

# 新株型杂交稻高产群体特征分析

蔡之军<sup>1</sup>, 叶立华<sup>1</sup>, 方军<sup>2</sup>, 李金军<sup>1</sup>

(1. 浙江省嘉兴市农业科学研究院, 浙江嘉兴 314016; 2. 中国科学院遗传与发育生物学研究所, 北京 100101)

**摘要** 以新株型杂交稻嘉优中科1号为供试材料, 2016、2017年采用高产栽培措施构建超高产(产量 $\geq 13.5$  t/hm<sup>2</sup>)、高产(13.5 t/hm<sup>2</sup>>产量 $\geq 12.0$  t/hm<sup>2</sup>)和对照(12.0 t/hm<sup>2</sup>>产量 $\geq 10.5$  t/hm<sup>2</sup>)3个产量群体。对各个产量群体的产量构成特征、茎蘖生长动态、叶面积动态及构成、干物质积累转运等地上部特征进行追踪调查。结果表明, 与高产和对照群体比较, 超高产群体的总颖花量极显著提高, 结实率和千粒重差异不显著; 临界期—拔节期有效分蘖的超高产群体茎蘖增加平缓、无效分蘖发生少、高峰苗低、茎蘖衰减平缓、成穗率高。此外, 超高产群体的叶面积指数、抽穗期后干物质积累量、收获指数均显著提高。

**关键词** 新株型杂交稻; 超高产; 群体特征

中图分类号 S511 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)04-0053-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.04.013



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Characteristics Analysis of High-Yielding Population of New-Type Hybrid Rice

CAI Zhi-jun<sup>1</sup>, YE Li-hua<sup>1</sup>, FANG Jun<sup>2</sup> et al (1. Jiaxing Academy of Agricultural Science Research, Jiaxing, Zhejiang 314016; 2. Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

**Abstract** With Jiayouzhongke 1 as the test material, three yield populations were established by high-yield cultivation measures in 2016 and 2017, which were super-high-yield population (yield $\geq 13.5$  t/hm<sup>2</sup>), high-yield population (13.5 t/hm<sup>2</sup>> yield $\geq 12.0$  t/hm<sup>2</sup>) and CK (12.0 t/hm<sup>2</sup>> yield $\geq 10.5$  t/hm<sup>2</sup>). We investigated the yield component characteristics, tillering growth dynamics, leaf area dynamics and composition, dry matter accumulation and partition and other characters of aboveground part. Results showed that compared with high-yield population (HYF) and CK, super-high-yield population (SHYF) had extremely significant higher total spikelets, but its seed-setting rate and 1 000 grain weight showed no significant differences. During effective tillering critical period-jointing stage, SHYF showed smooth increase of stem tillers, less ineffective tillering, low peak seedlings, smooth tillers attenuation, high earbearing tiller percentage. Besides, the leaf area index, dry matter accumulation after heading stage and harvest index of SHYF were all significantly enhanced.

**Key words** New-type hybrid rice; Super-high yield; Population characteristics

水稻是我国最重要的粮食作物, 当前我国水稻生产面临着播种面积不断减少的下行压力, 因此稳定和提高总产仍然要靠提高单产来实现<sup>[1-2]</sup>。20世纪50年代利用矮源基因和70年代利用杂种优势使我国水稻单产发生2次革命性飞跃<sup>[3]</sup>。现阶段育种家和遗传家希望与优势利用相结合通过对水稻的植株形态结构进行改良, 实现产量第3次飞跃<sup>[4]</sup>。

水稻生产必须坚持良种良法原则, 良种需良法。如果没有良种配套的栽培技术, 良种对生产的作用将受到极大的限制<sup>[5]</sup>。因此, 近年来水稻超高产育种与栽培研究同样备受国内外科学家关注。如日本的“逆753”人类计划, 国际水稻所的新株型育种计划及中国的超级稻计划等<sup>[6]</sup>。目前我国超级稻育种取得了重大进展, 出现了平均产量高达15.0 t/hm<sup>2</sup>的报道, 显示了超级稻品种巨大的增产潜力。但是, 大多数超级稻品种的示范田与生产田(农民田)差异大, 地区间和年份间产量表现明显的不稳定性, 高产表现重演性差<sup>[7]</sup>。这主要是因为人们对超高产品种的生长规律不清楚, 未采用与之配套的超高产栽培技术。由浙江省嘉兴市农业科学研究院(所)、中国科学院遗传与发育研究所联合选育的新株型(携带新株型关键基因IPA2)籼粳杂交交稻嘉优中科1号(沪审稻:2016004)。目前, 嘉优中科1号高产栽培及管理技术常见报道, 但其超高产群体的特性特征及形成机制的研究却鲜

