

# 稻蟹种养不同模式光合效率及综合效益分析

马亮, 董立强, 张睿, 张悦, 郭晶晶, 商文奇, 李跃东\*

(辽宁省水稻研究所, 沈阳 110101)

**摘要:**为探明不同栽植模式杂交粳稻群体产量、光合特征及经济效益的变化,于2019年在辽宁省盘锦市、东港市进行大田试验研究,以杂交粳稻辽优9906为试验材料,设置3种高光效栽植模式和1种当地常规栽植模式,分析了不同栽植模式下2个生态区的水稻产量、光合特征和稻田经济效益。结果表明:宽窄行栽植模式可在保障有效穗数的基础上提高40 cm、60 cm冠层透光率,优化光合参数,实现水稻高产;而12比空栽植模式可优化河蟹栖息环境,增加河蟹产出量,提高综合经济效益。12比空栽植模式在高产生态区盘锦试验点在保证水稻产量的基础上,增加河蟹产出量提升综合收益,宽窄行在东港试验点在稳定河蟹产出量基础上增加水稻产量提升综合收益。

**关键词:**杂交粳稻;高光效模式;光合特性;效益

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)05-0001-06

## Analysis on Photosynthetic Characteristics and Economic Benefits of Rice Crab Cultivation in Different Modes

MA Liang, DONG Liqiang, ZHANG Rui, ZHANG Yue, GUO Jingjing, SHANG Wenqi, LI Yuedong\*

(Liaoning Rice Research Institute, Shenyang 110101, China)

**Abstract:** In order to explore the changes of yield, photosynthetic characteristics and economic benefits of japonica hybrid rice under different cultivation modes, field experiments were conducted in Panjin and Donggang cities of Liaoning Province in 2019. Three high light efficiency cultivation modes and one local conventional cultivation mode were set up with japonica hybrid rice Liaoyou 9906 as experimental material. The rice yield, photosynthetic characteristics and paddy field economy of two ecological regions under different planting modes were analyzed. The results showed that the wide narrow row cultivation mode could improve the light transmittance of 40 cm and 60 cm canopy, optimize the photosynthetic parameters and achieve high yield of rice on the basis of ensuring the productive panicle number, while the planting mode of "planting 12 ridges and empty 1 ridge" can optimize the habitat of river crab, increase the output of river crab and improve the comprehensive economic benefits. In the high yield ecological region, Panjin experimental site increased the yield of river crab and enhanced the comprehensive income by ensuring the rice yield. The planting mode of "alternately planting of broad line and narrow line" increased rice yield and comprehensive income on the basis of stabilizing crab output in Donggang experimental site.

**Key words:** Japonica hybrid rice; High light efficiency mode; Photosynthetic characteristics; Economic benefits

辽宁省滨海盐碱稻区位于渤海、黄海之滨,其中辽宁省盘锦市拥有约12万公顷稻田、东港市约3万公顷稻田,两地生产的大米、河蟹已经成为一大品牌<sup>[1-4]</sup>。近些年品牌农业的发展、环境友好型的要求、种稻者效益提升的迫切愿望,为本地

区稻作生产指明了新方向<sup>[5-6]</sup>。然而盘锦地区生产成本逐年上涨、稻田管理投入资金较大、稻田种养整体效益不高;东港地区受气候因素影响,八月份阴雨寡照、病虫害易发、光热资源不同步,造成高产稳产性差,对本地区水稻种植影响较大<sup>[7-9]</sup>。杂交粳稻较常规稻具有生物量大、光和参数良好、产量潜力大的特点,可为本地区水稻高产稳产提供保障<sup>[10-11]</sup>。利用不同栽植方式配置,可增强行间边际效应,优化群体通风透光,改善稻田土壤-水体环境,增加稻蟹种养共生物栖息空间,降低病虫害的发生,提升稻田综合收益<sup>[2,6,12-13]</sup>。

收稿日期:2020-10-26

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFD0300700);辽宁省农业科学院院长基金项目(2020-QN-2411)

