

单本密植机插杂交晚稻产量形成特点研究

方升亮 单双吕 张恒栋 曹放波 陈佳娜 范龙

赵春容 王玉梅 周雪峰 黄敏 邹应斌*

(湖南农业大学 南方粮油作物协同创新中心,长沙 410128;* 通讯作者)

摘要:以杂交稻泰优 390 和隆晶优 1212 为材料,开展大田试验,在不同秧龄(15、20、25 和 30 d)下对单本密植机插和常规机插杂交晚稻的分蘖动态、干物质积累、产量及产量构成进行了比较。结果表明,在各秧龄下,单本机插的处理分蘖数均少于常规机插,但成穗率、每穗粒数和二次枝梗比常规机插平均高 18.36%、21.00%和 26.92%;单本机插分蘖中期的干物质积累量低于常规机插,但齐穗期和成熟期的干物质积累量要高于常规机插;单本机插分蘖中期、齐穗期和成熟期的单茎干物质量分别比常规机插高 0.02 g、0.11 g 和 0.37 g;单本机插在 15、20、25 和 30 d 秧龄下的产量分别较常规机插高 10.08%、11.08%、18.64%和 20.07%。由此可见,杂交晚稻采用单本密植机插,有利于控制无效分蘖,形成个体优势,增加二次枝梗数,扩大库容量,提高齐穗后群体干物质量,进而获得高产。

关键词:杂交晚稻;单本密植;机插;秧龄;干物质;产量

中图分类号:S511.04 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)04-0020-07

水稻作为我国三大粮食作物之一,有 60%以上的人口以稻米为主粮。近年来由于从事稻作生产劳动力短缺及老龄化严重,水稻生产人工成本升高,造成我国稻农种植水稻的积极性降低,双季稻改种单季稻的现象较为常见。邹应斌等^[1-3]认为,提高水稻栽插机械化水平是解决当前我国水稻生产的重要出路。随着机插秧技术的发展与完善,在生产上机插秧得到大面积的推广和应用,但发展过程中仍存在许多问题,如育秧用种量大造成秧苗素质差和育秧成本高,秧龄弹性小等^[2,4-5]。针对当前机插秧存在的问题,前人从用种量、移栽秧龄、育秧基质及方式、大田栽培技术入手,对秧苗素质、生育期、营养物质转运及产量形成等进行研究并取得了重要进展。本研究团队前期研究表明,杂交稻单本密植机插不仅可以降低双季晚稻用种量、提高秧苗素质,还能提高单产^[6-7],但其移栽秧龄对双季晚稻产量形成特点仍未进行研究。因此,本试验旨在探明单本密植机插模式下双季晚稻适宜的移栽秧龄、产量表现及其群体质量的特点,为单本密植机插杂交稻栽培技术的推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

大田栽培试验于 2016 年在湖南农业大学试验基地(浏阳市永安镇坪头村)进行。试验田前作为水稻。土壤有机质含量 38.41 g/kg,速效氮 74.43 mg/kg、速效磷