见报道。为深入了解嘉优中科1号超高产群体特性特征及其形成机制, 笔者连续2年通过调控栽培措施构建了嘉优中科1号不同的高产群体, 以生产田为对照, 研究不同群体产量构成、茎蘖动态、叶面积指数动态、后期干物质生产和积累等特性, 提出了嘉优中科1号超高产形成的形态指标和关键技术, 以期为该品种的超高产栽培和生产提供理论指导。

## 1 材料与方法

**1.1 供试材料** 供试材料嘉优中科1号由浙江省嘉兴市农业科学研究院(所)、中国科学院遗传与发育生物学研究所联合选育。其主茎总叶数为18叶, 伸长节间为6个。

## 1.2 试验设计及栽培管理

**1.2.1 超高产田栽培。** 试验于2016、2017年在浙江省嘉兴市农业科学研究院(所)试验农场进行。采用湿润育秧方法育秧, 秧龄为20 d左右, 移栽时叶龄为3.4叶左右, 带蘖数0.43~0.57个, 栽植株行距为28.0 cm×26.7 cm, 每穴1棵种子苗。施纯氮300 kg/hm<sup>2</sup>(按基肥: 穗粒肥=6:4施用), 施过磷酸钙900 kg/hm<sup>2</sup>(按基肥: 穗粒肥=6:4施用), 施钾肥(含60% K<sub>2</sub>O)450 kg/hm<sup>2</sup>(按基肥: 穗粒肥=5:5施用)。定植后采用湿润灌溉为主, 建立浅水层; 群体茎蘖数达到够苗数的80%时搁田, 控制无效分蘖发生; 抽穗扬花期保持田间2~3 cm水层, 灌浆结实期间歇灌溉, 干湿交替; 收割前7 d断水搁田。按超高产栽培要求防治病虫害。

**1.2.2 高产田栽培。** 采用湿润育秧方法育秧, 秧龄为20 d左右, 移栽时叶龄为3.4叶左右, 带蘖数0.43~0.57个, 栽植株行距为16.7 cm×23.3 cm, 每穴2个种子苗。施纯氮

**基金项目** 浙江省嘉兴市重点科技计划项目(2016AZ23029)。

**作者简介** 蔡之军(1978—), 男, 安徽泗县人, 高级农艺师, 硕士, 从事杂交水稻育种工作。

**收稿日期** 2018-09-18; **修回日期** 2018-12-18

270 kg/hm<sup>2</sup> (按基肥:穗粒肥=6:4施用),施过磷酸钙(12%)750 kg/hm<sup>2</sup> (按基肥:穗粒肥=6:4施用),施钾肥(含60% K<sub>2</sub>O)360 kg/hm<sup>2</sup> (按基肥:穗粒肥=5:5施用)。茎蘖数达到够苗数90%左右时排水搁田;抽穗扬花期保持田间2~3 cm水层,直至成熟实行干湿交替,收割前7 d断水搁田。按超高产栽培要求防治病虫害。在连片超高产田外选取农户种的嘉58田块作为对照,对照田块的栽培管理为湿润方法育秧,秧龄20 d左右,移栽叶龄3.4叶左右,栽插株行距为16.7 cm×23.3 cm,每穴2个种子苗。施纯氮210 kg/hm<sup>2</sup>, (按基肥:穗粒肥=7:3施用),施过磷酸钙600 kg/hm<sup>2</sup> (全部基肥),施钾肥(60% K<sub>2</sub>O)300 kg/hm<sup>2</sup>, (按基肥:穗粒肥=5:5施用)。茎蘖数达到够苗数时排水搁田,拔节至成熟期干湿交替,按一般生产田要求防治病虫害。

### 1.3 测定项目及方法

**1.3.1 茎蘖动态。**待3个产量群体的秧苗成活后,每个产量群体选择3个观察点供点观察,每个观察点选取茎蘖生长较一致的10穴进行定期观察。在移栽后5 d开始调查,每隔5 d调查1次茎蘖数,成熟期统计成穗率<sup>[8]</sup>。

**1.3.2 叶面积指数及干物质积累。**以3个产量群体取10穴为1个样本,每样本分解为绿叶、枯叶、茎、鞘和穗(抽穗以后),分别于移栽期、够苗期、高峰苗期、拔节期、抽穗期、乳熟期(齐穗后15 d)、蜡熟期(齐穗后30 d)、成熟期(收获前1 d)对每个产量群体测定叶面积和干物质重(成熟期将籽粒与枝梗分开,计算收获指数),用Li-3000A型自动叶面积仪测量