作者简介:马亮(1981-),男,副研究员,硕士,主要从事水稻病虫害防控和优质栽培技术研究。

通讯作者:李跃东,男,硕士,研究员,E-mail: daozuosuo@126.com

随着农业农村的快速发展、科技的不断革新和进步,大量专家学者对此模式进行了研究,但主要趋向于生态环境<sup>[14-15]</sup>、水体水质<sup>[14,16]</sup>、土壤变化<sup>[16-18]</sup>、物质积累<sup>[19-22]</sup>、植保效应<sup>[9,15,21]</sup>以及河蟹的生长发育等方面<sup>[3,6,7,14]</sup>,对高光效模式下水稻产量及综合效益研究颇为少见。本研究结合本地区稻田光照缺乏、效益不高、病虫害易发等环境因素,以高光效模式下稻蟹综合种养为切入点,研究不同模式下水稻生长规律,以及水稻和河蟹的产出量,并对其投入及产出进行比较分析,以期为滨海盐碱稻区水稻种植业发展提供方法指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

辽优 9906:辽宁省水稻研究所辽 99A 为母本、C2106 为父本配组育成的杂交水稻组合,2011 年 1 月通过辽宁省农作物品种审定委员会审定(辽审稻 2010242)。河蟹[中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*),文中简称河蟹]:盘山县河蟹研究所提供,投放规格为 180 只/kg 扣蟹。

### 1.2 试验设计

以辽优 9906 为试验材料,选择辽宁省盘山县(41.16°N, 122.26°E, 高产型生态区)、东港市(39.97°N, 124.06°E, 病害易发生生态区)2 个具有代表性的水稻生产区,4 种栽植模式, M<sub>1</sub>: 12 比空模式(行株距配置为 30 cm×18 cm, 久保田 6 行高速 SPV-6CMD 乘坐式水稻插秧机插秧,即栽植 12 行空 1 行,空行不栽植水稻), M<sub>2</sub>: 宽窄行模式(行株距配置为(37+17) cm×18 cm, 锦禾 2ZG-8KZ 高速插秧机插秧), M<sub>3</sub>: 宽窄行不等距栽植模式(行株距配置为(37+17) cm×(14+22) cm, CK: 常规栽植模式(行株距配置为 30 cm×18 cm)。为贴近当地生产实际,研究中均以大区机械化作业区为样本,每个处理作业区域不低于 6 670 m<sup>2</sup>,以稻蟹种养防逃网间隔,各小区单独肥水管理,移栽后选择作业区中 667 m<sup>2</sup> 作为固定调查区域,每个作业区选择 3 次重复。

于 2019 年 5 月 16 日插秧,秧苗均来自本试验研究基地工厂化育苗温室,为保障河蟹生长发育所需环境,减少中期管理农事操作,试验田一次性施入 1 050 kg/hm<sup>2</sup> 稻田种养专用肥料(N:P:K=20:7:9),中后期不再施肥。

### 1.3 测定项目与方法

#### 1.3.1 茎蘖动态

每小区选择长势均匀连续 24 穴定点调查

茎蘖消长动态,每隔 7 d 调查一次(CK 处理相邻两行各 12 株、12 比空处理垂直于单元格横向每行 2 株、宽窄行处理每行 12 株,以下调查项目同此)。

#### 1.3.2 光合参数

于齐穗期用 SPAD-502 型叶绿素仪活体测定植株剑叶叶绿素含量,用 LI-6400 便携式光合仪(Lincoln, Nebraska, USA)测定剑叶的光合指标。

#### 1.3.3 透光率

于齐穗期的晴天 9:00~10:00,使用 LP80 冠层分析仪测定各小区冠层顶部的自然光强 IO 和从植株茎基部开始每 20 cm 测一次群体内光强 IF,重复 5 次,计算透光率,测量时冠层分析仪垂直于田间垄向。透光率  $T=IF/IO$ , IF 为某一叶层处的光强, IO 为群体冠层顶部自然光强。