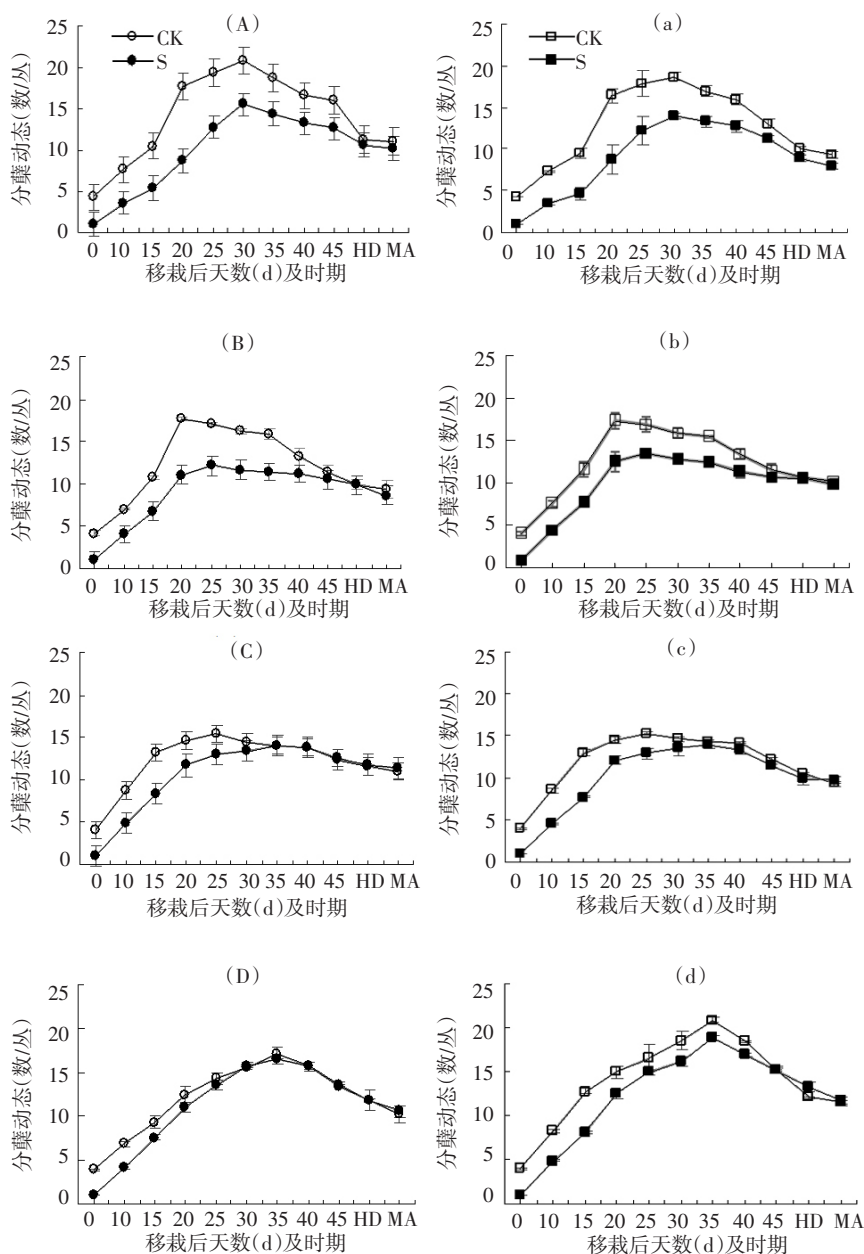
12.83 mg/kg、速效钾 114.53 mg/kg,pH 值 5.85。供试水稻品种为泰优 390(TY390)和隆晶优 1212(LJY1212),分别由湖南金稻种业有限公司和袁隆平高科技种业有限公司提供。

1.2 试验设计

试验采用硬质秧盘(58.0 cm×23.0 cm×2.5 cm)育秧苗,以秧田泥浆为基质,设 2 种播种方式:单本印刷播种(S)和常规播种(CK)。其中,单本印刷播种每盘用种量(干谷)分别为 14.4 g(泰优 390)和 14.1 g(隆晶优 1212),常规播种每盘用种量 2 个品种均为 80 g。所用种子均已通过光电比色机(安徽比达光电科技有限公司)剔除霉变和种壳脱落的种子。单本机插采用印刷播种机(江苏淮安汉德印刷机械有限公司)将水稻种子单粒等距定置于宽为 28.0 cm 的胶筒纸张上,即将种子集中分布于纸张中央区域,横向种子距离为 1.4 cm,共 16 粒,纵向种子距离为 1.7 cm,共 34 粒。田间播种时把附有种子的纸张平铺于秧盘上。常规机插育秧采用手工撒播方式,将已提前 1 d 浸种的湿谷播于秧盘上。2 种播种处理均在种子上覆盖 0.5 cm 左右厚的育秧基质,之后用农用喷雾器喷水至基质充分湿润。

