

不同类型小麦品种干物质积累与产量形成的关系*

梁银丽

提 要

在高产条件下,冬性春性类型小麦品种各自适期播种,相对早播的冬性半冬性类型的总干物质积累量(简称DMA,下同)高于春性类型;生育前期冬性、半冬性的DMA高于春性,后期春性半冬性高于冬性。茎秆光合产物输出率、成熟期籽粒干重占单株总干重的百分率表现为春性>半冬性>冬性,而基秆干重所占的百分率则呈相反趋势。同期播种,总DMA及籽粒产量都有春性高于冬性、半冬性的趋势。春性及半冬性品种的籽粒干重日增长量和籽粒相对生长率都明显高于冬性品种,因而春性及半冬性品种单株粒重大,经济产量高。本文提出在冬性春性类型品种交叉地区,小麦生产上选用偏春性的中矮秆品种,其增产作用更大。

我国黄淮流域一些地区,小麦生产上为了适应种植制度的要求,往往不只是利用一种类型的小麦品种,而需要兼顾品种的冬春性、熟期早晚等性状。因此,研究不同生态类型品种的生长发育和产量形成规律,掌握其丰产性,在理论和实践上都是必要的。对此,前人已作过一些研究^{(3)、(4)}。然而对于不同类型小麦品种干物质积累上的特性及其与籽粒产量之间的关系,尚缺乏足够的报道。

材 料 和 方 法

试验于1982—1984年连续两个小麦生长季节在陕西杨陵区进行,试验地土壤为黑油土,肥力中等偏上,其主要特性如表1。

表1 试验地土壤主要特性

深度 (cm)	容 重 (g/cm ³)	孔隙度 (%)	含水率 (%)	有机质 (%)	全 氮 (%)	全 磷 (%)	速效氮 (mg/ 100g土)	速效磷 (mg/ 100g土)	速效钾 (ppm)
0—30	1.15	46.46	19.95	1.382	0.096	0.193	6.20	1.92	203
60—100	1.48	44.20	19.30						

注:测定均在1982年播前进行,土壤养分测定由陕西省农林科学院黄土高原农业测试中心完成。

选用北方地区目前生产上种植的高产小麦品种共6个,其中冬性1个(辐射—63)、半冬性2个(咸农68——3、西安8号)、春性3个(郑引1号、西农77(2)春、偃师9号)。随机设计,重复四次,小区面积0.014亩。除两年均采用冬、春性品种各自适宜播期外,第二年度还增设了冬、春性品种相同的播期。人工开沟点播,行距26—28cm,株距3—3.5cm,8行区,播种密度7.5万株/亩。整个生育期的管理与大田的高产栽培相同。

*本研究是在西北农业大学翟允提教授指导下完成的。

在小麦各发育时期取样20株测定植株地上部各器官干物重, 同时用ZMC—100型自动叶面积仪测定叶面积; 用红外线CO₂气体分析仪测定主茎旗叶离体叶片的净光合强度, 计算生长率、相对生长率、各器官光合产物输出率、籽粒日增长量, 叶面积持续期(LAD)、籽粒相对增长率(RGR)、平均净同化率(NAR)和叶面积比率(LAR)。所有数据均经统计分析。

结 果 和 讨 论

(一) 不同类型品种干物质积累与分配

1. 干物质积累过程

由各发育期不同类型品种的干物重测定结果(见表2)可知, 随着小麦生长发育进程的后移, 各类品种干物重不断增加, 苗期积累缓慢, 拔节后快速增长, 灌浆期末达到高峰, 整个干物质积累过程呈“S型”曲线。这种趋势在冬性和春性类型间基本相似, 但在各发育时期干物质积累量和占成熟期总积累量的百分率、干物质积累高峰、积累速率等方面, 各类型品种表现有明显差异。

不同类型品种的总干物质积累量有较明显的差异。在冬、春类型适期播种情况下, 两年结果均表现为冬性、半冬性>春性类型; 在同期播种时, 则有春性>半冬性>冬性的趋势。