#### 1.3.4 产量和成本分析

成熟期,每个小区选取长势均匀的 24 穴植株调查有效穗数,并求出每穴的平均有效穗数,进行考种,分别考查穗粒数、成粒率(每穴实粒数/每穴总粒数)、千粒重等产量构成因素,每个处理实收,折合 14.5% 含水量,计算小区实际产量。于收获前 10 d 收捕螃蟹,收捕后整体称重,随后分拣雌雄蟹,统计河蟹数量、产量,计算河蟹回捕数量占放养数量的百分比,得出回捕率。经济效益分析为当地生产过程中 2018~2019 年用工费用和农业生产资料销售价格平均值,收入为产出物具体销售金额。

### 1.4 数据计算和统计分析

使用 Microsoft Excel 2010 进行数据处理和图表绘制,利用 SPSS 19.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同模式下杂交粳稻产量及其生长特性

#### 2.1.1 不同模式下杂交粳稻产量及其构成因素

对不同模式下辽优 9906 产量及其构成因素分析可知(表 1),产量方面盘锦试验点整体高于东港,主要来源于成熟期有效穗数的差异。盘锦 M<sub>2</sub> 模式产量最高、M<sub>3</sub> 次之,分别为 10 779.78、10 707.63 kg/hm<sup>2</sup>,两者无显著差异,且都显著高于其他处理;有效穗数 M<sub>1</sub> 显著低于其他处理,这是移栽穴数低造成的结果;千粒重各处理间差异不显著;一级枝梗数 M<sub>3</sub> 最高,显著高于 CK;每穗成粒数、结实率均为 CK 最低, M<sub>2</sub> 模式最高,这说明高光效栽植模式有利于盘锦高产型稻田每穗成粒数的增加。东港 M<sub>3</sub> 模式产量最高、M<sub>2</sub> 次之,分别为 9 638.66 kg/hm<sup>2</sup>、9 605.84 kg/hm<sup>2</sup>,两者无显著差异,且都显著高于

表1 不同模式下辽优9906产量及其构成因素

地点	方式	有效穗数 (万穗/hm <sup>2</sup> )	一级枝梗数	每穗成粒数	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
盘锦	M <sub>1</sub>	341.6b	12.3ab	118.0ab	90.4a	25.4a	10 075.69b
	M <sub>2</sub>	359.3a	12.4ab	120.2a	91.7a	25.3a	10 779.78a
	M <sub>3</sub>	360.5a	12.7a	119.4a	90.8a	25.2a	10 707.63a
	CK	355.1a	12.2b	114.7b	86.8b	25.3a	10 101.56b
东港	M <sub>1</sub>	303.9c	12.3ab	119.9a	90.3ab	25.4a	9 087.86b
	M <sub>2</sub>	318.8b	12.4ab	122.3a	90.5ab	25.3a	9 605.84a
	M <sub>3</sub>	330.1a	12.7a	121.4a	91.4a	25.2a	9 638.66a
	CK	306.8c	12.2b	118.6a	88.1b	25.5a	9 079.33b

注:同一试验点,同列数据带相同的小写字母表示该处理间差异未达显著水平( $P<0.05$ ),下同

其他处理;M<sub>3</sub>模式下有效穗数最高,且与其他处理达到显著水平;一级枝梗数和结实率均为M<sub>3</sub>最高,与CK差异达到显著水平,但与其他处理差异不显著;每穗成粒数和千粒重各处理间差异不显著,这说明高光效栽植模式有利于东港地区水稻分蘖成穗以提高产量。

### 2.1.2 不同模式下杂交粳稻茎蘖动态及成穗率

对不同时期茎蘖动态分析可知(图1),拔节期后盘锦试验点整体上较东港试验点茎蘖数高,这是不同生态区地域环境因素造成的。2个生态区茎蘖数均表现为先增加后降低,抽穗期达到最高,最后平稳的趋势。两个地区机插秧作业的基本苗为77.7万~95.2万株/hm<sup>2</sup>,盘锦试验点茎蘖数在全生育期一直表现为M<sub>1</sub>模式最低,最高值出

