

不同播种方式对黔东南水稻产量和经济效益的影响

倪玉琼¹, 曹芳琴², 钟芳芳²

(1. 黔东南州农业技术推广站, 贵州 凯里 556000; 2. 黄平县农技站, 贵州 黄平 556100)

摘要:以金优 527 水稻为试验材料, 设置了机插、手栽和直播探究播种方式对黔东南地区水稻产量和经济效益的影响。结果表明: (1) 单位面积基本苗数、有效穗数、高峰苗数依次表现为: 直播>机插>手栽, 单位面积成穗率依次表现为: 机插>手栽>直播; (2) 直播水稻全育期天数较短(139 d), 分别比手栽(159 d)和机插(154 d)全育天数少 20 d 和 15 d, 而手栽和机插水稻生育期天数差异并不大, 说明直播水稻比手栽和机插生育期天数显著缩短; (3) 有效穗粒数依次表现为: 直播>机插>手栽, 每粒穗数依次表现为: 手栽>机插>直播, 结实率依次表现为: 机插>手栽>直播, 3 者的差异均不显著($p>0.05$), 千粒质量依次表现为: 机插>手栽>直播, 实际产量和理论产量依次表现为: 直播>手栽>机插; (4) 不同播种方式水稻经济成本以直播水稻最低(8 198 元/hm²), 手栽水稻最高(9 860 元/hm²), 与手栽和机插方式相比, 直播水稻分别比手栽和机插下降了 20.27% 和 4.17%; 水稻收益依次表现为: 机插>直播>手栽, 直播和机插水稻收益分别高出手栽 795, 1 416 元/hm²。综上可知, 机械的介入一方面使生产成本大幅度降低, 另一方面使产量有所提高, 为水稻生产带来更大的经济效益。

关键词:水稻; 播种方式; 产量; 经济效益

中图分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)03-0348-06

Effects of Different Planting Modes on Rice Yield and Economic Benefits of Qiandongnan

NI Yuqiong¹, CAO Fangqin², ZHONG Fangfang²

(1. Qiandongnan Agricultural Technology Extension Station, Kaili, Guizhou 556000, China;

2. Huangping Agricultural Technology Extension Station, Huangping, Guizhou 556100, China)

Abstract: In order to investigate the effect of different planting modes on Qiandongnan rice yield and economic benefits, a gold 527 rice was studied under the planting modes of direct seeding, manual transplanting and mechanical transplanting in Guizhou Qiandongnan area. The results are as follows. (1) The number of seedling, number of productive ear and peak seeding decreased in the order: direct seeding>mechanical transplanting>manual transplanting and percentage of earbearing tiller decreased in the sequence: manual transplanting>mechanical transplanting>direct seeding. (2) In complete fertility period, the days of direct seeding(139 d) was less than manual transplanting(159 d) and mechanical transplanting(154 d), while mechanical transplanting and manual transplanting had no significantly difference ($p<0.05$). (3) The number of effective ear rice decreased in the order: direct seeding>mechanical transplanting>manual transplanting, each rice panicle decreased in the order: manual transplanting>mechanical transplanting>direct seeding, setting percentage and thousand-seed mass decreased in the sequence: mechanical transplanting>manual transplanting>direct seeding, the practical production and theoretical production decreased in the order: direct seeding>manual transplanting>mechanical transplanting. (4) The economic costs of direct seeding rice was the lowest (8 198 RMB/hm²) and the economic costs of manual transplanting rice was the highest (9 860 RMB/hm²), which decreased by 20.27% and 4.17% compared with manual transplanting and mechanical transplanting, and economic benefits decreased in the sequence: mechanical transplanting>direct seeding>manual transplanting, manual transplanting, economic benefits of mechanical transplanting and direct seeding increased by 795 RMB/hm² and 1 416 RMB/hm² compared with manual transplanting. In conclusion, machinery could make

the production cost greatly reduce, on the other hand, it improved the yield and resulted in the higher economic benefits for rice production.

