

# CHA 杂种小麦生育特点及农艺因子调控效应研究\*

张艳敏 李晋生 黄瑞恒 石云素 王勤 赵双进

(河北省农业科学院粮油作物研究所, 河北石家庄, 050031)

**摘要** 1991~1994年度对杂种小麦叶蘖生长、根系生育、分蘖成穗、幼穗分化、籽粒灌浆、干物质积累分配等的系统深入研究结果表明, CHA 杂种有诸多方面的优势; 分蘖发生相对较早, 且根多蘖壮, 与主茎差距小, 成穗相对较整齐; 初生根生长快, 扎得深, 次生根条数多且根系粗壮, 根干重及深层根比率高, 生理活性强; 籽粒灌浆快, 增期早, 强度大, 持续时间长, 粒重优势突出; 播期、密度、供水等农艺措施对根、茎、叶、蘖的生长、干物质积累及灌浆等有明显或一定的调控作用, 杂种对肥水条件及其运筹的要求较高, 对栽培技术的要求相对较严格。根据研究结果提出了杂种小麦“小密度、中株型、高穗重”的高产栽培新途径及“足底、控前、促中后”的水肥运筹原则, 在实践中收到良好效果。

**关键词** 杂种小麦; 生长发育; 农艺措施

近几年来, 我国小麦杂种优势利用研究取得了重要进展, 特别是由于新型化学杂交剂的合成、筛选与引进, 使化杀剂种类增多, 施药技术日臻完善, 进而选育出了一批强优势组合并开始在生产上示范<sup>[1, 2]</sup>。但由于对杂种小麦生物学特性的掌握远不够精深, 杂交小麦高产栽培技术研究还十分薄弱<sup>[3, 4]</sup>, 在一定程度上限制了杂种小麦在生产上的利用。为此, 我们对CHA 杂种小麦的生物学特点及某些重要生理特性进行了系统研究和深入探讨, 以期对杂种小麦高产配套栽培技术及配制强优势组合选配亲本, 提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 田间试验

试验于1991~1994年间在河北省农业科学院粮油作物研究所进行。0~20 cm 土壤养分含量: 有机质 2.0%, 全氮 0.103%, 全磷 0.173%, 碱解氮 71.1 mg/kg, 速效磷(P) 26.0 mg/kg, 速效钾(K) 106.3 mg/kg。供试材料为目前河北省筛选出的不同基因型强优势组合化杀杂种, 限于篇幅及便于不同年度资料的比较和汇总, 仅以代表性杂种冀杂 901 为主, 分析化杀杂种的生育特性。各年度试验设计如下:

1992 年度(指收获年, 下同)设 5 个播期(9 月 25 日~10 月 15 日, 每 5 天 1 期)、3 个密度(2、10、18 万/亩基本苗)的单因素试验, 供试品种为冀杂 901、冀麦 30(最新高产品种, 对照), 冀麦 31(优亲)。小区面积 20 m<sup>2</sup>, 3 次重复。

1993 年度设品种×密度×水分三因素试验, 品种为冀杂 901、冀麦 30, 密度为 5、10、

\* 农业部重大攻关项目及河北省自然科学基金资助  
收稿日期: 1997-05-08

15、20 万基本苗, 灌水为 A(冰水+拔节水+抽穗水+灌浆水)、B(起身水+拔节水+抽穗水+灌浆水)、C(拔节水+抽穗水+灌浆水), 水分为主区, 品种×密度为副区, 主区间设一隔离区, 主区面积 20 m<sup>2</sup>, 4 次重复, 完全随机排列。另设化优 1 号、冀杂 891、冀杂 901、和新化优 3 号四个杂交种的微区试验, 以冀麦 30 为对照, 10 月 5 日播种, 10 万基本苗, 小区面积 2 m<sup>2</sup>, 3 次重复。

1994 年度灌水方式为 A、B、C、D(代号内容同上, D 为全生育期不浇水), 另设分蘖成穗的密度效应, 供试品种同上, 密度为 2、6、10、14、18、22、26、30 万/亩基本苗。小区面积 20 m<sup>2</sup>, 4 次重复, 完全随机排列。

