

播种期对轻简栽培方式再生稻源库关系的影响^①

柳开楼^{1,2}, 秦江涛², 张 斌^{2,3*}

(1 南京农业大学农学院, 南京 210095; 2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008;

3 中国农科院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘 要: 为建立轻型化的再生稻高产技术体系, 并在赣东北种植和推广再生稻, 于 2009—2010 年在江西省余江县开展了再生稻轻简栽培和播期试验, 分析了源库关系、生物量和氮积累量以及产量等指标。结果表明, 与人工栽插相比, 直播和抛秧在头季稻后期和再生稻的叶面积指数显著较低, 降幅为 5.1% ~ 57.8%, 在头季稻中其实粒数分别比人工栽插减少了 25.3% ~ 41.2%, 再生稻中分别降低了 9.9% ~ 46.5%, 再生稻中生物量分别比人工栽插减少了 23.7% ~ 53.2%, 氮积累量分别降低了 20.0% ~ 54.4%。这表明直播和抛秧等轻简栽培方式的源小库弱, 从而导致其再生稻产量比人工栽插降低了 30.1% ~ 35.1%。不同播期之间是较早播种的再生稻占用的温光资源较多, 3 月下旬和 4 月上旬播种的处理在头季稻和再生稻的源库关系、生物量和氮积累量以及产量均显著高于较晚播种的处理, 因此通过提前播种可以优化直播和抛秧的源库关系, 提高再生稻的产量。

关键词: 再生稻; 直播; 抛秧; 叶面积指数; 产量

中图分类号: S157.4

再生稻在我国具有悠久的种植历史, 与传统双季稻栽培技术相比, 再生稻减少了再生季的苗期农事操作, 具有省工省种的优势^[1]; 但目前再生稻的头季稻种植方式仍然以传统的人工栽插为主^[2], 限制了再生稻种植技术节工省本、资源利用效率高等优势的发挥。直播和抛秧是双季稻地区正在推广的轻型化种植技术^[3], 具有节工省力的优点^[4-7]。将直播和抛秧等轻简技术应用于再生稻, 对双季稻地区水稻生产发展有重大意义。

前人研究^[8-9]表明, 在人工栽插条件下, 头季稻生长良好, 开花后源较充足, 生产的碳水化合物除满足当时籽粒生长外, 还有部分剩余贮存于茎秆和叶片中, 以备再生稻腋芽萌发, 这是再生稻获得高产的基础。直播和抛秧等轻简栽培方式下水稻的源库关系不同于人工栽插^[10-12], 但是通过调节播种期, 合理利用温光资源, 可以优化轻简栽培方式下头季稻和再生稻的源库关系, 达到较理想的产量, 同时减少劳力投入和成本, 提高了经济效益。

本文通过播种期调节水稻生长发育期间的温光条件, 研究了直播和抛秧轻简方式下播期对头季稻和再生稻产量、物质积累、源库形成的影响, 以期建立

轻型化的再生稻高产栽培技术提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点和品种

试验于 2009—2010 年在江西省余江县水稻原种场 (116°41' ~ 117°09'E, 28°04' ~ 28°37'N 之间) 进行, 该地区属亚热带季风气候区, 雨热同季、光照充足, 年均温 17.6℃, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 6500℃, 年均降雨量 1766 mm, 年日照时数 1809 h, 无霜期 262 天。供试土壤属于河流冲积土发育而成的潴育型水稻土, 土壤有机质含量 35.4 g/kg, 全氮、全磷和全钾分别为 1.85、0.42 和 26.92 g/kg, 速效氮、速效磷和速效钾分别为 163.9、10.1 和 159.7 mg/kg, 硝态氮和铵态氮分别为 2.9 和 22.5 mg/kg, pH 5.0。供试 II 优航 2 号, 为籼型杂交稻组合, 由福建农科院水稻所提供。

1.2 试验处理和设计

试验对头季稻进行种植方式和播种期两因素复合处理, 种植方式分直播、抛秧和人工栽插 3 种, 抛秧和人工栽插种植方式采用覆膜抛秧盘育秧, 秧盘长度 605 mm, 宽度 335 mm, 434 孔, 秧龄 30 天。每种种植方式再设 3 个 (2009 年) 或 5 个 (2010 年) 播种期,

①基金项目: 中国科学院知识创新重大项目 (KSCX1-YW-09-08) 和公益性行业 (农业) 科研专项 (200903002) 资助。

* 通讯作者 (bzhang@caas.ac.cn)

作者简介: 柳开楼 (1984—), 男, 河南滑县人, 硕士研究生, 主要研究方向为水稻高产机理。E-mail: liukailou@163.com。

小区面积 48 m², 3 次重复。

2009 年 3 个播种期, 直播种植方式为 3 月 21 日、3 月 31 日和 4 月 10 日, 抛秧和人工栽插种植方式播种期为 3 月 10 日、3 月 20 日和 3 月 30 日。

2010 年 5 个播种期, 直播、抛秧和人工栽插 3 种植方式均为 3 月 20 日、3 月 30 日、4 月 10 日、4 月 20 日和 4 月 30 日。

1.3 田间管理

肥料施用参考福建省的高产田进行^[13]。头季稻氮肥总量 288 kg/hm² (纯 N), 分基肥、第 1 次分蘖肥、第 2 次分蘖肥、促花肥 (倒 4 叶) 和保花肥 (倒 2 叶) 5 次施用, 数量分别为 60、45、45、69 和 69 kg/hm²; 磷肥总量 72 kg/hm² (P₂O₅), 全部作基肥 1 次施用; 钾肥总量 195 kg/hm² (K₂O), 分基肥、促花肥和保花肥 3 次施用, 数量分别为 45、75 和 75 kg/hm²。再生稻氮肥总量 195 kg/hm², 于头季稻齐穗后 15~20 天施 172.5 kg/hm², 促进头季稻倒二节芽的发生; 头季稻收割后 1~2 天再施 37.5 kg/hm², 促进再生分蘖的萌发成穗。

水分管理头季稻采取浅水勤灌、湿润稳长的方式进行, 分蘖末期及时搁田, 后期干湿交替。在 7 月份高温时期灌深水, 降低高温对水稻灌浆结实的影响。头季稻成熟时人工收割, 高留稻桩, 约 50 cm。收割后灌水, 满足水稻再生需水量, 后期保持干湿交替。病虫害防治同常规生产。