试验采用裂区设计,秧龄为主区,6 月 25 日播种,秧龄为 15、20、25 和 30 d 时进行大田移栽,分别用

收稿日期:2017-06-19



A、B、C和D分别为隆晶优1212的15、20、25和30 d秧龄;a、b、c和d分别为泰优390的15、20、25和30 d秧龄。

图1 不同秧龄下单本机插和常规机插对杂交稻分蘖动态的影响

T15、T20、T25和T30表示;播种方式为主裂区,用S和CK表示;品种为副裂区。采用井关PZ80-25乘坐式高速插秧机移栽,行株距25 cm×11 cm,小区面积19.2 m²,3次重复。单本密植机插每丛栽插1株苗,常规机插每丛栽插4~5株苗。氮肥(纯N)施用量为150 kg/hm²,按基肥:分蘖肥:穗肥=5:2:3施用;磷肥(P₂O₅)用量75 kg/hm²,全部作基肥施用;钾肥(K₂O)用量150 kg/hm²,作基肥和穗肥2次等量施用。移栽前1 d施入基肥,氮

肥用尿素(46% N)、磷肥用过磷酸钙(12% P₂O₅)、钾肥用氯化钾(60% K₂O)。其余田间管理、病虫害及杂草防治同当地高产栽培。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 分蘖动态

移栽后10 d,每个小区定株10丛,每5 d对分蘖数进行调查1次,至齐穗期。

1.3.2 干物质量(单茎质量)及各时期叶面积指数

于分蘖中期(移栽后20 d)、齐穗期和成熟期每小区取样10丛,调查茎蘖数,并分样(分蘖中期按茎、叶分类,齐穗期按茎、叶、穗分类),采用LI-3000C便携式叶面积仪测量各时期的叶面积,将分类样品在105℃烘箱内杀青30 min,调至70℃烘干至恒重,测定干物质量,计算单茎质量和叶面积指数。

1.3.3 穗部性状、产量及其构成

于成熟期,按对角线取样法,从小区中间选取代表性植株10丛,随机挑选30个稻穗,测定穗长,调查一次枝梗数、一次枝梗上二次枝梗数、穗粒数,然后将所有稻穗手工脱粒后用自来水分离实粒和秕粒,称取3份30 g实粒和15 g秕粒,计数后在70℃下烘干至恒重,考察结实率和千粒重;将稻草在70℃下烘干至恒重,测定干物质量。成熟期总干物质量为样本稻草、实粒、秕粒和枝梗干质量之和。从每个小区中心收割5 m²用于测