## 1.2 硬塑管栽试验

1992 年度分适播(10 月 6 日)和偏晚播(10 月 16 日)两种处理。供试品种为冀杂 901、冀麦 30(对照); 1993 和 1994 年度为供水组合及品种对比试验, 供水内容同田间, 品种为冀杂 901、冀杂 921(矮秆)、冀麦 30、C406。塑料管的处理、埋藏及调查方法见文献<sup>[5]</sup>。

## 1.3 调查项目及方法

1.3.1 分蘖发生及成穗 出苗后定株(30)观察记载、挂牌标记、主要生育期考苗、成熟后考种。

1.3.2 籽粒灌浆 开花日挂牌标记, 花后 5 天起, 每隔 2 天取 10~20 标记穗测整穗籽粒的增重情况, (1993 年度把穗分成上、中、下三部分), 用二次插值法拟合籽粒增重的 logistic 方程。

1.3.3 幼穗分化 自 3 叶期开始镜检观察幼穗发育进程, 隔 2 天 1 次, 每次 5 株, 以观察值的众数记载幼穗发育时期。

1.3.4 根系 田间试验主要考察根条数, 每处理 30 株。管栽试验包括根条数、根长、根干重、根系垂直分布、根活性(测伤流量及用 QGS-08 型红外 CO<sub>2</sub> 分析仪测呼吸强度等)。

## 2 结果与分析

### 2.1 分蘖发生与成穗规律

#### 2.1.1 分蘖发生及调控

1992、1993 年度定株调查表明, 化杀杂种冀杂 891、冀杂 901、化优 1 号、新化优 3 号等分蘖的发生均比对照冀麦 30 或亲本冀麦 31 同级位的分蘖早, 且随分蘖级位的升高差异加大, 如分蘖 I 早 1~3 天, 分蘖 II 早 1~4 天, 分蘖 III 早 2~7 天, 二级分蘖 I<sub>P</sub> 早 4~11 天……, 1994 年度趋势相同。杂种冀杂 901 等每发生一蘖需 0℃以上积温 38.26℃, 显著低于对照冀麦 30 的 42.75℃, 与叶积温(杂种和对照分别为 74.0℃和 79.1℃)趋势一致, 表明杂种小麦分蘖发生相对较早, 与其较快的叶龄进程有关。密度对分蘖发生有一定影响, 5~15 万/亩基本苗范围内, I~III 蘖的发生时间在不同密度间差异较小, 基本苗达 20 万/亩时分蘖发生时间稍有推迟, 如 III 迟 2~5 天, 分蘖 I<sub>P</sub> 推迟 8~11 天, 前期供水处理中, 冻水(一般 12 月 1 日左右)正值冬前分蘖后期, 冻水后地温降低, 抑制了冻融期内分蘖的发生, 推迟了某些蘖的发生时间, 如冀杂 901 分蘖 III<sub>P</sub> 浇冻水的比不浇的晚发生 1 个月, 分蘖 I<sub>2</sub> 则晚 54 天, 起身期、拔节期供水对分蘖发生无影响, 只影响分蘖的成穗。

分蘖发生率品种间 I、II、III 蘖的差异极小, 杂交种的高位一级蘖和二级蘖明显高于对照, 与亲本相当, 表明杂交种的分蘖率与亲本有关。

杂种小麦干物质积累有优势且主要表现在分蘖优势上,以1994年度的供水试验调查结果(表1)为例,拔节期化杀杂种冀杂901主茎干重的超标优势仅4.5%~6.4%,I-III蘖优势为14.4%~23.4%,二级蘖优势为72.9%,其主茎的超亲优势为11.6%,I-III蘖优势为14.5%,二级蘖基本相当,由于杂种分蘖的优势大于主茎优势,杂种的蘖质系数(分蘖干重/同期主茎干重)明显较高,幼穗分化观察发现,与对照或亲本相比,杂种分蘖穗发育达到某一时期与主茎达到同一发育时期的叶龄差和时间差均比对照或亲本小,分蘖赶主茎的趋势非常明显。杂种分蘖素质较高还表现在分蘖次生根优势大。据调查冬前次生根的主茎优势为4.8%,而I蘖为65.8%;孕穗期次生根的主茎优势为0.3%,而分蘖优势为45.5%,不同供水、不同密度对低位蘖的影响较小,主要是对高位一级蘖和二级蘖有一定调控,起身期调查,冻水处理的单蘖干重比不浇的低26.2~19.1mg,单株干重降低14.8%~40.8%,起身水能增加拔节期的干物质积累量,但主茎及I-III蘖干重占单株总干重的比率比晚管的拔节水低。冻水、起身水、拔节水的平均单蘖重、单株干重到成熟期已无显著差异,随种植密度增加,分蘖干重及蘖质系数降低。