1.4 测定指标与方法

在头季稻有效分蘖临界期、拔节期、抽穗期、齐穗后 20 天、成熟期和再生稻芽期、抽穗期、齐穗后 20 天、成熟期普查小区茎蘖 (穗) 数, 每个小区普查 3 个点, 每点普查 10 穴, 计算穴平均茎蘖 (穗) 数。按照每小区穴平均茎蘖 (穗) 数, 取 3 穴代表性植株测定叶面积和干物质及含氮量。

叶面积和干物质测定: 用小叶样法测定叶面积, 然后将植株样品装入信封, 105℃ 杀青, 85℃ 烘干至恒重, 称重。

含氮量测定: 采用凯氏定氮法测定植株含氮量^[14], 计算氮积累量。

产量和产量构成: 在头季和再生稻成熟期对每个小区单独收割, 晾干, 测定产量。同时每个小区取 1 m² 拷种, 测定每平米穗数、每穗粒数、结实率和千粒重。

1.5 数据分析

数据统计采用 SPSS 16.0 进行, 不同播期的差异水平用 LSD 法进行显著性检验 ($P \leq 0.05$), 图件应用 Origin 7.5 软件完成,

2 结果与分析

2.1 头季稻和再生稻的生育进程与光温资源分析

不同种植方式和播期会影响水稻的生育进程。在本试验中, 由于采用覆膜抛秧盘育秧, 因此抛秧和人工栽插的生育进程基本一致, 而直播的生育进程与抛秧和人工栽插存在差异 (表 1 和表 2), 在 2009 年直播处理在播种后到分蘖盛期的生育天数明显高于抛秧和人工栽插, 但是在头季稻拔节后和再生稻中却呈现出直播的各生育期天数比抛秧和人工栽插较少, 因此直播在头季稻和再生稻的总生育天数比抛秧和人工栽插减少了 20 天左右 (表 1); 2010 年中, 直播处理的各生育阶段天数与抛秧和人工栽插差异不大, 其总生育天数比抛秧和人工栽插减少了 7 天左右 (表 2)。不同播期的生育天数变化规律不一, 较早播种的处理在头季稻后期和再生稻中积累的太阳辐射量和有效积温比晚播种的较高, 尤其是 2010 年, 3 月下旬和 4 月上旬播种的处理的温光资源明显较高, 而较晚播种的处理由于其在头季稻后期和再生稻中利用的温光资源较少, 因此会阻碍头季稻和再生稻的生长 (表 2)。

2.2 不同种植方式和播期对源库关系的影响

叶面积指数作为源特征指标, 对于光合产物的积累具有重要作用, 不同种植方式和播期影响叶面积指数变化 (表 3)。在 2009 年头季稻的分蘖、拔节、灌浆和成熟期中, 直播的叶面积指数比人工栽插分别增加了 71.6%、51.4%、51.4% 和 32.8%, 抛秧也比人工栽插分别增加了 42.3%、36.9%、26.0% 和 45.0%; 再生稻中, 与人工栽插相比, 直播的叶面积指数在芽期、抽穗和灌浆分别降低了 55.7%、43.3% 和 57.8%, 抛秧分别下降了 26.7%、21.5% 和 44.7%。在 2010 年的头季稻中, 与人工栽插相比, 直播的叶面积指数在分蘖、拔节、抽穗、灌浆和成熟期分别降低了 9.5%、10.8%、20.7%、48.1% 和 41.4%, 抛秧分别下降了 21.3%、26.2%、11.9%、36.4% 和 40.1%; 再生稻的抽穗期, 直播和抛秧的叶面积指数比人工栽插分别降低了 6.2% 和 5.1%, 灌浆期中直播比人工栽插减少了 34.3%, 而抛秧与人工栽插之间不存在显著差异。不同播期之间的叶面积指数变化在头季稻的规律表现不一, 但在再生稻则呈现出 3 月下旬和 4 月上旬播种的叶面积指数显著高于较晚播种的处理。

以实粒数作为库容量指标, 不同种植方式和播期也会影响库容量的变化 (表 3), 在 2009 年的头季稻, 与人工栽插相比, 直播的实粒数显著下降了 25.3%, 抛秧与人工栽插则没有显著差异; 再生稻中, 直播比

表 1 2009 年头季稻和再生稻的生育进程与各生育阶段的温光资源变化

Table 1 Growth stages, solar radiation and temperament changes in main and ratoon in 2009

生育阶段	天数和温光数据	直播			抛秧和人工栽插		
		3/21	3/31	4/10	3/10	3/20	3/30
播种到	天数 (d)	66	62	69	58	56	58
分蘖盛期	日平均温度 (°C)	20.0	21.0	23.3	18.8	19.8	22.1
	日最高温度 (°C)	25.8	26.9	29.4	24.6	25.7	28.2
	日最低温度 (°C)	15.5	16.5	18.6	14.3	15.3	17.4
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	1 042.3	1 042.3	1 285.1	1 030.3	1 030.3	1 273.1
	有效积温 (°C)	659.5	684.7	920.9	647.5	672.7	908.9
分蘖盛期到	天数 (d)	13	10	10	15	17	20
拔节期	日平均温度 (°C)	23.2	25.1	29.3	22.7	24.6	28.8
	日最高温度 (°C)	29.1	30.5	34.4	28.6	30.0	33.9
	日最低温度 (°C)	18.9	20.8	25.4	18.4	20.3	24.9
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	230.2	179.2	189.7	215.2	164.2	174.7
	有效积温 (°C)	172.0	150.6	192.6	157.0	135.6	177.6
拔节期到	天数 (d)	35	35	26	46	49	51
抽穗期	日平均温度 (°C)	28.1	28.6	28.5	29.3	29.8	29.7
	日最高温度 (°C)	32.7	33.4	31.3	33.9	34.6	32.5
	日最低温度 (°C)	24.0	24.2	26.2	25.2	25.4	27.4
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	628.8	678.5	226.6	649.8	699.5	247.6
	有效积温 (°C)	633.6	650.5	481.6	654.6	671.5	502.6
抽穗期到	天数 (d)	30	38	40	37	40	42
成熟期	日平均温度 (°C)	28.4	28.7	28.4	28.9	29.2	28.9
	日最高温度 (°C)	33.4	34.2	33.9	33.9	34.7	34.4
	日最低温度 (°C)	26.0	25.6	25.0	26.5	26.1	25.5
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	413.4	571.9	661.4	408.4	566.9	656.4
	有效积温 (°C)	551.7	712.1	734.9	546.7	707.1	729.9
头季稻成熟期到	天数 (d)	27	26	21	28	32	32
再生稻抽穗期	日平均温度 (°C)	28.6	27.9	27.7	29.7	29.0	28.8
	日最高温度 (°C)	34.6	33.8	33.6	35.7	34.9	34.7
	日最低温度 (°C)	24.6	24.1	23.6	25.7	25.2	24.7
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	506.7	461.8	371.4	520.7	475.8	385.4
	有效积温 (°C)	500.9	464.3	371.6	514.9	478.3	385.6
再生稻抽穗期到	天数 (d)	30	32	25	34	33	36
再生稻成熟期	日平均温度 (°C)	27.2	24.0	23.2	26.4	23.2	22.4
	日最高温度 (°C)	33.0	29.9	28.8	32.2	29.1	28.0
	日最低温度 (°C)	23.4	20.0	19.5	22.6	19.2	18.7
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	486.3	461.8	338.1	473.3	448.8	325.1
	有效积温 (°C)	517.2	449.1	331.2	504.2	436.1	318.2