叶面积<sup>[9]</sup>。在抽穗期测定叶面积时,将叶面积分为所有茎蘖的叶面积(总叶面积)、有效茎蘖的叶面积(有效叶面积)和有效茎蘖顶3叶的叶面积(高效叶面积)<sup>[10]</sup>。每次测定重复3次。

**1.3.3 产量。**成熟期调查3个产量群体各50穴计算有效穗数,取10穴考察穗部性状,3次重复,计算每穗粒数、实粒数、结实率;各产量群体中采用10点法,每点收割1.0 m<sup>2</sup>并晾晒籽粒,取3组1 000粒干种子计算千粒重。对3个产量群体人工收割脱粒实收记产。

**1.4 数据处理** 采用DPS软件对结果进行统计与分析<sup>[11]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 不同群体的产量及其构成因素比较** 由表1可知,对照生产田(12.0 t/hm<sup>2</sup>>产量≥10.5 t/hm<sup>2</sup>)、高产田(13.5 t/hm<sup>2</sup>>产量≥12.0 t/hm<sup>2</sup>)、超高产田(产量≥13.5 t/hm<sup>2</sup>)连续2年实测产量的平均值为10.757、12.409、13.677 t/hm<sup>2</sup>,超高产田较生产田(对照)、高产田增产27.14%和10.21%,差异极显著,理论产量表现相似趋势。就总颖花量而言,超高产田68 614.41×10<sup>4</sup>/hm<sup>2</sup>,高产田62 345.45×10<sup>4</sup>/hm<sup>2</sup>,生产田58 271.12×10<sup>4</sup>/hm<sup>2</sup>,较生产田、高产田的增幅分别为12.49%和10.05%;与生产田、高产田相比,增穗增产占4.70%和3.25%,增粒增产占17.75%和8.27%,结实率、千粒重略减。由此可见,3个群体的产量差异主要由群体的每穗粒数、穗数造成,且穗粒数较穗数增产效应大。

表1 2016、2017年不同群体的产量及构成因素比较

Table 1 Yields and its component factors of different populations in 2016 and 2017

年份 Year	群体名称 Population name	穗数 Ear number ×10 <sup>4</sup> /hm <sup>2</sup>	每穗粒数 Spikelets per ear	总颖花量 Number of total spikelets//×10 <sup>4</sup> /hm <sup>2</sup>	结实率 Seed-setting rate//%	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield t/hm <sup>2</sup>	实测产量 Actual yield t/hm <sup>2</sup>
2016	生产田 CK	189.35 aA	295.41 cC	58 271.12 cC	86.13 aA	25.43 aA	11.26 cC	10.691 cC
	高产田 HYF	208.83 aA	314.35 bB	62 345.45 bB	85.95 aA	25.35 aA	13.376 bB	12.377 bB
	超高产田 SHYF	212.75 aA	344.26 aA	68 614.41 aA	85.93 aA	25.33 aA	14.380 aA	13.633 aA
2017	生产田 CK	187.46 aA	293.67 cC	59 113.41 cC	84.83 aA	25.52 aA	11.335 cC	10.823 cC
	高产田 HYF	205.73 aA	316.82 bB	64 413.73 bB	84.76 aA	25.46 aA	13.343 bB	12.441 bB
	超高产田 SHYF	212.58 aA	348.37 aA	67 982.86 aA	84.68 aA	25.38 aA	14.557 aA	13.721 aA

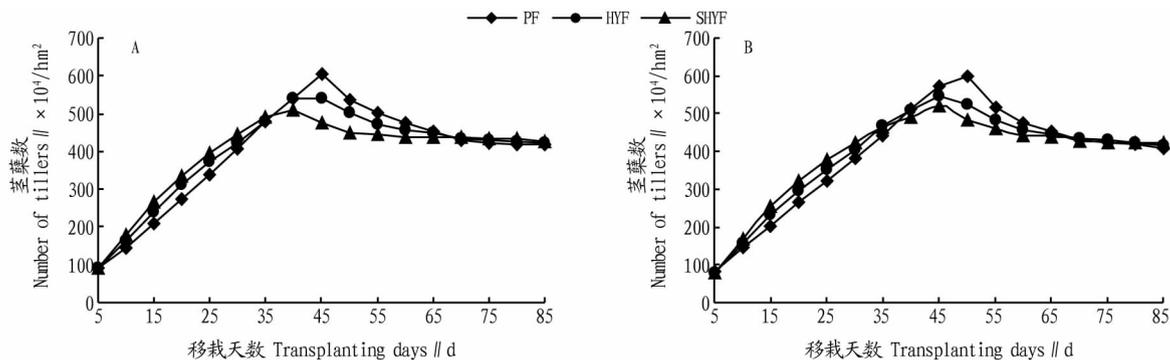
注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示在0.01水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