表1 拔节期各级位分蘖的干重(克)及蘖质系数%  
Table 1 The accumulated dry weight and coefficients of tillers to main stem

品种 Variety	项目 Items	主茎 Main stem	I + II + III	IV + V	I <sub>p</sub> + I <sub>1</sub>	II <sub>p</sub> + II <sub>1</sub>	III <sub>p</sub> + III <sub>1</sub>	单株干重 Dry weight per plant (g)
冀杂901 jiza 901	干重	0.385	0.823	0.087	0.225	0.252	0.028	1.80 <sub>A</sub>
	Dry wt. (g)							
	系数 Coefficient	100	71.3	11.3	19.5	32.7	3.6	
冀麦30 jimai 30	干重	0.362	0.667	0.075	0.168	0.089		1.37 <sub>B</sub>
	Dry wt. (g)							
	系数 Coefficient	100	62.3	6.9	15.5	12.3		
冀麦31 Jimai 31	干重	0.345	0.719	0.098	0.227	0.150		1.54 <sub>AB</sub>
	Dry wt. (g)							
	系数 Coefficient	100	69.5	9.5	26.9	21.7		

注:表中数字为各供试处理平均。I、II、III、IV、V分别代表从第1、2、3、4、5叶的叶腋发出的分蘖,I<sub>p</sub>、I<sub>1</sub>分别代表从分蘖I的芽鞘、第1叶发出的分蘖,余类推。

Notes: Data were averaged on different irrigation treatment.

I, II, III, IV, V represent tillers developed from the axillary buds of the 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th leaves respectively, I<sub>p</sub>, I<sub>1</sub> represent the tillers developed from the axillary buds of the sheath and the 1st leaf of the tiller I respectively.

### 2.1.2 分蘖成穗及调控

主要成穗蘖(主茎及I-III大蘖)的成穗率杂种与对照及亲本差异不大,但单株平均成穗率杂种低于对照,这与杂种高位蘖的高发生率,相对低成穗率有关。

播期对主茎及大蘖成穗率的影响较小(早播暖秋冷冬造成冰害的情况除外),主要影响高位蘖的成穗及其在群体穗数组成中的比例。如1991年9月25日~10月5日播期条件下,二级蘖及胚芽鞘蘖占成穗数的30%左右,10月15日播期条件下为13%左右。种植密度对分蘖成穗率的影响与发生率有关,稀播时由于高位蘖(这部分蘖成穗率较低)的大量发生,单株成

穗率有所降低,但单株成穗数相应较多。密度超过 14 万后不仅高位蘖成穗率降低,低位蘖 I 也出现不同程度的缺位及成穗率下降,单株成穗数显著降低,密度过小(2~6 万)时主茎(有时包括 I 蘖)成穗率明显降低,而大大加强了其它蘖的成穗并且穗部性状优良,连续几年的密度试验均发现这种现象,有关机理有待进一步研究。

不浇水处理各蘖的成穗率均较低,高位蘖降低的更突出;其他三种水分处理间无显著差异。在中密度条件下 IV、I<sub>p</sub>、II<sub>p</sub> 等小蘖因浇起身水而升为中蘖,但与 C 处理相比其成穗率并未得到提高(表 2)。

### 2.1.3 穗部性状及调控

综合各年度各试验,杂种穗粒数的超亲优势平均为 7.2%,与对照相比,有的有优势,有的是负优势,与亲本有关,故提高杂种穗粒数应从亲本选择入手,无论与对照还是与亲本相比,杂种的千粒重均有明显优势,平均为 19.2%,杂种的穗粒重显著高于亲本和对照,平均优势为 26.3%。

随播期推迟,主要成穗蘖的穗粒数增加,千粒重降低,品种间趋势一致,适播条件下,冀杂 901 主茎、I、II、III 蘖穗粒重的超标优势分别为 10%、22.8%、22.4%和 22.7%,晚播条件下分别为 0%、3.8%、2.5%、-5.9%,杂种分蘖的超标优势高于主茎。随密度增加,杂种分蘖的穗部优势降低。杂种对水分的反应不同于对照及亲本。如不浇水条件下,杂种冀杂 901 穗粒数的降低幅度比对照大,穗粒数的降低幅度及千粒重与亲本相当,穗粒重优势为 10.8%~18.27%;浇水条件下,杂种的千粒重明显高于亲本,更高于对照,穗粒重的超标优势为 16.5%~31.6%,超亲优势为 15.3%~23.8%。表明杂种在千粒重上有显著的优势,并且对水分的要求高于亲本及对照。