现在抽穗期M<sub>2</sub>模式,为486.2万株/hm<sup>2</sup>,拔节期、齐穗期和成熟期均为M<sub>3</sub>最高;东港试验点茎蘖数在全生育期一直表现为M<sub>3</sub>模式最高、M<sub>1</sub>模式最低,其中在抽穗期M<sub>3</sub>模式达到最高值,为404.0万株/hm<sup>2</sup>;相对于盘锦试验点,东港茎蘖数少,这也使得其M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>两种模式也较常规模式成穗率提高,而盘锦地区M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>两种模式的茎蘖数基数大,使得成穗率相对较低。在两个试验点中M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>在拔节期后均保持较高的茎蘖数,M<sub>1</sub>模式尽管较CK少了7.7%的基本苗数,移栽后产生边际效应降低了这一差距,保障了茎蘖成穗率,这也是M<sub>1</sub>模式的优越性所在。综上结果,本研究中的3种高光效模式均可满足高产群体构成所需的合理茎蘖数要求。

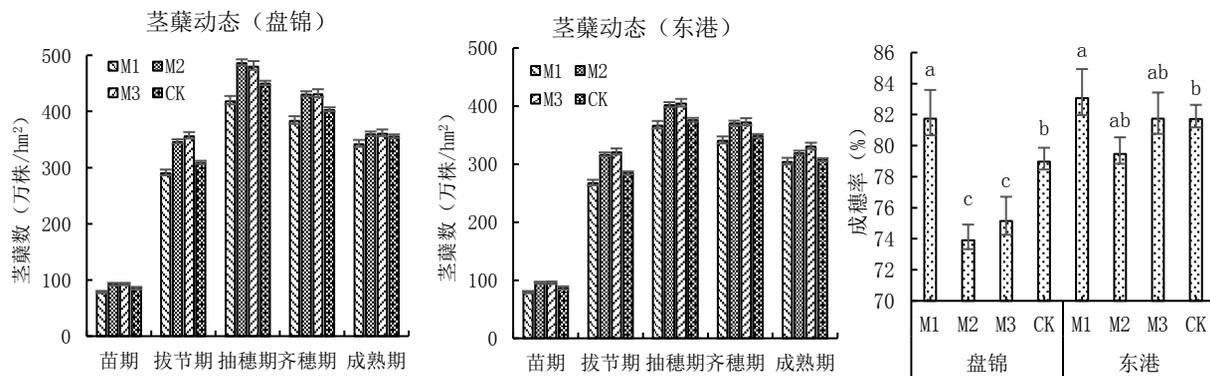


图1 不同模式下辽优9906茎蘖动态及茎蘖成穗率

### 2.1.3 不同模式下杂交粳稻剑叶光合参数

对不同模式下辽优9906水稻剑叶光合参数分析可知(表2),2个试验点SPAD均为M<sub>3</sub>模式最高、CK最低,且差异达到显著水平;净光合速率盘锦试验点M<sub>2</sub>模式最高,为30.50  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,处理间差异未达到显著水平,东港试验点M<sub>3</sub>模式最高、M<sub>2</sub>次之,显著高于其他处理;气孔导度盘锦试验点CK最高、M<sub>1</sub>次之,且两者显著高于其他处

理,东港试验点M<sub>2</sub>模式最高、M<sub>3</sub>次之,且两者显著高于其他处理;胞间CO<sub>2</sub>浓度盘锦试验点M<sub>2</sub>模式显著低于CK,其他模式与CK差异不显著,东港试验点三种高光效模式与CK均无显著差异,但M<sub>1</sub>模式显著低于M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>;蒸腾速率盘锦试验点三种高光效模式之间无显著差异,只有M<sub>2</sub>显著低于CK,东港试验点M<sub>2</sub>最高、M<sub>3</sub>次之,显著高于其他处理。说明高光效模式较常规模式可提高水稻个

表2 不同模式下辽优9906齐穗期剑叶光合参数

地点	方式	SPAD	净光合速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	气孔导度 [ $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	蒸腾速率 [ $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]
盘锦	M <sub>1</sub>	42.51c	29.91a	0.61ab	222.08ab	4.46ab
	M <sub>2</sub>	44.81b	30.50a	0.59c	215.03b	4.33b
	M <sub>3</sub>	46.52a	30.21a	0.60bc	218.08ab	4.38ab
	CK	41.49c	29.69a	0.62a	223.95a	4.50a
东港	M <sub>1</sub>	40.71b	27.21b	0.47b	223.08b	4.08b
	M <sub>2</sub>	44.21a	29.10a	0.75a	236.03a	5.08a
	M <sub>3</sub>	45.32a	29.61a	0.74a	233.08a	5.05a
	CK	39.69b	25.79c	0.47b	229.95ab	4.10b