**2.2 不同产量群体的茎蘖动态及成穗率** 由图1可知,超高产田在移栽后第25 d茎蘖总数达到够苗数,高产田、生产田在移栽后第28、31 d实现够苗数,超高产田较高产田、生产田提前3、6 d达够苗数。移栽—够苗数期超高产田日增茎蘖数为13.56×10<sup>4</sup>/hm<sup>2</sup>,高产田为11.75×10<sup>4</sup>/hm<sup>2</sup>,生产田为10.58×10<sup>4</sup>/hm<sup>2</sup>,超高产田茎蘖发生率分别高出14.78%和27.85%,差异极显著。就超高产田而言,约在移栽后35 d达高峰苗期,高产田和生产田约在第40、45 d出现高峰苗期,超高产田较高产田、生产田分别提前5、10 d发生。在实现有效穗数后,超高产田共有55 d、高产田共有45 d、生产田共有38 d茎蘖数保持在420×10<sup>4</sup>/hm<sup>2</sup>以上,超高产田显著长于高产田和生产田。

总体而言,在够苗期前,超高产田茎蘖发生速率明显高于高产田、生产田,而高产田和生产田在够苗后,生产田的茎蘖发生速率表现为V<sub>生产田</sub>>V<sub>高产田</sub>>V<sub>超高产田</sub>,高峰苗数生产田亦表现最多。在发生高峰苗后,超高产田茎蘖下降速率较高产田和生产田小,表现平缓,此时生产田茎蘖下降速率最快,高产田次之,最终成穗数超高产田略高于高产田,高产田略高于生产田,最终成穗率为:超高产田>80%,80%>高产田>70%,而生产田≈68%,超高产田较高产田、生产田分别高7.69%、16.53%。

**2.3 不同产量群体的叶面积指数、叶面积构成及干物质积累** 由图2可知,从移栽期至拔节期,超高产田与高产田、生产田的叶面积指数呈线性增大,且生产田的增加速度略快,



注:A.2016年;B.2017年

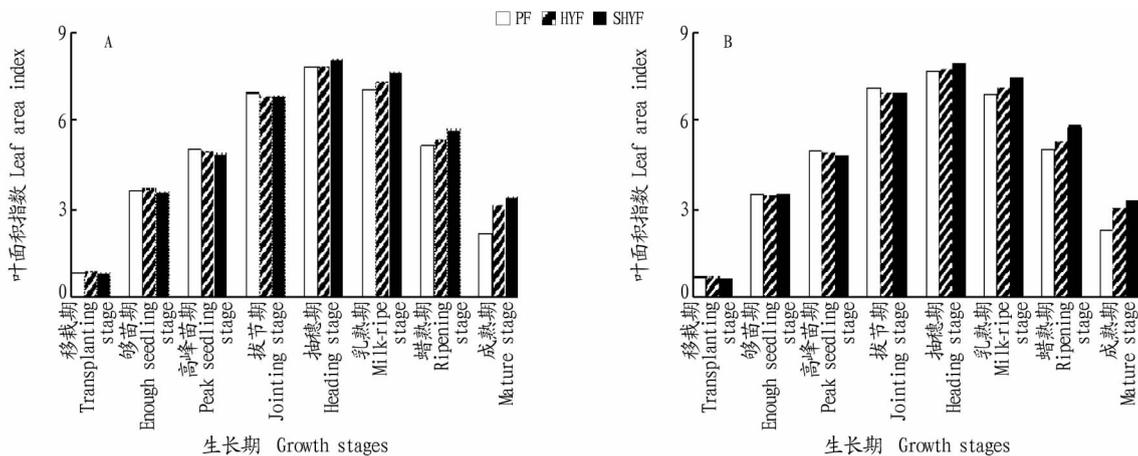
Note:A.The year of 2016;B.The year of 2017

图1 2017年不同群体的茎蘖生长动态

Fig.1 Stems and tillers growing curves of different population in 2016 and 2017

在拔节期,生产田的叶面积指数达到 7.52,高产田和超高产田分别为 7.25 和 7.09;在抽穗期 3 个产量群体的叶面积指数达最高值,以超高产田的叶面积指数最高(7.93),较高产田、生产田分别高 3.32% 和 5.12%,差异显著;此后,乳熟、蜡熟和成熟期的叶面积指数均呈现超高产田>高产田>生产田,3 种群体之间差异极显著,抽穗后的叶面积指数均在衰减,衰减