产,折算成14%含水量的实收产量。

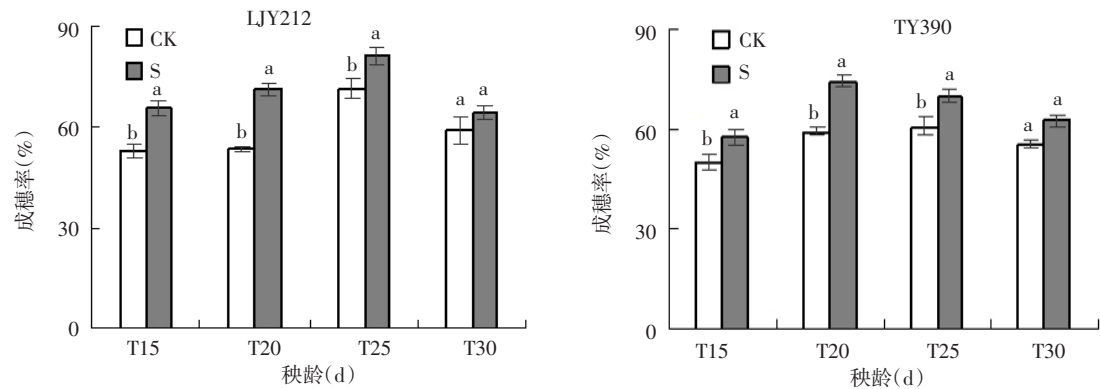
1.4 数据统计方法

采用Microsoft Excel 2003整理数据,Statistix 8.0统计软件进行数据分析,多重比较采用LSD法。

2 结果与分析

2.1 不同秧龄下单本密植机插杂交稻分蘖动态特征

如图1所示,不同秧龄、播种方式下机插杂交稻茎



同一秧龄不同播种方式下,柱形上方不同小写字母表示差异显著(P<0.05),相同小写字母表示差异不显著(P>0.05)。下同。

图 2 不同秧龄下单本机插和常规机插对杂交稻成穗率的影响

表 1 不同秧龄下单本机插和常规机插对杂交稻干物质生产及叶面积指数的影响

秧龄	品种	播种方式	干物质量(g/m ²)			单茎质量(g)			叶面积指数		收获指数 (%)
			MT	HD	MA	MT	HD	MA	MT	HD	
T15	LJY1212	S	67.3 b	1 079.5 a	821.9 a	0.11 a	0.55 a	2.30 a	0.81 b	6.79 a	52.02 a
		CK	75.9 a	970.5 a	738.6 b	0.09 b	0.47 b	1.79 b	1.26 a	5.76 b	51.80 a
	TY390	S	54.3 b	1 205.6 a	884.9 a	0.12 a	0.64 a	2.88 a	0.72 b	6.70 a	49.88 a
		CK	73.7 a	1 019.0 b	822.8 b	0.10 b	0.53 b	2.30 b	1.16 a	6.43 a	46.54 b
		平均	67.8	1 068.7	797.5	0.11	0.55	2.3	0.99	6.42	49.99
T20	LJY1212	S	79.9 b	1 170.3 a	807.7 a	0.13 a	0.55 a	2.53 a	1.07 b	7.29 a	49.02 a
		CK	96.6 a	1 037.4 b	777.2 a	0.11 a	0.46 b	2.16 b	1.47 a	6.66 a	50.27 a
	TY390	S	81.5 a	1 302.8 a	860.2 a	0.12 a	0.64 a	2.48 a	1.29 a	7.64 a	49.76 a
		CK	85.6 a	1 174.6 b	846.6 a	0.11 a	0.47 b	2.24 a	1.32 a	7.38 a	49.66 a
		平均	85.9	1 171.3	822.9	0.12	0.53	2.35	1.29	7.24 B	49.68
T25	LJY1212	S	106.6 a	1 457.8 a	874.3 a	0.16 a	0.58 a	2.42 a	1.55 a	8.80 a	51.49 a
		CK	112.0 a	1 287.8 b	800.6 b	0.15 a	0.47 b	1.86 b	1.59 a	7.85 b	45.78 b
	TY390	S	115.7 a	1 290.5 a	889.6 a	0.20 a	0.51 a	2.45 a	1.41 b	7.71 a	46.57 a
		CK	115.9 a	1 051.3 b	832.2 a	0.14 b	0.40 b	2.26 a	1.80 a	6.45 b	45.27 a
		平均	112.6	1 271.8	849.2	0.16	0.49	2.25	1.59	7.70 B	47.28
T30	LJY1212	S	116.2 b	1 571.5 a	986.9 a	0.17 a	0.55 a	2.42 a	1.55 b	10.84 a	39.47 a
		CK	135.5 a	1 330.4 b	844.1 b	0.15 a	0.45 b	1.99 a	2.23 a	10.11 a	37.73 a
	TY390	S	110.8 a	1 477.7 a	913.9 a	0.13 a	0.51 a	2.27 a	1.80 a	11.96 a	46.17 a
		CK	123.5 a	1 237.8 b	839.3 b	0.12 a	0.44 b	2.17 a	2.04 a	9.30 b	43.79 b
		平均	122.0	1 404.3	896.1	0.14	0.49	2.21	1.90	10.55	41.79

同一秧龄同一品种不同播种方式间不同字母表示在 0.05 水平差异显著; MT,HD 和 MA 分别代表分蘖中期,齐穗期和成熟期。下同。

蘖消长规律存在明显的差异。由于基本苗的不同,不同秧龄下分蘖数基本呈现常规机插>单本机插的趋势。单本机插的基本苗少,群体内竞争减少,充分利用了杂交稻分蘖能力强的特性,最终分蘖成穗率较高,不同播种方式下差异达到显著水平(除 30 d 秧龄外);单本机插杂交稻成穗率平均为 68.29%,较常规机插高 18.36% (图 2)。此外,在 20 d 和 25 d 秧龄下,单本机插较常规机插分蘖时间延长 5~10 d。与常规机插茎蘖消长大起大落相比,单本机插稳升缓落,高峰苗数低于常规机插,齐穗期、成熟期茎蘖数与常规机插均无显著差异。