Keywords: rice; planting modes; yield; economic benefits

水稻是我国最重要的粮食作物之一,生产和消费总量居全球首位,水稻对我国粮食发展和新农村建设具有重要的现实意义^[1-2]。随着社会经济的发展和城镇化建设步伐的加快,农村劳动力转移加快,劳动力的大量外出给当地的水稻乃至整个粮食生产造成了较大影响^[3-5],大部分国家也改变了传统的水稻移栽种植方式,选用高产优质的栽培方式在很大程度上不仅能缓解劳动力的紧缺给水稻生产带来的压力,还能获得理想的产量^[6-7]。随着社会经济的发展,农村劳动力转移加快,以手工插秧为主的传统水稻种植方式已不适应现代稻作技术发展的要求,手栽虽然劳动强度大,但对品种利用选择余地大,能够充分利用温光资源、高产稳产等特点,特别是在一些不适合机械大面积栽插的丘陵地区,仍然有一定的种植面积^[8-9]。因此,在一定时期内,水稻栽培方式由单一的传统手栽发展为手栽、抛秧、机插、直播等多种方式并存的新局面^[8-9]。目前我国水稻种植仍以传统的人工育秧、插秧为主,劳动强度大,作业效率低。机械化作业可促进稻作生产规模化和标准化,实现高效、环保和优质生产,有利于加快优质水稻产业化进程和市场竞争能力^[10-12]。国内外有关环境因子对水稻生长发育的影响已有很多研究,主要就不同播种方式下水稻光合生产特征、根系生长、秸秆还田效果等已有相关研究,但由于试验所处的环境条件、研究方法等的差异,得出的结果并不一致^[10-12]。由此,开展不同栽培方式对水稻产量和经济效益的研究,对进一步提高水稻单产水平、保证水稻生产持续增产具有重要的现实意义。鉴于此,笔者对直播、手栽、机插3种播种方式下水稻的产量和经济效益等指标进行研究,对指导水稻的生产和合理区划布局具有很好的参考作用,也为其他地区稻作生产的发展提供一定的借鉴作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

水稻品种为金优527,由四川农业大学水稻研究所生产和提供,待水稻种子安全贮存半年度过休眠期,挑选籽粒饱满、无病虫害、大小均匀、色泽一致的种子保存以备用。

1.2 试验区自然概况

试验地点在黄平县旧州镇草绿坪村六组张光华的责任田,面积为0.213 hm²,海拔679 m,年平均温

度15.6℃,年降雨量1 120.5 mm,≥10℃的有效积温4 780℃,年日照时数1 156.9 h,无霜期284 d。试验田平坦向阳,排灌方便,肥力均匀,土壤为烂泥田,供试土壤质地为壤质黏土,耕层土壤黏粒含量为24.9%,土壤pH值6.9,有机炭和全氮的含量分别为18.53,1.39 g/kg。

1.3 试验设计

2013年、2014年连续2 a在试验田块播前25 d深水层浸泡(4—5 cm),在播前10 d排干水,并用田间及田埂除草,然后进行田块翻犁、耙平,旧薄膜覆盖田埂,规划小区。采用裂区试验设计,设直播、手栽、机插3种播种方式,不同播种方式用塑料薄膜包埂隔离,每小区面积30 m²(5 m×6 m),每个处理设置5组重复,共15个小区,每个小区间距30 cm,四周留1 m以上保护行。直播水稻6月5日播种,播种量均为27.5 kg/hm²;手栽5月22日移栽,行距为30 cm,株距为20 cm,每穴2~4苗;机插5月26日插秧,行距为30 cm,株距为20 cm,每穴3~5苗(播种密度和实际均参照本地生产)。