率表现为超高产田<高产田<生产田,超高产田的叶面积指数后期变化较为平缓。由表 2 可知,抽穗期不同群体的最高、有效和高效叶面积指数以超高产田最高,高产田次之,生产田最低,有效、高效叶面积率超高产田达 95.08% 和 43.23%,分别比较高产田、生产田高 2.20%、5.31% 和 3.60%、45.26%。



注:A.2016年;B.2017年

Note:A.The year of 2016;B.The year of 2017

图2 2016、2017年不同群体各生长期叶面积指数比较

Fig.2 Comparison of leaf area index at different growth stages in 2016 and 2017

表2 2016、2017年不同群体抽穗期叶面积构成比较

Table 2 Comparison of LAI constitutions of different populations at heading stage in 2016 and 2017

年份 Year	群体名称 Population name	最高叶面积指数 Highest LAI	有效叶面积指数 Effective LAI	高效叶面积指数 High effective LAI	有效叶面积率 Rate of ELA//%	高效叶面积率 Rate of HELA//%
2016	生产田	7.98 cB	7.27 cA	3.13 bB	91.78 bB	29.76 bB
	高产田	8.16 bB	7.52 bA	3.25 bA	93.03 bA	41.05 bA
	超高产田	8.32 bA	7.85 aA	3.59 aA	95.08 aA	43.23 aA
2017	生产田	7.78 cA	6.98 cB	3.02 bB	89.59 bB	30.25 cC
	高产田	8.06 bA	7.46 bB	3.28 bA	91.58 cB	39.96 bB
	超高产田	8.27 aA	7.46 aA	3.72 aA	94.67 aA	43.37 aA

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著;同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

由表 3 可知,拔节前的干物质积累不同群体极为接近,但占生物学产量的比率以超高产田最低(19.97%);拔节期—抽穗期超高田>高产田>生产田,超高产田的增加幅度最大

(达 5.04 t/hm<sup>2</sup>),占生物学产量的比率为 39.76%,小于高产田(40.65%)和生产田的(42.31%);抽穗后至成熟,干物质积累量仍以超高产田最高(9.64 t/hm<sup>2</sup>),完成了总干物质高产

田 28.85%的积累量,高于高产田的 5.83 t/hm<sup>2</sup> 积累量28.49% 的比率、生产田的 5.42 t/hm<sup>2</sup> 积累量 2.00%的比率,差异显

表 3 2016、2017 年不同群体各生育期物质积累比较

Table 3 Comparison of biomass of different populations at different growth stages in 2016 and 2017

年份 Year	群体名称 Population name	拔节前 Before jointing		拔节—抽穗 From elongation to heading		抽穗后 20 d From heading to 20 days after heading		抽穗后 20 d—成熟 From 20 days after heading to ripening		生物学产量 Biomass yield t/hm <sup>2</sup>
		物质积累 Biomass t/hm <sup>2</sup>	比率 Proportion	物质积累 Biomass t/hm <sup>2</sup>	比率 Proportion %	物质积累 Biomass t/hm <sup>2</sup>	比率 Proportion %	物质积累 Biomass t/hm <sup>2</sup>	比率 Proportion %	
2016	生产田	4.45 bB	20.17 bA	8.52 cC	42.31 aA	5.42 cC	27.83 bB	2.61 cC	12.69 cC	23.005 cC
	高产	4.46 bA	20.13 cA	8.77 bB	40.65 bB	5.83 bB	28.49 bA	2.74 bB	11.73 bA	24.417 bB
	超高产田	4.48 aA	20.11 aA	9.52 aA	39.76 cC	6.71 aA	28.85 aA	2.93 aA	11.28 aA	25.978 aA
2017	生产田	4.53 bB	20.07 bA	8.76 cC	41.86 aA	5.34 cC	27.72 cC	2.57 cC	12.59 cC	22.983 cC
	高产田	4.58 bA	20.09 bA	9.21 bB	40.31 bB	5.91 bB	27.81 bB	2.62 bB	11.77 bB	24.565 bB
	超高产田	4.65 aA	19.97 aA	9.62 aA	39.67 cC	6.79 aA	28.18 aA	2.96 aA	11.22 aA	25.886 aA

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著; 同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