体光合参数,提高光合作用效率,光照不足的东港试验点提高明显。

#### 2.1.4 不同模式下杂交粳稻齐穗期群体透光率

对不同模式下辽优9906透光率分析可知(图2),4种模式的透光率均为基部透光率最低,随着距基部距离增大,透光率提高,不同模式各层次透光率变化不一,总体表现为M<sub>3</sub>模式透光率最高。2个试验点M<sub>3</sub>处理40cm、60cm、80cm冠层

透光率显著高于其他处理,盘锦试验点和东港试验点分别为35.2%、66.4%、89.2%和27.2%、44.9%、93.0%;盘锦试验点60cm冠层M<sub>1</sub>模式最低,80cm冠层CK最低;东港试验点60cm冠层CK最低,80cm冠层M<sub>2</sub>模式最低。说明尽管高光效M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>模式茎蘖数增加了,但其依然保持良好的群体结构,底部冠层受光姿态良好,有利于叶片进行光合作用。

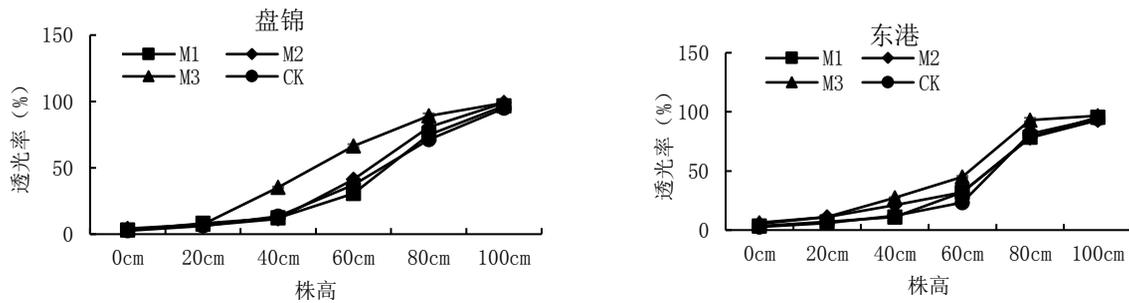


图2 不同模式下辽优9906齐穗期各冠层透光率

## 2.2 不同模式下河蟹产出量及稻田经济效益

### 2.2.1 不同模式下稻田种养产出品收获量

由表3可知,同一地点不同模式对河蟹回捕率影响并不大,总体而言盘锦河蟹的回捕率高于东港,雌蟹的回捕率略高于雄蟹。河蟹差异主要来源于>100g的雄蟹和<100g的雌蟹的重量,其中M<sub>1</sub>模式产出量最高且河蟹质量等级最优,CK的产出量和质量等级最低,这是优化栽植模式光能利用率提高,有利于底层河蟹生存作用的结果。

### 2.2.2 不同模式下杂交粳稻生产效益分析

由表4可知,生产成本方面2个试验点不同模式间的金额相同,盘锦试验点和东港试验点租地、人工、河蟹、收割、整地和肥料分别为27750元/hm<sup>2</sup>和26025元/hm<sup>2</sup>;管理投入差异来源于移栽苗数使用量的差异,其中M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>模式用苗量大较CK高出150元/hm<sup>2</sup>,M<sub>1</sub>模式较CK低150元/hm<sup>2</sup>;植保防控