总施纯氮量18 kg/hm²,基肥:分蘖肥:穗肥手栽为3:2:5,分蘖肥于移栽后7 d一次性施用,穗肥于倒4叶期和倒2叶期分2次施用;机插为2:4:4,分蘖肥于栽后7 d和15 d分2次施用,穗肥于倒4叶期和倒2叶期分2次施用;直播为2:4:4,分蘖肥于3叶1心期施用,穗肥分2次施用。氮:磷:钾比例为1:0.5:0.5,磷肥一次性基施,钾肥分别于耕翻前、拔节期等量施入。水稻生育中期达到预计穗数苗时进行分次排水搁田,其余时期保持浅水层,至收割前10 d改进排水落干。适时进行病虫草害防治,水稻整个生长期的田间管理措施完全相同,定时定点做好苗情考查,收割前进行测产。

1.4 试验测定方法

观测并记载各处理方式下水稻品种拔节、抽穗、成熟等生育期对应的准确日期。在水稻不同的生育期每小区普查50株,计算基本苗数、有效穗数、高峰穗数、成穗率、每穗粒数、结实率和千粒重,进行理论测产,并在10月31日全育期实际收产,采集足够多的水稻叶片粉碎后过0.5 mm筛以测定水稻叶片粗蛋白、粗纤维、粗灰分、粗脂肪和无氮浸出物^[13-14]。

实地走访和调查不同播种方式下水稻的生产成本,测算水稻产量,按当年当地粮站稻谷收购价计算水稻生产产值和经济效益。

1.5 数据处理与分析

采用SPSS 18.0进行方差分析;Excel 2003.0进

行绘图;多重比较采用 LSD 法;单因素方差检验显著差异性;所有数据为 3 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同播种方式对水稻分蘖的影响

不同播种方式对水稻分蘖的影响如图 1 所示,不同播种方式下水稻单位面积基本苗数变化范围为 79~156 株,单位面积有效穗数变化范围为 275~347 穗,单位面积高峰苗数变化范围为 492~854 株,单位面积成穗率变化范围为 36.5%~59.7%;直播单位面积基本苗

数分别比手栽和机插提高了 49.36%和 45.51%,手栽和机插差异不显著($p>0.05$),二者显著低于直播($p<0.05$);直播单位面积有效穗数分别比手栽和机插提高了 20.75%和 15.56%,手栽和机插差异不显著($p>0.05$),二者显著低于直播($p<0.05$);直播单位面积高峰苗数分别比手栽和机插提高了 42.39%和 40.63%,手栽和机插差异不显著($p>0.05$),二者显著低于直播($p<0.05$);手栽和机插单位面积成穗率分别比直播高出 56.99%和 63.56%,手栽和机插差异不显著($p>0.05$),二者显著高于直播($p<0.05$)。