**2.4 茎鞘物质输出、运转及收获指数** 由表 4 可知, 抽穗期—乳熟期超高产田的单茎茎鞘物质输出量、输出率及转运率均显著高于高产田和生产田; 乳熟—成熟期 3 个群体单茎茎鞘物质的输出量都为负值, 表现出物质回运的现象, 且超高产群体的回运最显著; 抽穗—成熟期超高产田块单茎茎鞘物质输出量、输出率和转运率均显著低于高产田和生产田。由此可见, 超高产田在籽粒灌浆前、中期(抽穗—乳熟期)以较

高茎鞘贮藏物质的输出与转运, 满足籽粒库容的有效充实; 在籽粒灌浆后期(乳熟—成熟期)以较多的光合物质, 进一步补充使籽粒充实, 同时以充足的物质供茎鞘再度充实籽粒, 确保茎秆后期处于活熟状态。3 个群体的收获指数均超过 50%, 超高产田高达 52.33%, 分别较高产田、生产田高 1.35% 和 3.72%, 差异显著。

表 4 2016、2017 年不同群体抽穗后单茎茎鞘物质的输出、转运及收获指数比较

Table 4 Comparison of harvest index and matter output and translocation per stem sheath of different populations after heading in 2016 and 2017

年份 Year	群体名称 Population name	抽穗期—乳熟期 From heading to milk stage			乳熟期—成 熟期输出量 Output from milk stage to ripening stage//g	抽穗期—成熟期 From heading to ripening stage			收获指数 Harvest index %
		输出量 Output g	输出率 Output ratio %	转运率 Translocation ratio//%		输出量 Output g	输出率 Output ratio %	转运率 Translocation ratio//%	
2016	生产田	0.733 cC	21.6 cC	17.3 cC	-0.264 aA	0.505 aA	15.5 aA	14.2 aA	50.45 cC
	高产田	0.785 bB	25.4 bB	19.7 bB	-0.309 bB	0.476 bB	14.6 bB	12.9 bB	51.63 bB
	超高产田	0.837 aA	28.7 aA	21.4 aA	-0.404 cC	0.433 cC	13.1 cC	11.3 cC	52.33 aA
2017	生产田	0.744 cC	20.9 cC	17.5 cC	-0.253 aA	0.491 aA	15.8 aA	13.9 aA	50.51 cC
	高产田	0.779 bB	26.1 bB	19.4 bB	-0.311 bB	0.468 bB	14.7 bB	12.8 bB	51.46 bB
	超高产田	0.842 aA	28.6 aA	20.8 aA	-0.401 cC	0.441 cC	12.8 cC	11.5 cC	52.31 aA

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著; 同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

### 3 讨论

**3.1 超高产群体特征** 该试验条件下, 与高产、生产群体相比, 新株型杂交稻嘉优中科 1 号超高产群体的基本特征为: 茎蘖动态、物质积累均表现为“前低、中稳、后高”, 即拔节前不同群体的生长量差异小, 抽穗期(中期)的生长量与高产田、生产田接近, 抽穗至成熟期的物质积累能力(叶面积指数、叶面积构成和干物质质量)显著高于高产田、生产田; 其产量构成上表现为足粒(每穗颖花数)与穗穗(达到一定穗数); 在源、库、流特征方面表现为高输出量、高输出率、高转运率及高收获指数。

**3.2 超高产群体的形成特征** 该试验结果表明, 与高产田、生产田相比, 新株型杂交稻嘉优中科 1 号超高产田的总颖花量明显增加, 且颖花量的增加主要在于每穗颖花数的增加。前人研究表明, 水稻超高产总库容的扩大主要在于每穗粒数的增加, 因为单位土地面积穗数的增加终究是有限的, 扩库最终还是要通过增加每穗粒数来实现<sup>[12]</sup>。因此, 在保证一

定穗数基础上, 通过增加穗粒数来扩大库容, 这是实现水稻超高产的技术途径<sup>[7]</sup>。该研究表明, 茎蘖发生率、成穗率超高产田显著高于高产田、生产田; 抽穗至成熟超高产田的叶面积指数、有效叶面积指数及高效叶面积指数明显高于高产田和生产田; 拔节至成熟超高产田的物质积累、茎蘖物质输出量、输出率, 转运率及收获指数高于高产田和生产田。

**3.3 高产超高产栽培技术** 近年来, 农业农村部一直致力于水稻各项高产栽培技术的研究。而随着研究的不断推进, 水稻新的高产栽培技术不断在生产中发挥作用<sup>[13]</sup>。该试验结果表明, 要构建新株型杂交稻嘉优中科 1 号要实现超高产群体, 必需通过扩库、强源、壮根、促流、攻粒是最主要途径。其关键栽培技术为: ①培育多叶蘖壮秧, 提高群体起点质量; ②在有效分蘖临界叶龄期准时够苗及时搁田, 有效控制群体无效分蘖数量; ③定量及时施肥, 穗肥应提前施用, 促早发, 攻大穗; ④灌浆至成熟始终保持干湿交替灌溉, 保根护叶, 促进