注：日期表示方式为：月/日，下表同。

人工栽插降低了 9.9%，抛秧与人工栽插无显著差异。2010 年的头季稻中，与人工栽插相比，直播的实粒数显著下降了 41.2%，抛秧与人工栽插没有显著差异；

再生稻中直播和抛秧分别比人工栽插降低了 46.5% 和 16.0%。不同播期之间头季稻和再生稻的实粒数都呈现出较早播种的库容量较大。

表 2 2010 年头季稻和再生稻的生育进程与各生育阶段的温光资源变化

Table 2 Growth stages, solar radiation and temperament changes in main and ratoon in 2010

生育阶段	天数和温光数据	直播					抛秧和人工栽插				
		3/20	3/30	4/10	4/20	4/30	3/20	3/30	4/10	4/20	4/30
播种到	天数 (d)	70	68	70	61	70	68	70	61	70	65
分蘖盛期	日平均温度 (°C)	17.5	19.4	20.9	22.4	23.9	19.4	20.9	22.4	23.9	25.1
	日最高温度 (°C)	22.7	24.5	26.0	27.5	29.0	24.5	26.0	27.5	29.0	30.2
	日最低温度 (°C)	13.5	15.6	17.1	18.6	20.1	15.6	17.1	18.6	20.1	21.3
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	1 560.7	1 660.0	1 675.0	1 690.0	1 705.0	1 660.0	1 675.0	1 690.0	1 705.0	1 717.0
	有效积温 (°C)	523.7	638.9	653.9	668.9	683.9	638.9	653.9	668.9	683.9	695.9
分蘖盛期到	天数 (d)	11	12	9	12	15	12	9	12	15	17
拔节期	日平均温度 (°C)	23.4	23.6	24.5	25.4	26.3	23.6	24.5	25.4	26.3	27.5
	日最高温度 (°C)	28.1	27.2	28.1	29.0	29.9	27.2	28.1	29.0	29.9	31.1
	日最低温度 (°C)	19.4	21.1	22.0	22.9	23.8	21.1	22.0	22.9	23.8	25.0
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	346.6	247.2	266.2	285.2	304.2	247.2	266.2	285.2	304.2	316.2
	有效积温 (°C)	147.4	163.3	182.3	201.3	220.3	163.3	182.3	201.3	220.3	232.3
拔节期到	天数 (d)	32	30	30	32	34	30	30	32	34	36
抽穗期	日平均温度 (°C)	26.5	28.0	29.3	30.6	31.9	28.0	29.3	30.6	31.9	32.9
	日最高温度 (°C)	30.7	32.6	33.9	35.2	36.5	32.6	33.9	35.2	36.5	37.5
	日最低温度 (°C)	23.4	24.6	25.9	27.2	28.5	24.6	25.9	27.2	28.5	29.5
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	678.1	736.2	751.2	766.2	781.2	736.2	751.2	766.2	781.2	791.2
	有效积温 (°C)	527.9	540.4	555.4	570.4	585.4	540.4	555.4	570.4	585.4	595.4
抽穗期到	天数 (d)	33	36	30	31	33	36	30	31	33	35
成熟期	日平均温度 (°C)	30.1	30.1	31.4	31.4	32.7	30.1	31.4	31.4	32.7	33.8
	日最高温度 (°C)	36.4	36.5	37.7	37.8	39.0	36.5	37.7	37.8	38.4	39.5
	日最低温度 (°C)	25.5	25.4	26.8	26.7	28.1	25.4	26.8	26.7	28.1	29.2
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	486.4	646.8	499.4	659.8	512.4	646.8	499.4	659.8	512.4	522.4
	有效积温 (°C)	663.3	722.3	676.3	735.3	689.3	722.3	676.3	735.3	689.3	699.3
头季稻成熟期到	天数 (d)	26	20	25	31	29	20	25	31	29	27
再生稻抽穗期	日平均温度 (°C)	28.5	27.7	27.9	27.1	27.3	27.7	27.9	27.1	26.3	25.9
	日最高温度 (°C)	34.1	33.0	33.5	32.4	32.9	33.0	33.5	32.4	32.9	32.5
	日最低温度 (°C)	24.6	24.2	24.0	23.6	23.4	24.2	24.0	23.6	23.4	23.0
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	561.9	574.6	545.9	558.6	529.9	574.6	545.9	558.6	529.9	517.9
	有效积温 (°C)	480.5	354.8	464.5	338.8	448.5	354.8	464.5	338.8	448.5	436.5
再生稻抽穗期到	天数 (d)	30	31	32	33	31	31	32	33	31	29
再生稻成熟期	日平均温度 (°C)	23.9	22.7	21.9	20.7	19.9	22.7	21.9	20.7	19.9	19.7
	日最高温度 (°C)	29.3	27.5	27.3	25.5	25.3	27.5	27.3	25.5	25.3	25.1
	日最低温度 (°C)	20.4	19.5	18.4	17.5	16.4	19.5	18.4	17.5	16.4	16.2
	太阳辐射总量 (MJ/m ²)	545.6	555.1	524.6	534.1	503.6	555.1	524.6	534.1	503.6	491.6
	有效积温 (°C)	416.8	394.3	395.8	373.3	374.8	394.3	395.8	373.3	374.8	362.8

2.3 不同种植方式和播期对生物量和氮积累量的影响

不同种植方式和播期会影响头季稻和再生稻各生育期的生物量变化 (表 4), 在 2009 年头季稻的分蘖、

拔节、灌浆和成熟期中, 直播分别比人工栽插降低了 48.2%、34.4%、12.6% 和 15.8%, 抛秧则在分蘖、拔节和成熟期分别降低了 29.5%、30.1% 和 6.7%; 再生稻中, 直播和人工栽插不存在显著差异, 但抛秧在芽

表 3 不同种植方式和播期对源库变化的影响

Table 3 Effects on source-sink changes under different planting patterns and seeding stages