如果将小麦的整个生长发育过程划分为前期(出苗——拔节)、中期(拔节——抽穗)和后期(抽穗——成熟)三个阶段并加以比较, 可以看出, 在各阶段不同类型品种的干物

表2 不同类型冬小麦各发育期干重测定结果

(单位: 公斤/亩)

年 份	播 期	发 育 期 (日/月)	冬 性	半 冬 性	春 性
1982 1983	冬性、半冬性 10月3日	越冬 (24/11)	85.83	92.22	15.19
		拔节 (29/8)	363.42	375.26	186.05
		抽穗 (23/4)	895.55	807.51	598.36
	春性10月13日	开花 (8/5)	969.71	969.56	725.62
		灌浆 (16/5)	1134.69	1158.59	939.10
		成熟 (15/6)	1298.91	1244.42	1056.03
1983 1984	同期播种 10月15日	越冬 (4/12)	11.81	9.98	10.40
		拔节 (29/3)	117.09	109.15	136.55
		抽穗 (24/4)	389.29	371.75	433.82
		开花 (8/5)	534.15	533.14	525.76
		灌浆 (16/5)	775.50	741.37	696.61
		成熟 (7/6)	811.20	860.43	827.37
	冬性半冬性 10月8日	越冬 (4/12)	26.03	23.89	
		拔节 (29/8)	174.49	176.26	
		抽穗 (24/4)	502.56	461.14	
		开花 (8/5)	641.08	642.88	
		灌浆 (16/5)	806.80	788.04	
		成熟 (7/6)	1058.50	1086.52	

质积累量占成熟期总干物质积累量的百分率上有明显差别,在冬春性类型适期播种时,前期冬性、半冬性高于春性类型,后期则是春性高于冬性、半冬性类型。同期播种时,前期类型间无差异,后期半冬性>春性>冬性类型。

不同类型小麦品种的生长速度表明,适期播种时,冬性半冬性类型的生长速度高峰出现在拔节到孕穗期的中间,而春性类型则在孕穗期到抽穗期之间;春性类型的生长速度极大值为72.7kg/周,冬性半冬性为64.8kg/周。同期播种时,各类型品种高峰出现的先后顺序是由冬性→半冬性→春性依次推迟,春性类型的峰值为71.2kg/周,半冬性为68.6kg/周,冬性类型为70.0kg/周。

不同类型小麦品种的相对生长速率结果表明,在播期适宜情况下,整个生育期的相对生长速率(RGR)都是春性类型明显高于冬性、半冬性;同期播种时,拔节期以前冬性类型的RGR最高,半冬性次之,春性最低;拔节期各类品种的RGR相等,拔节期以后则是春性类型最高,半冬性次之,冬性最低。

由上述结果可知,半冬性及春性类型品种具有积累高峰出现晚,后期积累速率高、积累量大的特点。

2. 地上部分各器官干物质的分配

冬春性类型分期播种时,叶片、叶鞘和茎秆干重由半冬性→冬性→春性类型逐渐降低;播期相同则是春性>半冬性>冬性,这种趋势与总干物质积累量表现形式基本相似,这表明不同类型间干物质积累量的差异与叶片、叶鞘和茎秆干重比值的差异有密切关系。适期播种时,茎秆光合产物输出率表现为春性高于冬性、半冬性类型。成熟期单株粒重为半冬性>春性>冬性类型,同期播种情况下,则是春性>半冬性>冬性类型。开花到成熟期籽粒干重日增长量(克/株)与成熟期籽粒干重(克/株)表现趋势完全一致,并且两者之间呈极显著正相关($r = 0.9892^{**}$, $n = 12$);籽粒相对生长率(克/克·周)也表现出春性>半冬性>冬性类型的趋势(表3)。