(下转第 65 页)

**4.3.2.4 疏花疏果、果实套袋。**疏花在花序分离期进行,特别要认真疏除叶片小而少的果枝上的花序,每隔 20 cm 左右留 1 个花序,座果后再进行疏果。5 月上旬盛花后 14 d 内完成定果,套袋果一律留单果(中心果、下垂果)。6 月 15—20 日完成定果后喷施 1~2 遍杀菌剂、杀虫剂后,选树上壮旺果枝上的个大、形正果进行套袋。套袋时要按先上后下、先里后外的顺序操作。采收前 30 d 左右摘袋,双层袋先摘除外袋,隔 4~5 个晴天再摘除内袋,摘除外袋、内袋均在晴天 09:00 至日落前 1.5 h 进行。

**4.3.2.5 病虫害防治。**贯彻“预防为主,综合防治”的植保方针,以农业防治为基础,以生物防治为核心,维持果园生态平衡,结合适当化学防治将病虫害的为害程度降低到最低限度<sup>[14]</sup>。发芽前,树木喷 3~5 度石硫合剂,5 月上旬、下旬喷施 2 次杀菌剂(50%扑海因可溶性粉剂 1 500 倍或 70%甲基托布津可湿性粉剂 1 000 倍,也可选用宝丽安、可杀得、复方多菌灵等),6 月中下旬至 8 月下旬再喷 3 次 200~240 倍波尔多液。未套袋果园在 7 月中旬搞好对桃小食心虫的预测预报,卵果率达 2% 时开始对树冠喷药防治,可连喷 2 次 1 500 倍菊酯类杀虫剂。

#### 4.4 适时采收、分级、包装和贮藏

**4.4.1 适时采收。**根据果实成熟度、用途和市场需求综合确定采收适期。成熟期不一致的品种,应分期采收<sup>[15-16]</sup>。采收时,按先采外围、后采内,先采下层、后采上层的顺序进行,采果时要轻拿轻放,防止挤压、碰撞、刺伤。

**4.4.2 分级、包装和贮藏。**①**分级。**果实分级的目的是为了实实现果实商品化,适应市场需要,有利于贮藏、销售和加工,可按市场要求或苹果标准进行分级<sup>[17]</sup>。②**包装。**包装材料应符合食品卫生要求,应干燥、清洁、无毒、无异味,不影响苹果品质。使用轻质坚固、不易变形、便于堆放搬运、内部光滑平整的硬纸箱包装,出口产品使用木箱。包装容器内放衬垫物,以避免果实与容器内壁摩擦,果实最好包一层纸或网袋,将果实分放在格内,避免机械损伤和病菌传染。每个包装容器外边都标有品种、重量、果实个数、产地等<sup>[18]</sup>。③**贮藏。**应贮存于清洁、干燥阴凉、无异味的专用仓库中,仓库周围应无异气污染。

(上接第 56 页)

群体地上部与地下部的“物质流”协调通畅。

#### 参考文献

- [1] HORIE T, SHIRAIWA T, HOMMA K, et al. Can yields of lowland rice resume the increase that they showed in the 1980s? [J]. *Plant Prod Sci*, 2005, 8(3): 259-274.
- [2] 于林惠, 李刚华, 徐晶晶, 等. 基于高产示范方的机插水稻群体特征研究 [J]. *中国水稻科学*, 2012, 26(4): 451-456.
- [3] ZHANG Q F. Strategies for developing Green Super Rice [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104(42): 16402-16409.
- [4] 冷语佳, 钱前, 曾大力. 水稻理想株型的遗传基础研究 [J]. *中国稻米*, 2014, 20(2): 1-6.
- [5] 黄成娟. 利用农业资源保障我国粮食安全的思路 [J]. *经济纵横*, 2008(7): 71-73.
- [6] 杨建昌, 杜永, 吴长付, 等. 超高产粳型水稻生长发育特性的研究 [J]. *中*