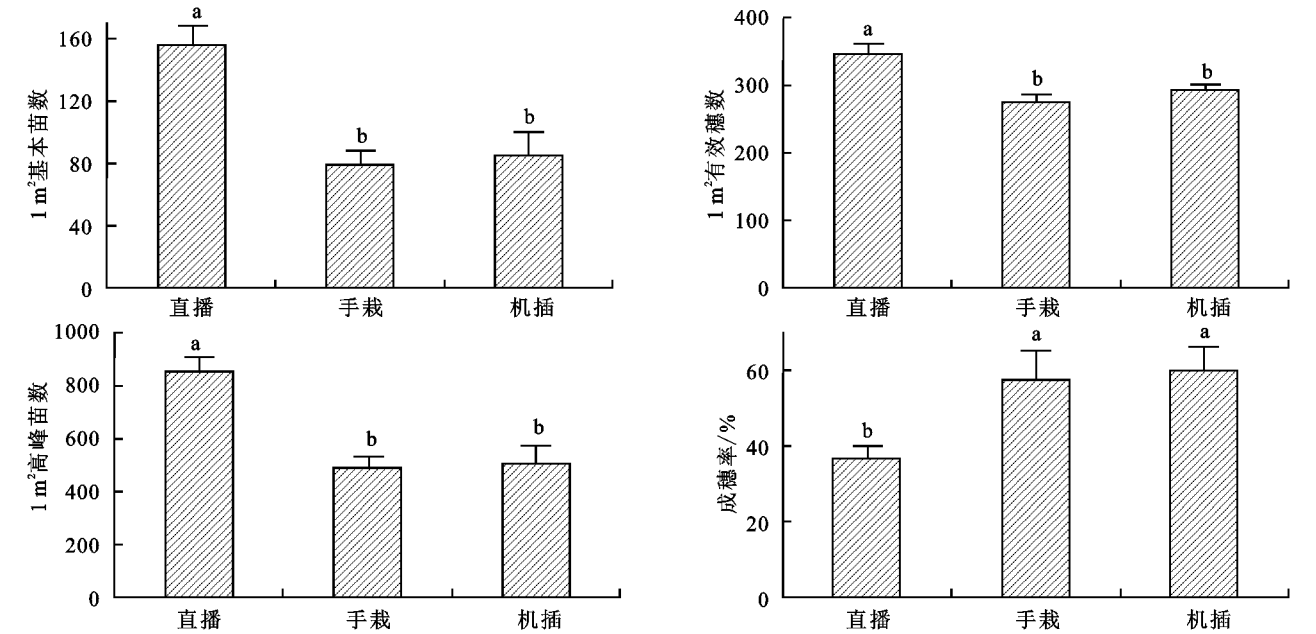


图 1 不同播种方式对水稻分蘖的影响

2.2 不同播种方式对水稻生育期的影响

由表 1 可知,由于直播水稻播种较晚,全生育期天数较短(139 d),分别比手栽(159 d)和机插(154 d)全育天数少 20 d 和 15 d,而手栽和机插水稻生育期天数差异并不大。将水稻的全生育期依此分为:播种至拔节期、拔节至抽穗期和抽穗至成熟期 3 个时期,

直播水稻从播种至拔节期比手栽和机插的生育期天数缩短较多,而拔节至抽穗期直播水稻与手栽和机插生育期天数没有明显差别,从抽穗至成熟期直播水稻比手栽和机插生育期天数缩短较多。说明直播水稻比手栽和机插生育期天数显著缩短,主要是由于直播水稻缩短了水稻生育期前期和成熟期。

表 1 不同播种方式对水稻生育期的影响

| 项目 | 播种期 (月-日) | 拔节期 (月-日) | 抽穗期 (月-日) | 成熟期 (月-日) | 收割期 (月-日) | 播种至 拔节期/d | 拔节至 抽穗期/d | 抽穗至 成熟期/d | 全生 育期/d |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 直播 | 06-05 | 08-01 | 08-30 | 10-24 | 10-31 | 56 | 29 | 54 | 139 |
| 手栽 | 05-22 | 07-29 | 08-26 | 10-22 | 10-31 | 67 | 27 | 65 | 159 |
| 机插 | 05-26 | 07-29 | 08-28 | 10-25 | 10-31 | 63 | 29 | 62 | 154 |

2.3 不同播种方式对水稻产量的影响

由图 2 可知,不同播种方式下水稻有效穗粒数变化范围为 198.7~230.6 万穗/hm²,每穗粒数变化范围为 125.7~148.3 粒,结实率变化范围为 90.5~95.3%,千粒质量变化范围为 25.18~25.93 g,实际产量变化范围为 8 523~8 824 kg/hm²,理论产量变化范围为 9 045~9 167 kg/hm²;有效穗粒数依次表现为:直播>机

插>手栽,各处理间差异均显著($p<0.05$);每穗粒数依次表现为:手栽>机插>直播,机插和直播水稻每穗粒数差异并不显著($p>0.05$),二者显著高于直播($p<0.05$);结实率依次表现为:机插>手栽>直播,三者的差异均不显著($p>0.05$);千粒质量依次表现为:机插>手栽>直播,直播和手栽水稻千粒质量差异并不显著($p>0.05$),二者显著低于机插($p<$