## 2.2 根系生育特点

### 2.2.1 初生根发根特点

据一叶一心期调查,无论适播还是晚播,杂种冀杂 901 初生根均略低于对照冀麦 30,但杂种初生根下扎较快较深。到越冬期适播冀杂 901 初生根扎深 249 cm,比对照长 98 cm,优势为 64.9%。偏晚播条件下亦如此,从三叶一心到越冬期冀杂 901 初生根日伸长量是对照冀麦 30 的 3.34 倍。

### 2.2.2 次生根发根特点

4 个年度涉及 6 个杂交种的各种试验结果表明,杂种小麦次生根条数明显较多,尤其是分蘖,趋势更明显。如冬前杂种次生根的主茎超标优势为 4.8%,而 I 蘖为 65.8%;孕穗期分别为 0.3%和 45.5%。各时期平均杂种的次生根条数优势为 16.4%(8.1%~30.3%),以孕穗期优势最大,为 30.3%,开花期为 22%。

表 2 不同浇水条件下的分蘖成穗率

Table 2 The ratio of ear-bearing under different watering condition 1994

品种	水分	主茎	I、II	III	IV、I <sub>p</sub> 、II <sub>p</sub>
Varieties	Water	Main stem			
冀杂 901	A	72.3	99.5	99.0	42.6
	B	94.2	97.1	96.2	26.1
	C	89.7	97.4	85.4	37.8
	D	72.0	80.6	49.9	7.1
冀麦 31	A	94.9	96.8	76.9	20.4
	B	98.7	96.8	86.1	35.7
	C	95.1	98.8	90.1	36.7
	D	74.5	76.5	48.0	2.4
冀杂 30	A	100	94.3	73.3	27.4
	B	98.7	97.8	78.0	24.8
	C	99.0	97.5	82.8	37.9
	D	88.8	83.3	46.3	15.1

表3 不同密度下的次生根条数(条/株)

生育时期 Stage	品种 Varieties	2	6	10	14	18
越冬 Over winter	冀杂 901 Jiza901	11.7	10.8	9.0	8.2	7.7
	冀麦 30 Jimai 30	8.7	7.0	6.7	6.5	6.0
拔节 Elongation	冀杂 901 Jiza901	97.5	58.5	47.0	38.4	30.9
	冀麦 30 Jimai30	76.5	50.6	42.2	34.5	31.0
孕穗 Booting	冀杂 901 Jiza901	178.0	82.3	57.3	47.5	37.7
	冀麦 30 Jimai30	119.0	70.5	52.2	40.4	38.0
开花 Anthesis	冀杂 901 Jiza901	181.5	89.3	60.8	49.6	39.8
	冀麦 30 Jimai30	137.3	82.9	54.3		39.6
灌浆 Grain filling	冀杂 901 Jiza901	182.8	97.3	59.6	45.5	34.4
	冀麦 30 Jimai30	143.5	78.9	52.6	45.9	35.7

随密度增加, 杂种的次生根条数优势渐减, 密度达 18 万/亩后杂种次生根条数与对照相当或略低于对照(表 3)。杂种次生根发生与土壤水分关系较大, 如拔节期冀杂 901 起身水处理的次生根条数比冀麦 30 多 12 条(38.1%), 冻水和不浇水处理两品种的差异较小, 冀杂 901 仅比冀麦 30 分别多 3.8 条和 4.5 条(11.9%和 16.1%)。无论适播还是晚播, 各时期杂种根下重均比对照明显的高, 平均根下重优势为 59.1%, 其中以冬前最高, 根重优势达 105%~113.8%。根干重优势远比根条数优势大的多, 说明杂种根系粗壮、分枝多、根群大。