2.2 不同秧龄下单本密植机插对杂交稻主要生育期群体和单茎干物质的影响

由表 1 可知,不同秧龄、播种方式下机插杂交稻主要生育期群体干物质积累和单茎质量存在明显差异。从群体干物质的变化来看,受秧龄条件的影响,杂交稻分蘖中期、齐穗期和成熟期的干物质积累量均表现为 T30>T25>T20>T15,且差异显著。不同播种方式下,杂交稻分蘖中期群体干物质积累量均表现为单本机插<常规机插,且差异显著;随着单本密植机插杂交稻群体的不断生长,齐穗期和成熟期干物质积累量表现为单本机插>常规机插,除 15 d、20 d 秧龄条件下各有 1 个品种外均达显著差异。从单茎干物质的变化来看,在不同的秧龄下,杂交稻分蘖中期单茎质量表现为 T25 最高,T30 次之,T15 最低;齐穗期单茎干物质随

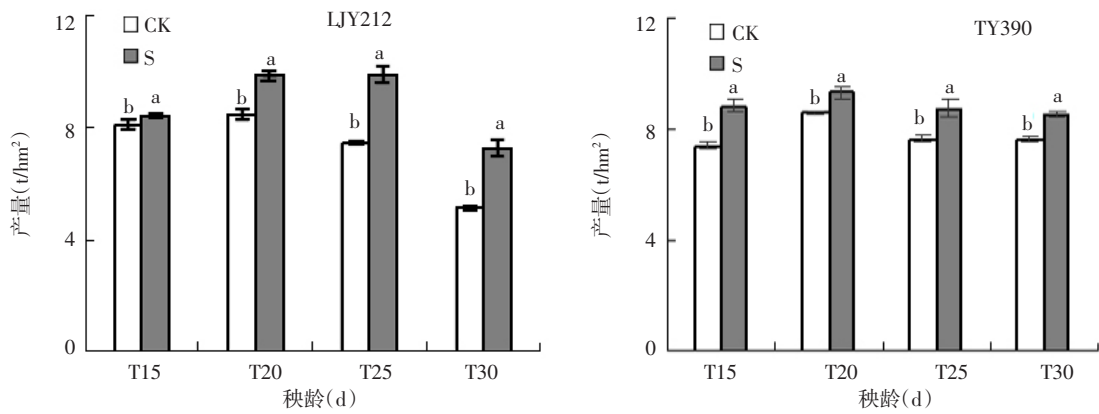


图 3 不同秧龄下单本机插和常规机插对杂交稻产量的影响

表 2 不同秧龄下单本密植机插杂交稻产量构成

秧龄	品种	播种方式	有效穗数 (穗/m ²)	每穗粒数 (粒)	颖花数 (×10 ³ /hm ²)	结实率 (%)	千粒重 (g)
T15	LJY1212	S	369.70 b	122.72 a	56.23 a	80.65 a	21.40 a
		CK	412.12 a	97.59 b	54.39 b	78.27 b	21.61 a
	TY390	S	295.76 b	140.30 a	55.06 a	75.37 a	22.82 a
		CK	338.18 a	99.97 b	44.87 b	75.34 a	22.65 a
		平均	353.94	148.99	51.89	77.41	22.12
T20	LJY1212	S	341.82 a	133.86 a	56.61 a	76.97 a	22.57 b
		CK	332.12 a	106.26 b	53.32 b	70.63 b	23.07 a
	TY390	S	358.79 a	127.11 a	56.61 a	80.48 a	21.44 b
		CK	372.12 a	109.31 b	53.32 a	76.43 a	21.78 a
		平均	351.21	156.39	54.79	76.13	22.21
T25	LJY1212	S	414.55 a	118.65 a	66.35 a	74.17 a	22.06 b
		CK	401.21 a	82.75 b	44.92 b	73.82 a	23.04 a
	TY390	S	355.15 a	105.03 a	52.48 a	71.06 a	23.95 a
		CK	349.09 a	92.51 b	45.98 b	70.26 a	24.40 a
		平均	380.00	137.90	52.43	72.33	23.36
T30	LJY1212	S	384.24 a	84.67 a	59.69 a	54.43 a	23.60 b
		CK	381.82 a	64.67 b	47.19 b	52.32 a	24.26 a
	TY390	S	427.88 a	98.13 a	69.41 a	60.48 a	22.56 b
		CK	418.18 a	81.96 b	59.28 b	57.93 a	22.75 a
		平均	403.03	145.92	58.89	56.29	23.29
方差分析							
秧龄			**	**	**	**	**
播种方式			ns	**	**	*	ns
秧龄×播种方式			ns	ns	ns	ns	ns