年份	种植方式	播期 (月/日)	头季稻叶面积指数					头季稻实粒数 (10 ⁶ /hm ²)	再生稻叶面积指数				再生稻实粒数 (10 ⁶ /hm ²)
			分蘖	拔节	抽穗	灌浆	成熟		芽期	抽穗	灌浆	成熟	
2009	直播	3/21	3.25 b	5.84 b	8.34 ab	7.74 a	3.58 a	253.74 b	2.31 a	4.82 a	2.21 a	0	293.54 a
		3/31	3.20 b	7.46 a	7.89 b	5.69 b	3.48 a	374.63 a	2.11 b	2.78 b	1.87 b	0	260.66 b
		4/10	3.89 a	6.14 b	8.60 a	4.05 c	2.43 b	373.86 a	2.45 a	2.75 b	1.93 b	0	262.29 b
		平均	3.45	6.48	8.28	5.83	3.16	334.08	2.29	3.45	2.00	0	272.16
	抛秧	3/10	2.47 b	6.08 b	8.85 a	5.10 a	4.47 a	377.65 b	3.83 b	6.15 a	2.90 a	0	315.40 a
		3/20	2.12 bc	3.68 c	8.47 ab	4.56 c	2.45 c	435.07 a	4.24 a	5.55 a	2.79 b	0	271.33 b
		3/30	3.98 a	7.83 a	7.26 b	4.89 b	3.43 b	447.58 a	3.31 c	2.61 b	2.16 c	0	263.57 b
		平均	2.86	5.86	8.19	4.85	3.45	420.10	3.79	4.77	2.62	0	283.43
	人工栽插	3/10	1.82 b	4.16 b	9.11 a	5.03 a	2.41 a	548.16 a	4.80 ab	6.29 a	5.83 a	0	321.70 a
		3/20	1.49 b	3.06 c	8.46 b	2.91 c	2.37 b	391.91 b	5.37 a	7.65 a	6.05 a	0	278.24 b
		3/30	2.72 a	5.61 a	9.11 a	3.62 b	2.37 b	402.11 b	5.34 a	4.30 b	2.34 b	0	306.77 b
		平均	2.01	4.28	8.89	3.85	2.38	447.39	5.17	6.08	4.74	0	302.23
2010	直播	3/20	2.52 b	3.70 c	7.33 a	4.33 a	3.60 a	296.73 b	4.45 a	6.91 a	2.78 b	0	283.17 a
		3/30	2.42 b	3.89 c	5.11 c	3.30 b	1.45 c	323.20 a	4.41 a	6.81 a	2.42 b	0	282.39 a
		4/10	2.95 a	6.47 a	7.54 a	3.56 b	3.07 b	351.45 a	3.57 b	6.64 b	3.22 a	0	192.32 b
		4/20	1.56 c	4.13 c	6.90 b	4.05 a	3.63 a	181.02 c	3.20 c	6.36 b	1.88 c	0	152.19 c
		4/30	2.84 b	5.95 b	6.40 b	2.26 c	1.53 c	104.09 d	3.06 c	5.32 c	0.91 d	0	141.08 c
		平均	2.46	4.83	6.66	3.50	2.66	251.27	3.74	6.41	2.24	0	210.23
	抛秧	3/20	2.12 b	4.76 a	7.91 b	6.17 a	3.92 a	832.04 a	5.65 a	6.69 b	3.71 a	0	447.26 a
		3/30	2.33 a	3.82 b	8.24 a	4.01 b	1.81 d	407.10 b	5.47 a	7.64 a	3.49 a	0	390.66 b
		4/10	1.61 c	3.94 b	7.84 b	4.54 b	3.40 b	336.51 c	4.02 b	7.33 b	3.28 b	0	324.30 c
		4/20	2.29 ab	3.80 b	6.78 c	3.71 c	2.64 c	296.59 d	3.06 c	5.52 c	2.73 c	0	268.89 d
		4/30	2.33 a	3.67 c	6.24 d	3.04 d	1.84 d	276.12 d	2.78 d	5.26 c	2.28 d	0	221.14 d
		平均	2.14	4.00	7.40	4.29	2.72	429.70	3.74	6.49	3.10	0	330.45
	人工栽插	3/20	2.87 ab	4.91 c	8.89 a	6.78 b	4.70 b	533.40 a	4.78 a	7.14 a	4.96 a	0	522.79 a
		3/30	2.04 c	5.94 a	8.18 b	6.20 b	4.07 c	479.79 b	4.16 b	7.33 a	3.09 b	0	443.03 b
		4/10	2.78 ab	5.34 b	8.95 a	7.10 a	4.51 b	539.85 a	4.08 b	6.99 b	3.65 b	0	409.01 b
		4/20	3.03 a	5.36 b	8.23 b	7.81 a	5.66 a	407.11 c	3.58 de	6.65 b	3.32 b	0	301.34 c
		4/30	2.90 a	5.57 a	7.76 c	5.82 c	3.78 c	177.48 d	3.14 c	6.08 c	2.05 c	0	289.92 c
		平均	2.72	5.42	8.40	6.74	4.54	427.53	3.74	6.84	3.41	0	393.22

注：表中小写字母不同表示不同播期间差异达到 $P \leq 0.05$ 显著水平，下表同。

期、抽穗和灌浆期的生物量却比人工栽插分别减少 23.7%、36.2% 和 35.0%。2010 年头季稻各生育期中不同种植方式的生物量差异不大；在再生稻，直播和抛秧在各关键生育期的生物量都显著低于人工栽插方式，与人工栽插相比，直播和抛秧的生物量在芽期分别降低了 53.2% 和 30.0%，在抽穗期分别降低了 38.8% 和 26.2%、灌浆期分别降低了 24.2% 和 21.9%，成熟期分别降低了 43.4% 和 37.1%。不同播期之间的生物量变化大多呈现出 3 月下旬和 4 月上旬播种的生物量显著高于较晚播种的处理。

不同种植方式和播期对头季稻和再生稻各生育期的氮积累量的影响见表 5，在 2009 年头季稻的分蘖、拔节、灌浆和成熟期，直播比人工栽插分别降低了 52.5%、29.9%、21.6% 和 24.4%，抛秧则在分蘖、拔节和成熟期分别降低了 24.7%、25.5% 和 9.6%；再生稻中，直播的氮积累量在芽期、抽穗和灌浆期比人工栽插减少了 24.6%、22.4% 和 20.0%，抛秧则分别下降了 34.6%、43.4% 和 24.0%。2010 年的头季稻的抽穗和成熟期中直播的氮积累量分别比人工栽插降低了 11.7% 和 6.5%，在灌浆期，与人工栽插相比，直播和