0.05);实际产量依次表现为:直播>手栽>机插,三者之间差异均显著($p<0.05$);理论产量依次表现为:直播>手栽>机插,手栽和机插水稻理论产量差异并

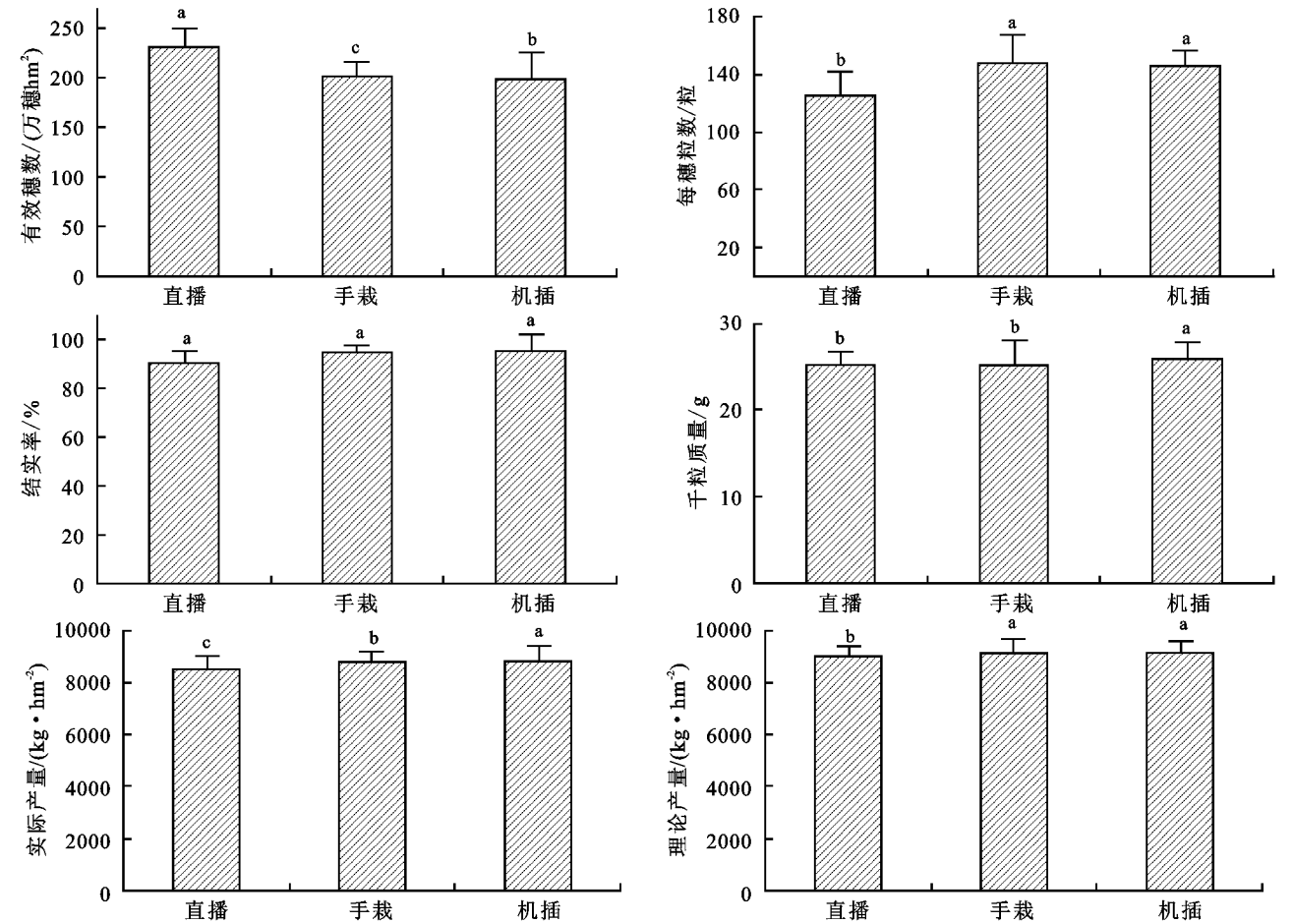


图 2 不同播种方式对水稻产量的影响

2.4 不同播种方式对经济效益的影响

2.4.1 不同播种方式对经济成本的影响 通过实地走访和调查统计计算不同播种方式的经济成本,由表 2 可知,由于直播水稻减少了育秧和移栽的环节,从而明显降低了成本,而前期成本仅仅只有种子、农药、肥料、机械、灌水、人工和其他费用。经济成本以手栽方式为最高,机插次之,直播最低,两者之间相差 1 662 元/hm²,直播经济成本略低于机插水稻。从成本的组成来看,不同播种方式成本差异主要来自农药、机械和人工费,手栽由于增加了人工栽插的环节,

需要的人工费明显大于其他播种方式,直播方式农药费用也较多;机插尽管增加了机械费用,但用人工数明显减少,其总成本较少。此外,机插水稻成本略高于直播,主要由于机插水稻的灌水、种子费用较高,在一定程度上增加了其生产成本。说明机械化不但可以提高劳动效率,还可以降低水稻的生产成本。综上所述,不同播种方式水稻经济成本以直播水稻最低(8 198 元/hm²),手栽水稻最高(9 860 元/hm²),与手栽和机插方式相比,直播水稻分别比手栽和机插下降了 20.27%和 4.17%。

表 2 不同播种方式对经济成本的影响 元/hm²

| 项目 | 种子费用 | 农药 | 肥料 | 机械 | 灌水 | 人工费 | 其他 | 合计 |
|----|------|------|------|------|-----|------|-----|------|
| 直播 | 350 | 1358 | 1840 | 1300 | 550 | 2750 | 50 | 8198 |