#### 5 发展前景

近年来,沂水县委、县政府制定现代农业发展规划,将发展“沂水苹果”作为全县高效农业支柱产业之一,并直接与辖区的政绩考核挂钩。每年定期召开生产技术交流现场会,派出业务干部学习新技术,加强果农培训;同时,县、乡两级还注意抓好产前、产中服务,引导成立苹果生产加工龙头企业,为果农解决了销售难的后顾之忧,使得苹果生产与管理水平不断得到提升,农民增收效果显著。同时努力抓好品牌建设,把品牌优势转变为市场优势、经济优势,开发苹果产业多种功能区,丰富创意果业内容,促进果业与旅游、教育、文化、康养等产业深度融合,合理空间布局,打造休闲观光采摘园区,持续推动沂水苹果产业做大做强。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业部公告第 1517 号: 2010 年第六批农产品地理标志产品公告信息 [A]. 2010-12-24.
- [2] 申为宝, 陈修会. 临沂果茶志 [M]. 北京: 方志出版社, 2005: 75.
- [3] 彭静. 山东沂水苹果矮化密植集约栽培现状、存在问题及解决对策 [J]. *果树实用技术与信息*, 2018(6): 43-44.
- [4] 陈修会, 范开业, 高峰, 等. 临沂市水果产业供给侧优化转型的推进思路 [J]. *中国果业信息*, 2017, 34(5): 11-15.
- [5] 刘艳, 陈修会, 张建达, 等. 临沂市水果产业绿色发展的调研报告 [J]. *中国果业信息*, 2018, 35(6): 12-13, 15.
- [6] 黄驴登. 沂水县志 [M]. 清康熙十一年 (1672) 刻本.
- [7] 李希贡修. 蕃汪莘纂. (乾隆) 沂州府志 [M]. 乾隆二十五年 (1760) 刻本.
- [8] 吴树声撰. 沂水桑麻话 [M]. 咸丰三年 (1853) 刻本.
- [9] 徐国菊, 牛纪全, 黄洁. 沂水县稀有中国苹果资源品种简介 [J]. *落叶果树*, 2011, 43(3): 53-54.
- [10] 刘振岩, 李震三. 山东果树 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 503.
- [11] 牛庆法, 江兆平, 耿宗琴, 等. 苹果新品种沂水仲秋富士选育及丰产栽培技术研究 [J]. *中国林副特产*, 2005(4): 3-4.
- [12] 彭静. 山东沂水矮砧苹果集约化栽培技术 [J]. *北方果树*, 2018(3): 39-40.
- [13] 农业部环境保护科研监测所. 无公害食品 苹果产地环境条件: NY 5013—2001 [S]. 中华人民共和国农业部, 2001.
- [14] 国家(杨凌)农业技术转移中心, 国家(杨凌)旱区植物品种权交易中心. 现代农业技术服务体系集成 苹果技术服务体系集成 [M]. 西安: 陕西新华出版传媒集团, 陕西科学技术出版社, 2016: 48.
- [15] 高文胜, 吕德国. 苹果有袋栽培基础 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 221.
- [16] 王富青. 沂水县矮砧苹果标准化栽培技术规程 [J]. *北方果树*, 2016(6): 20-21.
- [17] 申为宝, 李峰. 红富士苹果优质高产栽培技术 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1997: 186.
- [18] 农业部种植业管理司, 全国农业技术推广服务中心. 园艺作物无公害栽培新技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 37.

国农业科学, 2006, 39(7): 1336-1345.

- [7] 张洪程, 吴桂成, 李德剑, 等. 杂交粳稻 13.5 t/hm<sup>2</sup> 超高产群体动态特征及形成机制的探讨 [J]. *作物学报*, 2010, 36(9): 1547-1558.
- [8] 蔡之军, 周德银, 高荣村, 等. 光身型粳稻嘉 58 籽粒灌浆特性分析 [J]. *浙江农业学报*, 2015, 27(7): 1117-1121.
- [9] 李刚华, 张国发, 陈功磊, 等. 超高产常规粳稻宁梗 1 号和宁梗 3 号群体特征及对氮的响应 [J]. *作物学报*, 2009, 35(6): 1106-1114.
- [10] 韦还和, 李超, 张洪程, 等. 水稻甬优 12 超高产群体分蘖特性及其与群体生产力的关系 [J]. *作物学报*, 2014, 40(10): 1819-1829.
- [11] 朱德峰, 林贤青, 曹卫星. 超高产水稻品种的根系分布特点 [J]. *南京农业大学学报*, 2000, 23(4): 5-8.
- [12] 韦还和, 姜元华, 赵可, 等. 甬优系列杂交稻品种的超高产群体特征 [J]. *作物学报*, 2013, 39(12): 2201-2210.
- [13] 周昌洪. 高产群体质量栽培技术在水稻的应用 [J]. *农技服务*, 2016, 33(5): 87.