表 4 不同种植方式和播期对生物量变化的影响

Table 4 Effects on biomass changes under different planting patterns and seeding stages

年份	种植方式	播期 (月/日)	头季稻的生物量 (kg/hm ²)					再生稻的生物量 (kg/hm ²)			
			分蘖	拔节	抽穗	灌浆	成熟	芽期	抽穗	灌浆	成熟
2009	直播	3/21	1 083.14 a	2 489.86 a	5 877.16 b	7 860.97 b	10 611.46 b	2 078.26 b	3 680.85 a	4 801.62 a	7 841.96 a
		3/31	891.68 b	1 706.72 b	6 685.84 a	8 789.61 a	11 477.44 b	2 494.35 a	3 549.83 a	4 293.89 b	7 663.78 b
		4/10	1 033.11 a	1 652.74 b	5 378.98 b	6 981.25 c	13 404.79 a	1 737.12 c	2 378.99 b	2 967.02 c	7 700.21 b
		平均	1002.64	1 949.77	5 980.66	7 877.28	11 831.23	2 103.24	3 203.23	4 020.84	7 735.32
	抛秧	3/10	1 364.71 b	1 868.48 b	5 927.97 b	9 223.61 b	12 410.44 b	1 886.42 b	2 462.14 b	2 910.57 a	9 007.72 a
		3/20	980.89 c	1 547.13 b	5 852.04 b	9 783.04 a	13 287.05 a	2 101.99 a	2 625.85 a	2 853.84 a	6 928.50 b
		3/30	1 745.80 a	2 818.03 a	6 236.57 a	9 124.96 b	13 616.21 a	1 613.75 c	1 956.68 c	2 335.51 b	7 211.59 b
		平均	1363.80	2 077.88	6 005.53	9 377.20	13 104.57	1 867.39	2 348.23	2 699.97	7 715.94
	人工栽插	3/10	1 820.86 b	1 746.80 c	4 947.52 b	9 066.23 b	13 714.96 b	2 831.34 a	3 939.31 a	4 459.34 a	7 920.98 a
		3/20	1 578.09 b	2 325.92 b	5 694.94 a	8 416.50 b	14 225.64 a	2 510.74 b	3 835.04 ab	4 442.26 a	7 501.98 b
		3/30	2 404.51 a	4 848.30 a	5 247.32 b	9 553.02 a	14 208.05 a	2 000.07 b	3 271.67 b	3 569.35 b	7 121.50 c
		平均	1 934.49	2 973.67	5 296.59	9 011.92	14 049.55	2 447.38	3 682.01	4 156.98	7 514.82
2010	直播	3/20	1 520.08 b	2 967.50 c	7 040.42 b	11 376.25 a	13 570.22 b	1 964.00 a	2 450.18 a	3 616.84 a	5 969.54 b
		3/30	839.96 c	3 442.50 b	6 664.38 c	9 515.63 b	12 912.34 b	1 783.22 b	2 457.06 a	3 623.73 a	6 562.26 a
		4/10	1 279.38 b	4 115.21 a	7 921.25 a	10 488.54 a	15 206.65 a	1 506.12 c	2 172.79 b	3 283.64 b	4 429.45 c
		4/20	869.33 c	3 908.33 a	6 293.75 d	8 885.00 c	12 624.80 b	892.22 d	1 703.77 c	3 203.77 b	3 826.17 d
		4/30	1 870.00 a	3 225.83 b	6 101.25 d	8 794.38 c	10 609.44 c	507.04 e	1 462.65 d	2 962.65 c	3 343.93 d
		平均	1 275.75	3 531.87	6 804.21	9 811.96	12 984.69	1 330.52	2 049.29	3 338.13	4 826.27
	抛秧	3/20	1 072.08 b	4 793.75 b	9 567.92 a	13 027.92 a	15 670.72 a	2 784.99 a	3 548.47 a	4 381.80 a	7 695.58 a
		3/30	1 083.38 b	5 336.25 a	8 446.25 b	10 656.67 b	15 509.17 a	2 098.00 b	3 103.67 b	4 270.34 a	6 986.33 b
		4/10	1 022.00 b	4 362.08 b	7 672.92 c	10 117.92 b	12 404.90 b	1 782.77 c	2 449.43 c	3 278.45 b	4 509.50 c
		4/20	1 380.83 a	4 610.00 b	7 243.75 c	10 087.92 b	10 746.48 c	2 024.97 b	1 830.38 d	2 997.05 c	4 018.73 c
		4/30	1 024.17 b	3 874.58 c	5 935.00 d	8 631.25 c	10 590.18 c	1 280.46 c	1 434.99 d	2 268.32 d	3 583.11 d
		平均	1 116.49	4 595.33	7 773.17	10 504.34	12 984.29	1 994.24	2 473.39	3 439.19	5 358.65
	人工栽插	3/20	794.17 b	4 671.25 a	10 406.25 a	11 717.29 a	16 300.40 a	2 738.58 ab	3 706.46 a	4 873.12 a	9 999.51 a
		3/30	1 249.08 a	4 559.79 a	9 364.38 b	10 898.54 b	13 280.36 b	3 248.28 a	3 230.01 b	4 730.01 a	9 149.19 b
		4/10	714.58 c	4 091.67 b	8 491.46 c	10 865.42 b	13 283.97 b	3 005.30 ab	3 338.63 b	4 615.69 ab	9 080.83 b
		4/20	1 143.33 a	3 676.46 c	6 302.92 d	9 430.00 c	12 424.38 b	2 669.24 b	3 190.64 b	4 023.98 b	7 206.96 c
		4/30	837.29 b	2 467.08 d	4 525.21 e	7 305.00 d	9 997.56 c	2 561.58 bc	3 280.62 b	3 780.62 c	7 178.50 c
		平均	947.69	3 893.25	7 818.04	10 043.25	13 057.33	2 844.60	3 349.27	4 404.68	8 523.00

抛秧的氮积累量分别减少了 22.6% 和 16.2%；再生稻的芽期、抽穗、灌浆和成熟期，与人工栽插相比，直播的氮积累量分别降低了 54.4%、40.3%、24.6% 和 43.0%，抛秧分别减少了 29.7%、28.6%、22.5% 和 36.4%。不同播期之间的氮积累量的变化与生物量变化规律一致，也是 3 月下旬和 4 月上旬播种的显著较高。

