽培生理,257—266,上海科学技术出版社。  
山东莱阳农校,1975,小麦,24—27,98—100页,科学出版社。  
卢荻义次,1971(薛德榕译,1979),光合作用与物质生产,217—232,380—384,科学出版社。  
左克成、程大志、鲍新奎、张树梅,1983,柴达木盆地香日德农场改造荒漠生态系统的初步探讨,生态学报,3(3): 205—213页。  
河北农业科学院,1966,冬小麦高产综合栽培技术及理论,作物学报,15(1): 41—50页。  
金焱鑫、严进瑞;诸木洪农场农科所,1981,柴达木灌区春小麦高产与光、温、风、湿的关系,春小麦丰产规律研究论文集,45—64,青海人民出版社。  
殷宏章、王天铎、李有则、邱国雄、杨善元、沈巩懋,1961,小麦田的群体结构与光能利用,稻麦群体研究论文集,17—37,上海科学技术出版社。  
程大志、鲍新奎、陈政,1979,柴达木盆地春小麦高额丰产的形态生理指标的初步探讨,中国农业科学(2): 29—39。  
程大志、金焱鑫、陈政,1981,柴达木灌区春小麦高产的探讨,春小麦丰产规律研究论文集,1—15页,青海人民出版社。

## CHARACTERISTICS AND FORMATION OF HIGH YIELDING POPULATION OF SPRING WHEAT IN CHAIDAMU BASIN

Cheng Dazhi Chen Jixian Ma Xiaoming Yu Hai Ge Jumei

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

This article deals with the structure, function and formation of the spring wheat population that yields 850—900 Kg/mu in Chaidamu Basin. According to the changes of the density of spring wheat population, its dynamic structure can be divided into four types:

(1) **Early growth type:** characteristics as follows reasonable seedlings early appearance of the tillering, strong growth potential of the tillers, high effective tillering rate, opportune the total stems per mu, sturdy wheat individuals, more ears per mu, more grains per spike and high kernel weight.

(2) **Late growth type:** Late appearance of the tillering, weak wheat seedlings, low effective tillering rate. descending composite factors of the yield.

(3) **Type of excess:** The seedlings per mu, or the maximum number of stems per mu exceed the reasonable range, lead to the lodging at the later period of spring wheat, or the maximum number of stems falling short of the reasonable range, lead to the decrease of the ears per mu and grains per spike.

(4) **Steady growth type:** Late appearance of the tillering, slow growth of til-

lers, equal seedlings per mu for equal ears per mu, fewer grains per spike.

The first type possesses the highest productivity, yielding over 850—900 Kg/mu. The maximum height of the canopy in "early growth type" is 80 cm and vertical distribution of leaf is never lower than the stem, and its erection is better than that of other types.

The cross section of vertical distribution of leaf area is small at both ends and big in the middle part of the plant, but it is comparatively uniform at the flowering period. The extinction coefficient of leaf layer of the canopy of early growth type is 0.32, calculated by Beer-Lanbert equation, and the reasonable index of maximum leaf area is 9.6 during booting, nearly twice those of wheat in the plain with an yield of 500 Kg/mu. So its efficiency of light energy conversion is higher, with an average of 3.4% during the whole growing period, but it may reach 4.8% during its shooting to flowering.

The formation of such a high efficient population is the result of the local suitable climate in Chaidamu Basin, the fertilized soil with fine physical properties, combining with the using of the good spring wheat variety "Plateau 338" and with reasonable measures in management.

## CHARACTERISTICS AND FORMATION OF HIGH YIELDING POPULATION OF SPRING WHEAT IN CHAIDAMU BASIN

Cheng Dashi (Chen Jizun Ma Xiaoming Yu Han Ge Juner)  
(Nanchang Peking Institute of Biology, Academic Sinica)

This article deals with the structure, function and formation of the spring wheat population that yields 850—900 Kg/mu in Chaidamu Basin. According to the changes of the density of spring wheat population, the dynamic structure can be divided into four types:

- (1) **Early growth type:** Characteristics as follows: reasonable seedlings early appearance of the tillering, strong growth potential of the tillers, high effective tillering rate, optimum the total stems per mu, sturdy wheat individuals, more ears per mu, more grains per spike and high kernel weight.
- (2) **Late growth type:** Late appearance of the tillering, weak wheat seedlings, low effective tillering rate, descending composite factors of the yield.
- (3) **Type of excess:** The seedlings per mu or the maximum number of stems per mu exceed the reasonable range, lead to the lodging at the later period of spring wheat, or the maximum number of stems falling short of the reasonable range, lead to the decrease of the ears per mu and grains per spike.
- (4) **Steady growth type:** Late appearance of the tillering, slow growth of tillers.