表8 不同类型小麦的籽粒产量及有关性状

年 份	品 种 类 型	播 期 (日/月)	籽粒产量 (kg/亩)	总干物质 积累量 (kg/亩)	抽穗后积 累 量 (kg/亩)	茎秆光合产 物输出率 (%)	籽粒干重 日增长量 (g/株)	籽粒相对 增长率 (g/g·周)
1982 1983	冬 性	8 / 10	358.90	1298.91	403.36	19.9		
	半冬性	8 / 10	373.35	1244.42	391.10	25.450		
	春 性	13 / 10	400.27	1056.03	457.92	34.267		
1983 1984	冬 性	15 / 10	280.67	811.19	421.91	34.21	0.1354	0.4840
	半冬性	15 / 10	317.69	860.93	489.19	35.04	0.1740	0.5560
	春 性	15 / 10	317.98	927.37	493.38	38.98	0.1829	0.5571
	冬 性	8 / 10	328.03	1058.50	555.94	16.99	0.1682	0.5575
	半冬性	8 / 10	339.24	1086.52	625.39	22.84	0.1997	0.5862

不同类型品种成熟期各器官干重比值在叶片、叶鞘及穗轴颖壳上均有差异,差异最为明显的是茎秆和籽粒,并且茎秆比值与籽粒比值之间呈极显著负相关($r = -0.8642^{**}$, $n = 18$)。值得注意的是,春性类型籽粒比值明显高于半冬性类型,半冬性又高于冬性类型,而茎秆比值与籽粒相比则呈相反趋势。这说明春性及半冬性类型的光合产物分配到

籽粒中的较多，而冬性类型则较多地分配到茎秆上。

3. 干物质积累与产量的关系

小麦要获得高产，不但要求有较高的生物学产量，而且要求有良好的物质运转机能，使光合产物尽可能多地分配到籽粒中去。从总的干物质积累与籽粒产量的关系来看，干物质积累量越大，籽粒产量也越高。1982—1983年，各类品种的总DMA均高于1983—1984年，籽粒产量也极显著地高。但不同类型小麦品种表现形式明显不同。1982—1983年，冬性、半冬性的DMA显著高于春性类型，而籽粒产量则是春性极显著高于冬性、半冬性类型。1983—1984年在分期播种情况下，冬性、半冬性的DMA显著高于春性类型，籽粒产量则无显著差异。同期播种时，无论是DMA还是籽粒产量均为春性高于冬性类型。这说明，在DMA少的情况下，提高DMA对增加籽粒产量将会起决定性的作用，即使如此，由于春性类型用于形成籽粒的光合产物较多，物质运转机能良好，在干物质产量比冬性、半冬性品种低的情况下也获得了不亚于冬性、半冬性类型的籽粒产量。

不同类型品种抽穗后的干物质净积累量与籽粒产量之间呈显著正相关($r = 0.8671^{**}$)，两年结果趋势一致。因此，在提高生物学产量的前提下，着重增加抽穗后光合产物的积累量，对提高籽粒产量具有十分重要的意义。而春性及半冬性品种比冬性品种表现有更大的优势(表3)。

就不同类型品种的籽粒干重日增长量(表3)来看，在分期播种时，冬性类型为0.1682g/株，半冬性类型为0.1997，春性类型为0.1829，表现为半冬性高于春性，春性又高于冬性类型；在同期播种时，冬性类型为0.1354，半冬性为0.1740，春性为0.1829，随着品种春性增强而明显增大。相关分析结果表明，籽粒干重日增长量与籽粒产量之间呈极显著正相关($r^2 = 0.7398^{**}$)。如果对各类型品种的籽粒相对增长率(克/克·周)加以分析，不难看出，在分期和同期播种情况下，均是随着品种春性的增强，籽粒相对增长率明显增大。

不同类型品种的茎秆光合产物输出率存在明显差异，随着品种春性增强，茎秆光合产物输出率明显增高，这可能是造成不同生态类型品种之间在籽粒干重增长速度上，进而又导致产量存在差异的重要原因之一。

(二) 不同类型小麦的形态生理特性

研究表明，在同等条件下，不同类型小麦的生长过程、生长速率、平均净同化率(NAR)、叶面积比率(LAR)、叶面积持续期(LAD)及旗叶光合强度等生理特性有较明显差异，主茎顶四叶面积这一形态特征也明显不同。

1. 叶面积持续期(LAD)