M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>模式可降低纹枯病和稻瘟病发生概率,减少2次化学防控,盘锦和东港较CK分别可节约1200元/hm<sup>2</sup>和900元/hm<sup>2</sup>,M<sub>1</sub>模式因其12行空一行具有良好的通风透光可降低稻瘟病发生,减少1次化学防控,盘锦和东港较CK分别可节约750元/hm<sup>2</sup>和600元/hm<sup>2</sup>;收益方面稻谷收益来源于产量差异,两个地点的所有高光效模式中除了盘锦M<sub>1</sub>以外,均高于CK;2个试验点所有高光效模式河蟹收益均不低于CK,且M<sub>1</sub>模式最高,这是12比空栽植模式为河蟹提供良好的栖息环境作用的结果;净收益两个地点的所有高光效模式均高于CK,其中盘锦试验点M<sub>1</sub>模式最高,为15246.7元/hm<sup>2</sup>,较CK提高4059.7元/hm<sup>2</sup>,东港试验点M<sub>3</sub>最高为12667.4元/hm<sup>2</sup>,较CK提高2974.1元/hm<sup>2</sup>。说明高光效模式对于高产生态区可在保证产量的基础上,优化水稻底层环境,增加河蟹产出量以增加净收益;

表3 不同模式下稻田种养产出品收获量

地点	方式	稻谷 产量(kg)	雄蟹			雌蟹		
			<100 g重量(kg)	>100 g重量(kg)	回捕率(%)	<100 g重量(kg)	>100 g重量(kg)	回捕率(%)
盘锦	M <sub>1</sub>	10 075.7	25.1	166.1	49.6	143.6	5.8	49.8
	M <sub>2</sub>	10 779.8	36.4	136.0	49.4	120.8	3.6	49.7
	M <sub>3</sub>	10 707.6	35.6	137.0	49.4	120.8	3.6	49.7
	CK	10 101.6	58.1	104.0	49.6	115.9	3.6	49.8
东港	M <sub>1</sub>	9 087.9	31.2	144.9	45.6	134.9	6.8	47.7
	M <sub>2</sub>	9 605.8	46.8	113.3	45.6	129.1	2.6	47.4
	M <sub>3</sub>	9 638.7	46.0	114.4	45.6	129.1	2.6	47.4
	CK	9 079.3	45.2	110.3	45.6	124.1	2.6	47.4

表4 不同模式下杂交粳稻生产效益分析

元/hm<sup>2</sup>

项目	类别	盘锦				东港			
		M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	CK	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	CK
生产 成本	租地	16 500	16 500	16 500	16 500	14 250	14 250	14 250	14 250
	人工	3 000	3 000	3 000	3 000	2 700	2 700	2 700	2 700
	河蟹	6 000	6 000	6 000	6 000	6 750	6 750	6 750	6 750
	收割	450	450	450	450	375	375	375	375
	整地	600	600	600	600	600	600	600	600
	肥料	1 200	1 200	1 200	1 200	1 350	1 350	1 350	1 350
管理 投入	移栽	2 850	3 150	3 150	3 000	2 850	3 150	3 150	3 000
	植保	2 700	2 250	2 250	3 450	3 000	2 700	2 700	3 600
收益	稻谷	30 831.6	32 986.2	32 765.3	30 910.9	27 809.0	29 393.7	29 494.4	27 782.7
	河蟹	17 715.1	15 349.3	15 365.5	14 476.1	16 525.6	15 030.9	15 048.0	14 535.6
净收益		15 246.7	15 185.5	14 980.8	11 187.0	12 459.6	12 549.6	12 667.4	9 693.3

对于病害易发生生态区可优化水稻栽植模式,提高光效,降低植保防控费用,以提高净收益。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

宽窄行栽植模式可在保障有效穗数的基础上提高40 cm、60 cm冠层透光率、优化光合参数实现水稻高产,而12比空栽植模式可优化河蟹栖息环境增加河蟹的产出量,提高综合经济效益。12比空栽植模式在高生态区盘锦试验点在保证水稻产量的基础上增加河蟹产出量提升综合收益,宽窄行在东港试验点在稳定河蟹产出量基础上增加水稻产量提升综合收益。

#### 3.2 讨论

##### 3.2.1 不同模式下杂交粳稻产量的变化

房闵等<sup>[9]</sup>研究认为,提高抽穗后干物质的生产能力,提高叶片和叶鞘物质转换率是北方杂交粳稻提高产量的关键。本研究中盘锦试验点不同模式下有效穗数差异明显,宽窄行栽植的2种模式均可提高有效穗数,且每穗成粒数增加,形成