ns 代表处理间差异未达到 0.05 显著水平;“*”代表处理间差异达到 0.05 显著水平;“**”代表处理间差异达到 0.01 极显著水平。下同。

着秧龄的增长逐渐降低,由 0.55 g 下降至 0.49 g;成熟期则无明显规律。不同播种方式下,分蘖中期、齐穗期和成熟期单茎干物质质量均表现为单本机插>常规机插,且齐穗期差异达显著水平,分蘖中期、齐穗期和成熟期单茎质量平均较常规机插高分别高出 0.02 g、0.11 g 和 0.37 g。

2.3 不同秧龄下单本密植机插对杂交稻主要生育期叶面积指数和收获指数的影响

从表 1 可见,不同秧龄、播种方式下机插杂交稻主要生育期叶面积指数和收获指数存在明显差异。随着

秧龄期的延长,分蘖中期和齐穗期的叶面积指数均增大,分别在 0.99~1.90 和 6.42~10.55 间,且差异显著。不同播种方式下,分蘖中期叶面积指数均表现为单本机插<常规机插,而齐穗期叶面积指数则相反。不同秧龄下,收获指数随着秧龄期的延长而降低,差异达显著水平;单本机插收获指数高于常规机插。

2.4 不同秧龄下单本密植机插对杂交稻产量及产量构成的影响

由图 3 可知,杂交稻在不同秧龄条件下产量差异达显著水平,以 T20 产量最高,平均为 9.06 t/hm²,分别

表 3 不同秧龄下单本密植机插杂交稻穗部性状表现

秧龄	品种	播种方式	穗长 (cm)	一次枝梗数	二次枝梗数	着粒密度 (粒/cm)
T15	LJY1212	S	21.97 a	13.90 a	28.67 a	6.94 a
		CK	21.07 a	11.73 b	23.03 b	5.92 b
	TY390	S	22.80 a	15.70 a	32.40 a	8.17 a
		CK	20.87 b	14.13 b	17.37 b	6.36 b
		平均	21.68	13.87	25.37	6.85
T20	LJY1212	S	22.23 a	15.97 a	29.80 a	7.83 a
		CK	21.60 a	14.10 b	23.60 b	6.99 a
	TY390	S	21.80 a	14.07 a	34.07 a	7.24 a
		CK	21.53 a	13.20 a	24.70 b	6.66 a
		平均	21.79	14.33	28.04	7.18
T25	LJY1212	S	21.37 a	14.40 a	26.30 a	7.49 a
		CK	20.10 a	12.23 b	18.37 b	5.60 b
	TY390	S	22.40 a	15.67 a	21.00 a	6.59 a
		CK	21.27 a	14.10 b	13.33 b	6.20 a
		平均	21.28	14.10	19.75	6.47
T30	LJY1212	S	22.83 a	15.30 a	21.57 a	6.84 a
		CK	22.30 a	14.73 a	15.90 b	5.56 a
	TY390	S	22.57 a	13.93 a	26.47 a	7.18 a
		CK	22.20 a	13.43 a	24.67 b	6.40 b
		平均	22.48	14.35	22.15	6.50
方差分析						
秧龄			**	ns	**	**
播种方式			**	**	**	**
秧龄×播种方式			ns	ns	ns	ns

比 T25、T15 和 T30 增产 6.95%、9.71%和 21.19%,单本机插杂交稻产量在 T20 和 T25 处理基本一致,显著高于 T15 和 T30 处理的产量。不同播种方式下,杂交稻产量均表现为单本机插>常规机插,且差异显著。单本机插平均产量较常规机插增产 14.96%;在 15、20、25 和 30 d 秧龄条件下,单本机插平均产量较常规机插分别增产 10.08%、11.08%、18.64%和 20.07%。此外,单本机插杂交稻在 T30 条件下的平均产量较常规机插在 T15、T25 下的平均产量增产 1.99%和 4.44%,即单本机插秧龄延长 15 d 左右,仍然能够获得较高产量。