2.4 头季稻和再生稻的产量和产量构成

2009 年直播和抛秧的头季稻产量分别比人工栽插减少了 15.8% 和 6.7%，再生稻差异不显著；但是 2010

年 3 种种植方式的头季稻产量没有显著差异，与人工栽插相比，直播和抛秧处理的再生稻产量分别降低了 35.1% 和 30.1%（图 1）。2009 年不同播期之间在头季稻是较早播种的产量较低，再生稻则恰恰相反，但是在 2010 年 3 月下旬和 4 月上旬播种的头季稻产量（8 000 kg/hm² 左右）比较晚播种的处理增加了 27.5%，再生稻其产量（4 000 kg/hm² 左右）也增加了 33.4%。这说明适当早播可以缩小直播和抛秧与人工栽插的产量差距。

表 5 不同种植方式和播期对氮积累量变化的影响

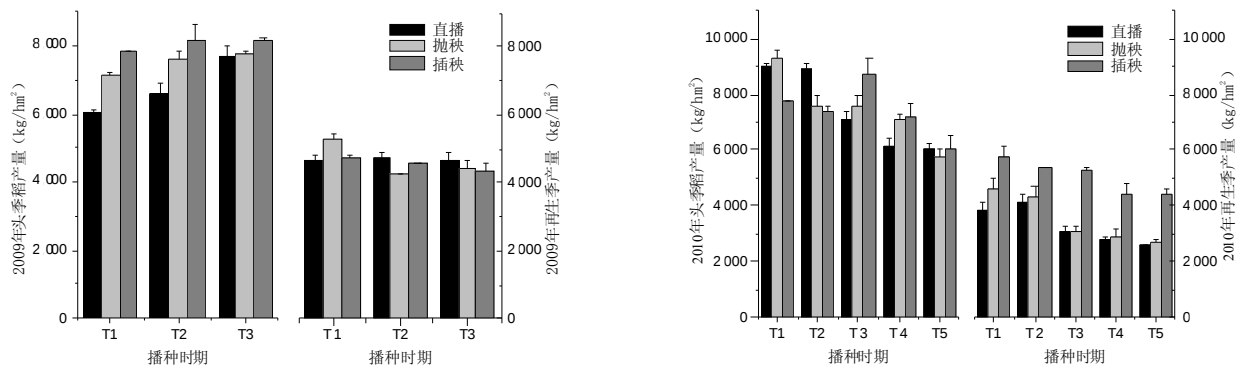
Table 5 Effects on nitrogen changes under different planting patterns and seeding stages

年份	种植 方式	播期 (月/日)	头季稻的氮积累量 (kg/hm ²)					再生稻的氮积累量 (kg/hm ²)			
			分蘖	拔节	抽穗	灌浆	成熟	芽期	抽穗	灌浆	成熟
2009	直播	3/21	32.66 b	49.45 b	103.69 a	112.91 a	159.85 b	23.00 b	46.75 a	91.74 a	149.68 a
		3/31	25.79 c	55.33 a	95.29 b	111.22 a	172.56 a	30.65 a	48.98 a	83.67 b	133.02 b
		4/10	35.79 a	54.15 a	82.29 c	90.07 b	162.38 b	20.07 c	33.33 b	79.49 c	126.36 c
		平均	31.41	52.98	93.75	104.73	164.93	24.57	43.02	84.97	136.36
	抛秧	3/10	51.47 b	59.33 a	116.79 a	144.38 a	211.03 a	20.41 b	34.52 a	91.23 a	153.5 a
		3/20	35.31 c	53.37 b	80.74 b	138.11 b	193.63 b	22.68 a	34.78 a	83.51 b	87.88 c
		3/30	62.68 a	56.27 b	85.45 b	122.45 c	186.52 c	20.89 b	24.85 b	67.48 c	119.11 b
		平均	49.82	56.32	94.32	134.98	197.06	21.33	31.38	80.74	120.16
	人工栽插	3/10	61.93 b	73.03 b	108.06 a	137.48 a	225.99 a	39.86 a	71.46 a	115.58 a	132.40 a
		3/20	60.21 b	71.32 b	93.90 b	132.20 a	217.97 b	32.99 b	51.62 b	113.92 a	124.63 b
		3/30	76.42 a	82.34 a	117.82 a	130.99 b	210.17 b	24.92 c	43.22 c	89.01 b	114.94 c
		平均	66.19	75.56	106.59	133.56	218.04	32.59	55.43	106.17	123.99
2010	直播	3/20	45.02 b	72.86 b	101.51 a	139.08 a	275.86 ab	31.41 a	49.98 a	99.51 a	165.37 a
		3/30	31.98 c	89.73 a	108.70 a	127.54 ab	285.38 a	26.49 b	49.24 a	96.98 a	175.77 a
		4/10	50.15 a	82.85 a	104.00 a	136.02 a	235.73 b	22.93 b	41.90 b	78.56 b	101.23 c
		4/20	32.58 c	77.13 b	91.83 b	116.63 b	180.63 c	17.53 c	46.95 ab	96.05 a	99.18 c
		4/30	54.21 a	59.55 c	97.13 b	105.82 b	168.54 c	8.80 d	33.34 c	80.88 b	85.09 d
		平均	42.79	76.42	100.63	125.02	229.23	21.43	44.28	90.40	125.33
	抛秧	3/20	31.76 c	117.70 a	128.38 a	159.27 a	286.95 a	44.53 a	72.39 a	120.56 a	213.18 a
		3/30	41.24 b	102.55 b	129.32 a	149.64 ab	270.93 ab	31.17 b	62.20 b	114.28 a	187.13 b
		4/10	40.06 b	87.82 c	114.36 b	131.21 b	252.43 c	27.14 c	47.23 c	78.44 b	103.06 b
		4/20	51.74 a	90.98 c	98.45 c	132.42 b	208.83 d	39.79 ab	50.44 c	89.85 b	104.18 b
		4/30	29.69 c	71.52 d	94.48 c	103.85 c	209.09 d	22.23 d	32.71 d	61.93 c	91.18 c
		平均	38.90	94.11	113.00	135.28	245.65	32.97	52.99	93.01	139.74
	人工栽插	3/20	23.52 d	114.69 a	129.22 a	201.83 a	238.88 c	43.79 ab	102.14 a	151.52 a	277.00 a
		3/30	47.55 a	109.33 b	124.65 a	178.77 b	263.42 b	48.26 a	73.62 b	133.09 b	245.06 b
		4/10	28.01 c	82.37 c	126.56 a	140.91 c	288.97 a	45.75 ab	68.11 b	113.01 c	207.54 c
		4/20	42.84 b	72.56 c	117.18 b	161.51 b	212.20 d	52.45 a	63.95 bc	105.52 c	186.82 d
		4/30	24.27 d	45.54 d	72.04 c	124.42 d	221.89 d	44.48 ab	63.26 bc	96.58 d	182.66 d
		平均	33.24	84.90	113.93	161.49	245.07	46.95	74.22 a	119.94	219.82