不同生态类型小麦的LAD有极显著差异(表4)。1982—1983年不论是各阶段还是整个生育期，各类型小麦的LAD都明显高于1983—1984年；播期早的LAD大于播期晚的；除同期播种外，各发育阶段及全生育期的LAD都表现为半冬性高于冬性、冬性又高于春性类型；同期播种，则是春性类型最高、半冬性次之、冬性类型最低。相关分析结果表明，LAD与DMA之间呈极显著正相关($r^2 = 0.8553^{**}$, $n = 18$)，LAD值越大，DMA也越多。不同类型间所表现的干物质积累量的差异，其重要原因是绿色叶片的面

表4 不同类型小麦各发育阶段叶面积持续期

(单位: 天)

年 份	播 期 (日/月)	发育阶段	冬 性	半 冬 性	春 性
1982 1983	冬性 半冬性	越冬——拔节	335.84	337.19	138.44
	8/10	拔节——抽穗	186.23	249.11	131.86
	春 性	抽穗——乳熟	130.73	155.95	144.00
	13/10	合计	652.80	742.24	414.29
1983 1984	冬 性	越冬——拔节	51.81	61.02	64.07
	半 冬 性	拔节——抽穗	59.21	71.28	77.76
	春 性	抽穗——乳熟	61.15	77.17	73.17
	15/10	合计	172.17	209.47	215.00
	冬 性	越冬——拔节	83.59	104.83	
	半 冬 性	拔节——抽穗	81.16	89.18	
	8/10	抽穗——乳熟	71.64	73.03	
		合计	236.39	267.04	

积及持续时间的差异所致。由此看来,要使物质积累得多,首先必须提高其光合势。相比之下,半冬性及春性类型更具备这种特性。

2. 叶面积比率(LAR)和平均净同化率(NAR)

由反映光合物质与呼吸物质的比率、即品种的多叶性指标——叶面积比率(LAR)来看(表5),各类品种适期播种时,拔节期以前以冬性类型最高,半冬性次之,春性最低,而在拔节后直至成熟期均表现出春性最高、半冬性次之、冬性最低的趋势,整个生育期的平均值也表现为:随着春性增强,LAR逐渐增大。同期播种由越冬——成熟整个生育期都表现为半冬性类型最高、春性次之,冬性类型最低。不同类型小麦的平均净同化率(NAR)也有明显差异:分期播种,除灌浆期外,各阶段及整个生育期的平均值均以春性最高,半冬性次之,冬性最低,同期播种情况下,抽穗期以前,以半冬性类型最低,

表5 不同类型小麦的叶面积比率(LAR)及平均净同化率(NAR)

项 目	发育阶段	1982——1983			1983——1984		
		冬 性	半 冬 性	春 性	冬 性	半 冬 性	春 性
叶 面 积 比 率 (cm^2/g)	越 冬	119.69	113.02	14.07	115.37	122.49	118.03
	拔 节	114.04	104.34	127.29	81.67	97.12	89.12
	抽 穗	45.94	51.84	66.03	32.81	55.35	48.56
	灌 浆	16.33	21.73	22.55	11.50	13.19	12.95
	蜡 熟	3.91	10.16	7.73	0.98	2.81	3.52
	平 均	59.98	60.22	72.88	48.47	58.19	54.44
平均 净 同 化 率 ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$)	越冬——拔节	1.00	1.11	1.52	2.09	1.89	2.05
	拔节——抽穗	4.86	4.81	5.48	9.05	7.70	9.10
	抽穗——灌浆	3.51	4.09	5.50	11.75	13.49	13.34
	灌浆——成熟	4.31	4.89	4.05	8.69	16.19	16.14
	平 均	3.44	3.65	4.14	7.89	9.97	10.16

备注: 1982—1983年播期。冬性、半冬性10月3日,春性10月13日,1983—1984年均为10月15日。

冬性、春性类型间差异不显著，抽穗期以后，则明显表现出半冬性及春性类型 \overline{NAR} 的增长趋势。

3. 主茎旗叶光合强度(Pn)和顶四叶面积

表6表明，各类型主茎旗叶的Pn都以开花期最大，除开花期外，各次测定值均以春性类型较高。半冬性类型较低。不同类型小麦的顶四叶面积有较明显差异：首先，顶四叶总面积以春性最大、半冬性次之，冬性最小；其次，各类品种均以倒2叶最大，随着品种春性增强，旗叶和倒2叶的面积明显增大；另外，各类型小麦顶四叶大小顺序也有所不同，冬性类型倒2>倒3>旗叶>倒4，半冬性倒2>倒3>倒4>旗叶，春性类型则是倒2>旗叶>倒3>倒4。这可能是造成春性类型及半冬性类型的LAR比冬性类型高的原因。