### 2.2.3 根系垂直分布及根活性

从根干重的垂直分布(表 4)可见, 同层次内, 杂种冀杂 901 的根干重均高于对照, 且越往下层优势越大, 如越冬期冀杂 901 0~20 cm、20~60 cm 和 60 cm 以下根干重分布比对照高 44.2%、168.4%和 222.8%。不同层次比较, 杂种冀杂 901 深层根量较大, 如越冬期、拔节期和抽穗期冀杂 901 60 cm 以下根量占总根量比率分别比冀麦 30 高 11.6%、4.8 和 6.6%, 尤其是抽穗期 200~250 cm 深层根量冀杂 901 是冀麦 30 的 3.5 倍。杂种不仅各层次的根量大, 而且根活性强(表 5)。

表4 适播条件下根系的垂直分布

生育时期 Stage	品种 Varieties	0~20 cm		20~60 cm		60 cm 以下	
		根重(mg)		根重(mg)		根重(mg)	
		Root wei.	%	Root wei.	%	Root wei.	%
越冬期 Over winter	冀杂 901	278.4	42.1	172.3	26.1	209.8	31.8
	冀麦 30	193.1	59.9	64.2	19.9	65.0	20.2
拔节期 Elongation	冀杂 901	1842.2	74.4	297.4	12.0	335.0	13.5
	冀麦 30	1455.9	84.0	126.3	7.3	150.0	8.7
抽穗期 Booting	冀杂 901	2205.8	72.1	390.4	12.8	461.6	15.1
	冀麦 30	1925.6	78.7	312.0	12.8	208.8	8.5

### 2.3 籽粒灌浆与粒重优势

CHA 杂种小麦与对照种一样, 籽粒增重遵循 logistic 函数, 呈慢-快-慢的节律变化。但杂种快速增重期来的早, 灌浆速率峰值高, 持续时间长(图 1), 因而粒重显著较高。杂种冀杂 901、冀杂 891、化优 3 号等杂种上、中、下不同部位小穗的最高灌浆速率分别较对照高 0.44~0.60、0.38~0.58 和 0.44~0.67mg/粒·日, 其超标优势分别为 32.58%~44.34%、24.71%~37.08%和 30.49%~46.34%; 由于最高灌浆速率与平均灌浆速率呈显著正相关( $r=0.9597^{**}$ )<sup>[8]</sup>, 杂种平均灌浆速率的超标优势也非常明显, 最终粒重分别较对照高 3.72~

9.56, 7.19~12.55 和 6.95~12.86 mg/粒, 超标优势分别为 10.51%~27.02%、16.98%~31.43%和 18.16%~33.6%。

整穗平均杂种粒重比对照高 6~11 mg/粒, 差异达极显著水平。

不同播期条件下, 杂种的超标优势不同。9 月 25 日播期冀杂 901 最高灌浆速率( $V_{max}$ )超标优势为 20.99%, 持续期优势为 4.6%, 最终粒重优势为 16.94%; 10 月 5 日播期分别为 12.57%、5.67%和 13.22%; 10 月 15 日播期分别为 20.0%、5.33%和 13.19%。杂种的灌浆速率及粒重优势较大, 持续期优势较小, 粒重优势随播期推迟而降低。

表 5 灌浆期不同层次根系呼吸强度( $\text{mg CO}_2/\text{g} \cdot \text{h}$ )  
Table 5 Respiration rate of roots in different soil layers

年度 Year	品种 Varieties	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~100 cm	100~150 cm
1993	冀杂 901 Jiza901	2.70	7.91	5.85	7.45	7.60
(灌浆后期) Late grain filling stage	冀麦 30 Jimai30	2.52	5.07	5.03	6.15	6.84
1994	冀杂 901 Jiza 901	3.16	19.10	22.73		
(灌浆初期) Early grain filling stage	C406	2.52	10.69	13.08		
	冀麦 30 Jimai 30	2.68	14.74	21.66		

随密度增加, 杂种的灌浆速率, 持续期、粒重及其杂种优势降低。如 2 万/亩基本苗条件下冀杂 901 的  $V_{max}$  超标优势为 19.86%, 持续期优势为 10.52%, 粒重优势为 22.76%; 10 万/亩基本苗下分别为 16.47%、5.02%和 14.46%; 18 万/亩基本苗下分别为 10.21%、8.19%和 14.1%。