不同种植方式和播期下的头季稻和再生稻的产量构成见表 6, 2009 年头季稻中, 直播和抛秧的穗粒数和结实率都比人工栽插较低, 再生稻中其穗数、穗粒数和结实率均显著低于人工栽插; 2010 年头季稻中直播的穗数、穗长和穗粒数分别比人工栽插减少了 36.8%、2.1% 和 8.2%, 直播和抛秧的再生稻穗数分别比人工栽插降低了 35.8% 和 10.7%。不同播期之间的产量构成大多呈现出较早播种的显著较高, 尤其是在 2010 年再生稻, 3 月下旬和 4 月上旬播种的穗数、穗长、穗粒数和结实率显著高于晚播处理。

3 讨论与结论

余江县位于赣东北地区, 该地区多山地丘陵^[15], 且 9 月份以后光热资源不足, 导致很多丘陵地区的光热资源种植中稻有余而双季稻不足, 因此可以进行再生稻种植^[16]。目前, 由于再生稻的种植普遍采用人工插秧, 严重影响了再生稻的种植和推广^[2], 因此本试验开展了直播和抛秧等简化栽培试验。有研究表明, 不同的种植方式和播期会影响水稻的源库关系, 进而影响产量形成^[17-18]。在本研究中, 直播与抛秧和人工栽插的生育进程存在差异, 不同播期处理在头季稻和



(2009 年, T1 表示直播在 3 月 20 日播种, 抛秧和插秧在 3 月 10 日播种育秧; T2 表示直播在 3 月 30 日播种, 抛秧和插秧在 3 月 20 日播种育秧; T3 表示直播在 4 月 10 日播种, 抛秧和插秧在 3 月 30 日播种育秧; 2010, T1, T2, T3, T4, T5 分别表示直播的播种时间、抛秧和插秧的播种育秧时间在 3 月 20 日, 3 月 30 日, 4 月 10 日, 4 月 20 日和 4 月 30 日)

图 1 不同种植方式和播期对头季稻和再生稻产量的影响

Fig. 1 Effects on grain yields of main and ratoon rice under different planting patterns and seeding stages

表 6 不同种植方式和播期对头季稻和再生稻的产量构成的影响

Table 6 Effects on yield components under different planting patterns and seeding stages

年份	种植方式	播期 (月/日)	头季稻				再生稻			
			穗数	每穗粒数	结实率	千粒重	穗数	每穗粒数	结实率	千粒重
			(穗/m ²)	(粒/穗)	(%)	(g)	(穗/m ²)	(粒/穗)	(%)	(g)
2009	直播	3/21	266 c	140 c	68.7 b	28.2 b	435 a	83 a	87.4 a	26.1 a
		3/31	318 b	158 b	74.8 a	29.8 a	368 b	67 b	86.7 ab	26.9 a
		4/10	326 a	178 a	64.6 b	28.2 b	374 b	71 b	85.3 ab	25.5 b
		平均	303	158	69.3	28.7	392	71	85.5	26.2
	抛秧	3/10	326 a	143 c	80.9 a	30.1 a	450 b	73 a	84.5 a	26.0 a
		3/20	293 b	213 b	69.8 b	28.1 b	432 b	68 b	83.4 a	24.9 b
		3/30	255 c	249 a	70.8 b	29.7 b	478 a	70 a	85.7 a	25.4 a
		平均	291	201	73.8	29.3	442	71	84.1	25.4
	人工栽插	3/10	294 a	242 a	76.8 a	29.2 a	521 a	83 a	88.8 ab	26.1 a
		3/20	258 b	230 ab	66.2 b	27.4 b	489 b	78 b	90.1 a	25.7 ab
		3/30	245 b	236 ab	69.4 b	29.7 a	513 a	74 b	83.3 ab	25.5 ab
		平均	266	236	70.8	28.8	507	81	88.8	25.8
2010	直播	3/20	186 a	180 b	88.8 ab	29.0 ab	398 a	79 a	89.7 ab	25.9 a
		3/30	171 b	204 a	92.8 a	28.9 b	393 a	77 a	93.4 a	25.8 a
		4/10	186 a	214 a	88.4 ab	29.7 ab	340 b	61 b	91.4 a	24.0 b
		4/20	141 c	165 b	78.0 c	30.6 a	313 c	60 b	80.5 b	24.0 b
		4/30	126 c	126 c	65.5 d	31.66 a	260 d	66 b	82.7 b	23.5 c
		平均	168	178	82.7	29.96	341	69	87.6	24.6
	抛秧	3/20	370 a	255 a	88.2 ab	28.3 b	560 a	84 a	93.9 a	26.0 a
		3/30	245 b	179 b	92.8 a	29.6 ab	536 a	78 a	93.1 a	25.8 a
		4/10	208 c	191 b	84.9 b	30.7 a	468 b	75 ab	92.5 ab	24.9 ab
		4/20	242 b	164 c	74.8 c	30.9 a	432 b	74 ab	83.7 b	23.4 b
		4/30	253 b	186 b	58.7 d	30.6 a	371 c	73 ab	81.9 b	23.7 b
		平均	259	195	79.9	30.0	474	77	89.0	24.7
	人工栽插	3/20	298 a	203 a	88.1 ab	29.0 ab	656 a	84 a	95.3 a	25.8 a
		3/30	270 b	197 ab	90.1 a	29.5 ab	585 b	81 a	93.5 ab	25.8 a
		4/10	294 a	202 a	91.1 a	31.2 a	528 c	83 a	92.9 ab	24.7 b
		4/20	287 b	187 b	75.8 c	29.8 ab	458 d	76 b	86.3 b	23.4 b
		4/30	214 c	182 b	45.8 d	30.3 a	432 d	80 a	83.8 b	23.9 b
		平均	266	194	78.2	29.9	531	81	90.4	24.7

再生稻各个生育阶段的温光资源差异很大,且较早播种的处理在再生稻时占用的温光资源充足,因此通过改变种植方式和调节播期来优化头季稻和再生稻的源库关系,进而提高其再生稻的产量。