从表 2 可见,随着秧龄的延长,参试品种结实率显著降低。不同的播种方式下,除 T15 的有效穗数外,其余各秧龄条件下有效穗数受播种方式的影响较小;每穗粒数受播种方式的影响较大,均表现为单本机插>常规机插,且差异显著,单本机插较常规机插高 21.00%;单位面积颖花数的变化与每穗粒数变化基本一致。

2.5 不同秧龄下单本密植机插对杂交稻穗部性状的影响

由表 3 可以看出,不同秧龄和播种方式对机插杂交稻穗部性状产生明显影响,主要表现在穗长、二次枝梗数和着粒密度上。在 T20 条件下,二次枝梗数和着粒密度均最大。不同播种方式下,单本密植机插的穗长、

一次枝梗数、二次枝梗数和着粒密度均高于常规机插,且二次枝梗数显著增加 26.92%。

3 讨论

本试验从机插秧用种量大及其双季稻晚稻秧龄弹性入手。首先,对育秧环节进行改进与完善,将杂交稻种子进行色选,通过印刷播种对种子进行单粒等距精准定位,为秧苗创造良好的生长空间,解决了秧苗素质差的问题,同时用种量控制在 20 g/盘以内,较农民常规机插 80~150 g/盘用种量显著降低,也比滕飞等的结果低^[8-9]。其次,适宜秧龄能够形成高质量群体而获得高产。秧龄期过短造成双季稻区“早稻抢收,晚稻抢插”的季节矛盾冲突和劳动力不足的问题突出;秧龄期过长导致机插移栽时秧苗机械损伤严重,返青期增长,秧苗干质量与糖氮比大幅降低,根系生长严重受抑^[9],生育后期温度过低不能正常抽穗扬花,从而导致减产。研究表明,适宜的机插秧龄条件下,茎鞘内淀粉含量、糖氮比、根冠比、秧苗干质量以及栽后田间发根力均较高^[10-15]。龚振恺等^[16]研究认为,适龄移栽机插稻群体茎蘖动态合理,有利于形成足穗、氮的吸收、物质生产与积累,塑造良好株型,使群体有较大的库容量(总颖花数),达到壮秆大穗,有利于实现高产。从移栽秧龄来

看,通常要求 20 d 左右的小苗壮苗,不仅适插性好,而且栽后返青快,可充分发挥中叶位分蘖潜力^[17-18]。本试验中,在 20 d 和 25 d 秧龄下产量差异不显著,表现较好;同时,单本机插较常规机插分蘖时间延长 5~10 d,由于其基本苗少,群体内竞争减少,充分利用杂交稻分蘖能力强的特性,形成平均 68.29%的成穗率,较常规机插高 18.36%。此外,与常规机插茎蘖消长起大落相比,单本机插稳升缓落,高峰苗低于常规机插,形成较高的单茎质量,获得较好的群体质量。

大量研究认为,机插水稻产量随着秧龄期的延长而显著降低,主要是由于秧龄过长使水稻群体茎蘖数减少,导致单位面积总颖花数下降和结实率降低^[11,15,19]。本试验结果表明,常规机插杂交稻产量在 20 d 秧龄时最高,达 8.52 t/hm²,比 15 d 秧龄的处理高 9.15%,比 25 d 秧龄和 30 d 秧龄的处理分别高 11.38%和 25.12%,与前人研究结果基本一致。单本机插杂交稻产量 20 d 秧龄和 25 d 秧龄基本一致,显著高于 15 d 秧龄和 30 d 秧龄处理的产量。但单本机插杂交稻在 30 d 秧龄下的平均产量较常规机插在 15 d 和 25 d 秧龄的平均产量增加 1.99%和 4.44%,即与生产上 15 d 秧龄的常规机插相比,单本机插在 30 d 左右的秧龄下,杂交稻仍能获得较高产量。分析其原因主要是通过增加二次枝梗数增大其库容量来获得高产。

4 结论

与常规机插相比,单本密植机插主要是通过控制分蘖形成个体优势,提高齐穗后群体干物质质量,增加二次枝梗数来增大库容量,进而获得高产。此外,单本密植机插在秧龄为 20~25 d 时产量较高,与常规机插相比,延长 15 d 左右秧龄仍可获得较高产量。

参考文献

[1] 邹应斌. 长江流域双季稻栽培技术发展 [J]. 中国农业科学, 2011, 44(2):254-262.