产量优势;吴文革等<sup>[22]</sup>研究认为,杂交稻生物产量的增加一方面因为叶面积的扩大,另一方面还得益于叶片功能期的延长,通过栽植模式提高杂交稻光效可进一步增加水稻产量。12比空栽植模式较常规栽植并未降低过多的有效穗数,最终未造成过大的产量差距。李杰等<sup>[23]</sup>研究认为,高效的杂交稻栽植模式的有效分蘖临界叶龄期至拔节期,超高产栽培条件下水稻生长平稳,无效分蘖发生少,高峰苗低,叶面积指数、光合势、干物质积累和群体生长高,有利于产量的形成,这与本研究中高光效模式下营养生长期茎蘖数平稳,成熟期成穗率高最终产量突出的结果一致。

##### 3.2.2 不同模式下杂交粳稻光合特性及冠层的变化

王海月等<sup>[24]</sup>研究认为,高产模式下杂交稻在足够群体茎蘖数的基础上形成的有效穗较多,后期能有效吸收养分,光合特性增强,齐穗-成熟期群体生长率、拔节-齐穗期光合势和齐穗期有效叶面积指数高,东港试验点由于生态气候因素,抽穗期阴雨寡照天数较多,光照资源不充足,本研究中宽窄行栽植模式下净光合速率较常规栽植

模式提高显著,说明此模式可高效利用本地区光照资源;郭长春等<sup>[25]</sup>对直播条件下杂交稻研究认为,除群体透光率、顶3叶叶张角、分蘖盛期LAI及干物质累积量外,各群体质量指标与籽粒产量均呈显著或极显著正相关,本研究中宽窄行栽植模式在较高茎蘖数的基础上依然保持40 cm、60 cm、80 cm冠层透光率,提高了功能叶光截获率;杂交稻叶系配置合理,叶片充实度好,冠层叶片由披散型改良为直立型,本研究通过改变栽植模式可优化不同冠层透光率,使个体光合特性良好,为产量提高打下基础,同时改善透光后河蟹生存环境得到改善,增加了河蟹的活动和生长空间,为河蟹的收获提供了环境基础。

### 3.2.3 不同模式下杂交水稻收益情况的变化

经济效益是驱动农业生产的主要动力,获得最大经济效益是确定试验的主要目的之一<sup>[26]</sup>。徐敏等<sup>[14]</sup>对不同密度下稻田的投入和产出以及综合经济效益比较的研究表明:水稻最佳栽培密度是单穴单株,养蟹稻田经济效益明显大于常规稻田,同时也取得较好的社会和生态效益。本研究中2个试验点12比空栽植模式的空行为河蟹提供了良好的栖息环境,增加了河蟹部分收益,弥补了水稻产量降低带来的损失;宽窄行栽植模式提高了稻谷产量,增加了水稻部分的收益,东港试验点尤为显著。栽植模式改变了研究试验区的植保防控方案,优化后可降低药剂使用次数及使用量;此外,良好的栖息环境增加了稻蟹生态种养田河蟹的产出量,进一步提高了综合经济效益。