源库关系是水稻高产的决定因素,叶面积指数是衡量源强弱的重要指标,每公顷实粒数可以表征库容量的大小^[17,19]。头季稻后期的叶面积指数对于光合产物的积累具有重要意义,较多的光合产物可以储存在茎秆中供再生稻生长^[20-21],因此提高头季稻后期的叶面积指数对于再生稻的良好生长十分重要。在本试验中,2010 年头季稻开花后直播和抛秧的叶面积指数和每公顷实粒数均显著低于人工栽插,再生稻中直播和抛秧的生物量和氮积累量也显著低于人工栽插处理。这说明直播和抛秧的源弱和库小是导致产量较低的主要原因,所以强源和扩库是实现直播和抛秧高产的主要途径,这同易镇邪等^[22]的研究结论相一致。在本试验中,由于较早播种占用的温光资源较多,所以较早播种的处理在头季稻中源库关系较好,干物质和氮积累量较高,并且在再生稻时光温资源充足,头季稻和再生稻的产量也显著高于较晚播种的处理。因此通过提前播种、协调源库关系可以提高轻简栽培方式的再生稻产量。

综上所述,与人工栽插相比,直播和抛秧等轻简栽培方式的源库关系较差,致使其再生稻的生物量和氮积累量较人工栽插显著减少,进而导致其再生稻的产量也明显降低,通过调控播期可以优化直播和抛秧栽培方式下头季稻和再生稻的源库关系,适度提高再生稻的产量。在赣东北地区,头季稻适宜的播期应为 3 月下旬和 4 月上旬。

参考文献:

- [1] 施能浦,焦世纯. 中国再生稻栽培. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [2] 熊洪,冉茂林,徐富贤,洪松. 南方稻区再生稻研究进展及发展. 作物学报, 2000, 26(3): 297-304
- [3] 陈健. 水稻栽培方式的演变与发展研究. 沈阳农业大学学报, 2003, 34(5): 389-393
- [4] 曾雄生. 直播稻的历史研究. 中国农史, 2005(2): 3-16
- [5] 邹应斌. 亚洲直播稻栽培的研究与应用. 作物研究, 2004(3): 133-136
- [6] 卞同洋,陈益楼,蔡立万. 江苏沿海农区直播水稻的高产栽培技术. 江西农业学报, 2007, 19(10): 34-37
- [7] Farooq M, Siddique K, Rehman H, Aziz T, Lee D, Wahid A. Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. *Soil and Tillage Research*, 2011, 111: 87-98
- [8] 冉茂林,熊洪,洪松,张乃洪,陈应平,刘华忠. 再生稻幼穗分化特性及育苗技术研究. 西南农业学报, 2002, 15(2): 28-33
- [9] 任天举,蒋志成,王培华,李经勇,张晓春,鲁远源,刘贤双. 杂交中稻再生力与头季稻农艺性状的相关性研究. 作物学报, 2006, 32(4): 613-617
- [10] Chen S, Cai S, Chen X, Zhang G. Genotypic differences in growth and physiological responses to transplanting and direct seeding cultivation in rice. *Rice Science*, 2009, 16(2): 143-150
- [11] 马殿荣,陈温福,王庆祥,苏芳莉,周淑清,陈健. 水稻乳苗抛栽与其他栽培方式的比较研究. 沈阳农业大学学报, 2003, 34(5): 336-339
- [12] 张洪程,戴其根,霍中洋,许轲,魏海燕. 中国抛秧稻作技术体系及其特征. 中国农业科学, 2008, 41(1): 43-52
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000: 39-49
- [14] 郑景生,林文雄,李义珍,姜照伟,卓传营. 再生稻头季不同施氮水平的双季氮素吸收及产量效应研究. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 78-82
- [15] 罗明,潘贤章,孙波,宗良纲. 江西余江县土壤有机质含量的时空变异规律研究. 土壤, 2008, 40(3): 403-406
- [16] 黄淑娥,李迎春,殷剑敏. “3S”技术在江西省再生稻种植气候可行性研究中的应用. 江西农业大学学报, 2001, 23(4): 573-576
- [17] 盛大海,刘元英,李广宇. 水稻源库关系研究进展与应用. 东北农业大学学报, 2009, 40(5): 117-122
- [18] 戴其根,张洪程,苏宝林,邱枫,霍中洋,许轲. 抛秧水稻生长发育与产量形成的生态生理机制 II. 活棵立苗及其生态生理特点. 作物学报, 2001, 27(3): 278-285
- [19] Katsura K, Maeda S, Horie T, Shiraiwa T. Analysis of yield attributes and crop physiological traits of Liangyoupeijiu, a hybrid rice recently bred in China. *Field Crops Research*, 2007, 103: 170-177
- [20] 刘爱中,张胜文,屠乃美. 稻桩贮藏同化产物的分配与再生稻腋芽再生率及产量构成的关系. 华北农学报, 2008, 23(3): 190-193
- [21] 刘保国,张修清,王光明,万兆良,黄友钦,任昌福. 头季稻后期光合产物与再生稻生长发育的关系. 西南农业大学学报, 1993, 15(5): 382-385
- [22] 易镇邪,周文新,秦鹏,屠乃美. 再生稻与同期抽穗主季稻源库流特性差异研究. 作物学报, 2009, 35(1): 140-148

Effects on Source-sink of Ratoon Rice Under Simplified Cultivation of Different Seeding Stages

LIU Kai-lou^{1,2}, QIN Jiang-tao², ZHANG Bin^{2,3}

(¹ College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; ² Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; ³ Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The high-yield ratoon rice system under simplified cultivation (direct-seeding and seedling-throwing) was studied by the experiment of different planting patterns and seeding stage in 2009 and 2010 at Yujiang country, Jiangxi Province, and the source-sink characteristics, biomass, nitrogen accumulation and yield of ratoon rice were also analyzed. The results showed that leaf area index of direct-seeding and seedling-throwing in main ratoon rice were lower than transporting by 5.1% - 57.8%. In main rice, grain numbers were decreased than transplanting by 25.3% - 41.2% in direct-seeding and seedling-throwing, and reduced by 9.9% - 46.5% in ratoon rice. Biomass of direct-seeding and seedling-throwing were decreased by 23.7% - 53.2% in ratoon rice, and nitrogen accumulation were reduced by 20.0% - 54.4%. This indicted that grain yield of direct-seeding and seedling-throwing were lower than transporting by 30.1% - 35.1%. However, temperature and solar of different seeding stages were different in main and ratoon rice, and seeding earlier could attain more temperature and solar in ratoon rice. Source-sink relations, biomass and nitrogen accumulation and yield were significantly higher than others when main rice was seeded in late March and early April. So, source-sink relations of direct-seeding and seedling-throwing could be improved and ratoon rice yield could be increased through adjusting seeding stage.

Key words: Ratoon rice, Direct-seeding, Seedling-throwing, Leaf area index, Grain yield