- [2] 朱德峰, 陈惠哲. 水稻机插秧发展与粮食安全 [J]. 中国稻米, 2009, 15(6):4-7.
- [3] 朱德峰, 陈惠哲, 徐一成, 等. 我国双季稻生产机械化制约因子与发展对策[J]. 中国稻米, 2013, 19(4):1-4.
- [4] 马均, 孙永健, 苟永成, 等. 杂交稻钵形毯状育秧机插不同播种密度与秧龄研究[J]. 中国稻米, 2011, 17(3):11-14.
- [5] 李刚华, 刘正辉, 唐设, 等. 南方水稻机插现状与发展分析[J]. 中国稻米, 2015, 21(5):7-12.
- [6] 谢小兵, 王玉梅, 黄敏, 等. 单本密植机插对杂交稻生长和产量的影响[J]. 作物学报, 2016, 42(6): 924-931.
- [7] Huang M, Tang Q Y, Ao H J, et al. Yield potential and stability in super hybrid rice and its production strategies [J]. *J Integr Agric*, 2017, 16(5): 1 019-1 017.
- [8] 滕飞, 陈惠哲, 朱德峰, 等. 播种量对水稻机插秧苗成毯性及素质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(3):398-403.
- [9] 钟平, 陈川, 庄春, 等. 杂交稻机插秧印刷播种技术的应用[J]. 浙江农业科学, 2012(4):453-455.
- [10] 张祖建, 王君, 郎有忠, 等. 机插稻超秧龄秧苗的生长特点研究 [J]. 作物学报, 2008, 34(2):297-304.
- [11] 吴一梅, 张洪程. 秧龄对机插水稻秧苗素质及产量的影响[J]. 中国稻米, 2009, 15(1):36-38.
- [12] 姚雄, 任万军, 胡剑锋, 等. 稻油两熟区机插水稻的适宜秧龄与品种鉴定研究[J]. 杂交水稻, 2009, 24(5):43-47.
- [13] 於永杰, 钱宗华, 徐长青. 水稻机插双膜育秧底孔密度研究[J]. 作物杂志, 2003(3):15-16.
- [14] 邵文娟, 沈建辉, 张祖建, 等. 水稻机插中苗双膜育秧床土培肥对秧苗素质和秧龄弹性的影响[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版, 2004, 25(2):22-26.
- [15] 沈建辉, 邵文娟, 张祖建, 等. 水稻机插中苗双膜育秧落谷密度对苗质和产量影响的研究[J]. 作物学报, 2004, 30(9):906-911.
- [16] 龚振恺, 万靓军, 李刚, 等. 移栽秧龄和中期氮肥运筹对机插水稻宁粳 1 号生产力的影响[J]. 江苏农业科学, 2006(3):16-19.
- [17] 姚雄, 任万军, 蓝平, 等. 氮肥与多效唑配合对稻麦两熟区机插水稻秧苗生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6):1 364-1 371.
- [18] 袁奇, 于林惠, 石世杰, 等. 机插秧每穴栽插苗数对水稻分蘖与成穗的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10):121-125.
- [19] 贾现文, 朱起超, 杨志远, 等. 移栽秧龄对机插杂交稻产量及群体质量的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(12):18-25.

Yield Formation Characteristics of Late Hybrid Rice under Machine Transplanting with High Hill Density and Single Seedling Per Hill

FANG Shengliang, SHAN Shuanglü, ZHANG Hengdong, CAO Fangbo, CHEN Jiana, FANG Long, ZHAO Chunrong, WANG Yumei, ZHOU Xuefeng, HUANG Min, ZOU Yingbin*

(Hunan Agricultural University, Southern Regional Collaborative Innovation Center for Grain and Oil Crops (CICGO), Changsha 410128, China; *Corresponding author)

Abstract: A field experiment was conducted to compare tillering dynamics, dry matter accumulation, yield and yield components between late rice grown under machine transplanting with high hill density and single seeding per hill (MTHS) and conventional mecha-

(下转第 33 页)