### 参考文献:

- [ 1 ] 胡亮亮,唐建军,张 剑,等.稻-鱼系统的发展与未来思考[J].中国生态农业学报,2015,23(3):268-275.
- [ 2 ] 房 闵,史文华,姜艺晖,等.不同施肥处理下北方杂交水稻干物质积累转移特性及其与产量关系[J].生态学杂志,2019,38(5):106-111.
- [ 3 ] 侯文平,王成媛,张文香,等.栽培方式对有机栽培水稻产量与品质的影响[J].东北农业科学,2020,45(1):1-7.
- [ 4 ] 董立强,李 睿,商文奇,等.东北稻区肥料施用现状、存在的问题与应对策略[J].作物杂志,2017,33(6):17-22.
- [ 5 ] 胡志华,李大明,徐小林,等.不同有机培肥模式下双季稻田碳汇效应与收益评估[J].中国生态农业学报,2017,25(2):157-165.
- [ 6 ] 李嘉尧,常 东,李柏年,等.不同稻田综合种养模式的成本效益分析[J].水产学报,2014,38(9):1431-1438.
- [ 7 ] 尹彩侠,孔丽丽,李 前,等.优化施肥条件下有机肥部分替代化肥对水稻产量、养分吸收及转运的影响[J].东北农业科学,2020,45(6):59-63.
- [ 8 ] 李文明,罗 丹,陈 洁,等.农业适度规模经营:规模效益、产出水平与生产成本—基于1552个水稻种植户的调查数据[J].中国农村经济,2015,31(3):4-17,43.
- [ 9 ] 朱德峰,张玉屏,陈惠哲,等.中国水稻高产栽培技术创新与实践[J].中国农业科学,2015,48(17):3404-3414.
- [ 10 ] 周广春,孟维韧,全东兴,等.吉林省第八届优质食味水稻品种鉴评报告[J].东北农业科学,2018,43(6):1-4.
- [ 11 ] 张宏根,孔宪旺,朱正斌,等.粳稻三系亲本的性状特征与杂种优势分析[J].作物学报,2010,36(5):801-809.
- [ 12 ] 刘建丰,袁隆平,邓启云,等.超高产杂交稻的光合特性研究[J].中国农业科学,2005,38(2):258-264.
- [ 13 ] 陈进红,郭恒德,毛国娟,等.杂交粳稻超高产群体干物质生产及养分吸收利用特点[J].中国水稻科学,2001,15(4):271-275.
- [ 14 ] 徐 敏,马旭洲,王 武.稻蟹共生系统水稻栽培模式对水稻和河蟹的影响[J].中国农业科学,2014,47(9):1828-1835.
- [ 15 ] 孟宇辉,金文俊,董召荣,等.江淮地区不同水旱轮作模式的资源利用效率与经济效益比较[J].生态学杂志,2019,38(11):3357-3365.
- [ 16 ] 周 旋,吴良欢,戴 锋.生化抑制剂组合与施肥模式对黄泥田水稻产量和经济效益的影响[J].生态学杂志,2017,36(12):3517-3525.
- [ 17 ] 张 耗,余 超,陈可伟,等.直播方式对水稻生理性状和产量的影响及其成本分析[J].农业工程学报,2017,33(13):58-64.
- [ 18 ] 苑俊丽,梁新强,李 亮,等.中国水稻产量和氮素吸收量对高效氮肥响应的整合分析[J].中国农业科学,2014,47(17):3414-3423.
- [ 19 ] 房 闵,唐 亮,徐 海,等.北方杂交粳稻干物质积累转移特点及其与产量的关系[J].沈阳农业大学学报,2012,43(6):759-766.
- [ 20 ] 朱跃忠.不同氮磷钾处理对中浙优1号水稻产量、品质、养分吸收利用及经济效益的影响[J].中国水稻科学,2015,29(4):399-407.
- [ 21 ] 郑华斌,陈 灿,王晓清,等.水稻垄栽种养模式的生态经济效益分析[J].生态学杂志,2013,32(11):2886-2892.
- [ 22 ] 吴文革,张洪程,钱银飞,等.超级杂交中籼水稻物质生产特性分析[J].中国水稻科学,2007,21(3):287-293.
- [ 23 ] 李 杰,张洪程,钱银飞,等.两个杂交粳稻组合超高产生长特性的研究[J].中国水稻科学,2009,23(2):179-185.
- [ 24 ] 王海月,张 桥,武云霞,等.不同株距下氮肥减量配施运筹对机插杂交稻的产量及光合特性的影响[J].中国水稻科学,2019,33(5):447-456.
- [ 25 ] 郭长春,张 桥,孙永健,等.不同产量水平的杂交粳稻品种穴直播茎秆抗倒特性及其差异性比较[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2019,45(2):143-156.
- [ 26 ] 马 亮,董立强,田春晖,等.稻蟹生态种养产出量及经济效益试验研究[J].中国农业资源与区划,2020,41(11):38-48.

(责任编辑:刘洪霞)