表6 不同类型小麦主茎顶四叶面积及主茎旗叶光合强度

类 型	顶 四 叶 面 积 (cm ²)					光 合 强 度 (mgCO ₂ /hr·dm ²)				
	旗叶	倒二叶	倒三叶	倒四叶	合计	4/23	4/29	5/6	5/13	5/16
冬 性	15.48	18.20	16.80	13.10	63.55	—	—	—	—	—
半 冬 性	16.50	22.65	22.53	18.60	80.28	11.60	9.77	15.78	8.02	10.36
春 性	24.45	27.95	20.00	12.08	84.15	14.64	10.23	13.77	10.47	10.35

注：数据由同期播种的品种上测得。

结 论

通过本试验研究，可初步得如下结论：

1. 春性及半冬性类型品种具有明显的后期生长优势；总DNA及抽穗后DMA与籽粒产量显著相关。
2. 生长生理特性是导致不同类型品种在DMA上差异的重要原因。
3. 春性及半冬性中矮秆品种籽粒生长速度快，穗器官比重大，物质运转机能良好，是丰产潜力较大的品种类型。

主 要 参 考 文 献

- [1] 颜振德：杂交水稻高产群体的干物质生产及分配的研究，《作物学报》，1981，第1期。
- [2] 殷宏章、沈允钢等：水稻开花后干物质的积累和运转，《植物学报》，1956，第2期。
- [3] 翟允提 蒋纪云等：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》，1979，第4期。
- [4] 魏其克：不同类型冬小麦品种根系的研究，《西北农学院学报》，1979，第4期。
- [5] 史济林：小麦生育过程中一些生理特性与产量关系的探讨，《浙江农业科学》，1982，第5期。
- [6] Beaver, J. Sand Cooper R. L. 1982, Dry Matter Accumulation Patterns and Seed Yield Components of Two Indeterminate Soybean Cultivars, Agronomy, J. Vol 74.
- [7] Thomasl, Housley: 1982, Dry Matter Accumulation in Soft Red Winter Wheat Seeds, Crop Science, Vol 22, No. 2, 290-294.

The Relationship Between Dry Matter Accumulation and Grain Yield in Different Ecological Types of Winter Wheat

Liang Yinli

Abstract

Six cultivars were chosen for the study on the relationship between dry matter production and grain yield in different ecological types of wheat (*T.aestivum*) .CV.Fushe No.63 for winter type; Xiannong No. 68-3 and Xian No.8 for semi-winter type; Zheng yin No.1, Xinong No.77 (2) and Yangshi No.9 for spring type. The results showed that the production of total dry matter for winter and semi-winter types was more than that for spring type under their reasonable sowing season respectively. But the percentage of dry matter production until nodding was higher in winter and semi-winter types than that in spring type, and lower in winter type than those in semiwinter and spring types after nodding development stage. When all types were planted at the same time, the dry matter production and grain yield tended to be higher in spring type. Grain relative growth rate, grain weight and percentage of dry grain weight accounting for total dry matter per plant were the highest in spring type, higher in semiwinter type and lowest in winter type. Grain yield expressed positive correlation with net accumulation of dry matter during the developing period after heading. The reason for the differences in accumulation and distribution of dry matter among those ecological types resulted from leaf area duration (LAD), mean relative growth rate RGR, mean net assimilation rate (\overline{NRA}), leaf area rate (LAR), top four leaf area and net rate of photosynthesis (PN) of flag leaf on the main stem. It suggested that the ecological types of springness and semiwinteriness with dwarf or semidwarf cultivars may have potential for higher grain yield in certain winter wheat regions.