| 手栽 | 300 | 920 | 1840 | 1650 | 550 | 4500 | 100 | 9860 |
| 机插 | 400 | 920 | 1840 | 2150 | 650 | 2500 | 80 | 8540 |

2.4.2 不同播种方式对经济效益的影响 表 3 反映了不同播种方式对水稻经济效益的影响,机插的产值和经济效益均明显高于其他播种方式。不同播种方式下水

稻产值的变化范围为 27 274~28 237 元/hm²,收益的变化范围为 18 281~19 697 元/hm²;不同播种方式水稻产值依次表位为:机插>手栽>直播,手栽和机插

水稻产值分别高出直播 867,963 元/hm²,水稻收益依次表现为:机插>直播>手栽,直播和机插水稻收益分别高出手栽 795,1 416 元/hm²。由于手栽水稻的经济成本相对较高,虽然其产值较高,但仍导致最终的收益最低,而机插水稻产值较高,经济成本较低,导致最后所产生的收益最高;直播水稻尽管降低了生产成本,但其产量与产值均下降较大,导致直播水稻经济效益仅次于机插。由此可见,机械的介入一方面使生产成本大幅度降低,另一方面在一定程度上使产量有所提高,从而为水稻生产带来更大的经济效益。

表 3 不同播种方式对经济效益的影响

| 项目 | 种植成本/ (元·hm ⁻²) | 产量/ (kg·hm ⁻²) | 单价/ (元·kg ⁻¹) | 产值/ (元·hm ⁻²) | 收益/ (元·hm ⁻²) |
|----|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 直播 | 8198 | 8523 | 3.2 | 27274 | 19076 |
| 手栽 | 9860 | 8794 | 3.2 | 28141 | 18281 |
| 机插 | 8540 | 8824 | 3.2 | 28237 | 19697 |