在密度较小(10 万基本苗)群体不大情况下, 春季首次供水时间(起身期或拔节期)对灌浆的实际调节意义不大, 两年结果一致。

### 3 讨论

研究表明, CHA 杂种小麦的分蘖发生较亲本或对照早, 生长快, 蘖质系数高, 幼穗分化赶上主茎趋势明显, 与主茎差距小, 为降低密度, 利用分蘖成穗奠定了基础。但密度超过 15 万/亩后, 分蘖发生时间推迟, 杂种小麦分蘖发生早的优势被抑制, 根系生长、干物质积累等方面的优势降低。同时不同播期条件下, 杂种分蘖的发生及成穗规律不同。随播期推迟、高级位分蘖的发生率和成穗率大大降低, 且穗部性状变劣, 与主茎差距加大, 可资利用的分蘖减少, 因此密度应随播期而调整。在正常

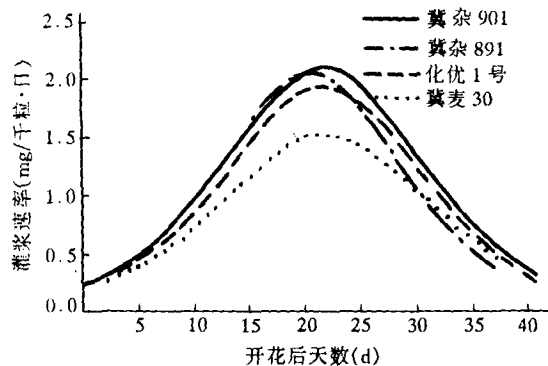


图 1 不同杂交组合的灌浆速率  
Fig. 1 The grain filling rate for different hybrid wheat

播期条件下,亩密度6~14万苗(通常10万左右)可以获得比较适中的群体和理想的产量结果,这与崔党群等<sup>[4]</sup>适当降低密度,充分发挥杂种优势的观点是一致的。根据这一研究结果以及杂种小麦粒重优势突出的特点,我们提出并确认了CHA杂种小麦“小密度、中株型、高穗重”的高产栽培新途径。杂种小麦发达的根系利于实现小麦的节水高产栽培。在前控型水分管理,轻度水分胁迫条件下促进根系下扎,吸收深层土壤水肥,促进群体稳健发展,拔节后满足供水后,又促进大量新根的发生,形成深层、浅层均较发达的根层结构<sup>[6]</sup>。后期新根比例大,活力强,利于延长叶功能期,使杂种小麦的灌浆及粒重优势得以充分发挥<sup>[7]</sup>。基于此,我们提出了“足底、控前、促中后”的水肥运筹原则和“护叶、保根、促灌浆”的管理策略,形成了优化配套栽培技术体系,经多年示范效果良好,成功的实现了稳产500~550kg,并首创河北省百亩方亩产600kg的高产记录。

### 参 考 文 献

- 1 黄铁城主编,1990,杂种小麦研究,北京农业大学出版社,北京
- 2 黄铁城、张爱民主编,1993,杂种小麦研究进展,农业出版社,北京
- 3 蒋纪芸,1992,西北农业学报,1(3),31~36
- 4 崔党群、范濂,1990,华北农学报,5(2),13~19
- 5 黄瑞恒、王勤、张艳敏等,1993,作物杂志,(2),16~17
- 6 刘殿英、黄炳茹、董庆裕,1991,山东农业大学学报,(2),103~110
- 7 马新明,1990,河南农业大学学报,24(2),269~274
- 8 张艳敏、李晋生、黄瑞恒等,1996,华北农学报,11(3),63~67

## Growth and Development of CHA Hybrid Wheat and the Regulating Effects of Agronomic Factors

Zhang Yanmin Li Jinsheng Huang Ruiheng  
Shi Yunsu Wang Qin Zhao Shuangjin

(Research Institute of Food and Oil Crops Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences Shijiazhuang, 050031)

**Abstract** Studies on the growth and development of hybrid wheat with chemical hybridizing agents from 1991 to 1994 indicated that CHA hybrid wheat had obvious advantage over common wheat, including parents, in many aspects, such as the earlier emergence of tillers and its vigorous development, the well developed root system (more root number, greater root dry weight as well as the higher proportion of roots in deep soil layer), the greater grain weight heterosis and faster grain filling speed. All related above were affected or regulated possibly by such agronomic factors as planting date, plant density, irrigation and fertilizer. A new way for high yield cultivation in CHA hybrid wheat was presented and its management strategy as well practical protocol were developed.

**Key words** Hybrid wheat; Growth and development; Agronomic factors