3 讨论与结论

由图 1 可知,直播水稻的单位面积高峰苗数显著高于手栽和机插($p<0.05$),与前人的研究结果基本一致^[3-5,15-16]。就水稻的成穗率而言,手栽和机插的成穗率显著高于直播水稻($p<0.05$),主要是由于直播水稻用种量较大,出苗数多,分蘖发生快,而无效分蘖消亡快,与手栽和机插比较,直播水稻的有效分蘖数少,成穗率较低。由于水稻的播种方式、播种时间、栽种密度、田间管理方式的不同,使水稻植株的生长对养分、水热条件等资源的利用不同,必将对水稻的生长和产量产生一定的影响^[17-18]。本研究表明,在全育期直播水稻的实际产量和理论产量均最小,而机插的最终产量最高。说明机插水稻干物质的积累量高于直播和手栽,这与前人的研究结果基本一致。可能是由于直播水稻播种期推迟导致其营养生长期明显缩短(表 1),造成有效穗减少,穗型变小,成穗率降低,最终使水稻产量下降。此外,本研究中直播水稻基本苗数、有效苗数和高峰苗数要明显高于手栽和机插(图 1),而其实际产量和理论却不是最高(图 2),这与水稻播种方式和播种时间有关,直播水稻由于播种量大,总苗数多,群体大,穗型较小,虽然其成本较低(表 2),但最终产量和实际收益也相对较低。

大量研究结果表明,机插的产量要明显大于直播水稻和手栽,主要是因为机插使水稻的穗形变大,能够显著提高单位面积有效穗数,结实率和千粒质量^[3-5,15-16]。由于试验地点、水稻品种、栽培方式和管理方式的不同,因此前人的研究结果也不尽一致^[3-4,10-12]。本研究结果表明,直播水稻显著提高了水稻的有效穗数,而单位面积穗粒数、结实率、千粒质量基本小于手栽和机插,造成其产量较低。说明机插

能显著提高水稻产量,主要是由于机插能保证株行距的一致性,便于田间管理,促进壮苗,同时机插田间通风、采光性好,水稻长势好,茎秆粗壮,与直播水稻相比较,机插更能实现壮秆、大穗、提高产量。而本研究中直播水稻产量高于手栽,原因在于直播水稻推迟了播种,降低了单位面积穗数和每穗粒数,降低了水稻产量。进一步分析,直播水稻推迟播种,水稻营养生长期缩短,造成群体生长量减少,干物质积累量下降,同时,推迟播种使水稻抽穗期后延,一般灌浆期的日平均温度和有效积温会下降,再加上前期营养物质积累的减少,从而影响了籽粒的灌浆速度和时间,这造成子粒充实度差,空秕粒数增加,结实率和千粒质量均下降,由此可知,直播水稻更应该选择提前播种。

随着农产品成本的提高和农业产业化发展,当前水稻面临着两个亟待解决的问题:一是如何提高劳动生产率、降低水稻经济成本;二是实现粗放型的传统农业向集约型的现代农业转变^[3-5,19-20]。国内外大量研究证明需要依靠生产机械化来解决,直播水稻比手栽和机插水稻经济成本低(表 2),表明了直播水稻能够降低水稻经济成本,由于现阶段农村劳动力大量转移,农机没有完全配套,直播水稻在一定区域、时期和范围内,仍然会有比较大的推广面积,但总体来看,其产量较低,收益偏低。就手栽而言,由于现阶段农村劳动力的大量转移,劳动力不足,工资高,移栽质量不能保证等,导致生产经济成本增加,效益却有所下降^[19-20]。而机插能够确保水稻的稳定增产,以较少的投入和较高的收益,增加水稻生产的经济效益^[19-20]。因此,为兼顾水稻生产的成本、经济效益和效率,机械化直播技术有着更高的应用价值和推广前景。

参考文献:

[1] Fei H, Chang C. Earthbound China: A Study of the Rural Economy of Yunnan[M]. New York: Routledge,2013.

[2] Alemu D, Scoones I. Negotiating new relationships: How the Ethiopian State is involving China and Brazil in agriculture and rural development[J]. IDS Bulletin, 2013,44(4):91-100.

[3] Seck P A, Diagne A, Mohanty S, et al. Crops that feed the world7: rice[J]. Food Security,2012,4(1):7-24.

[4] Siebenmorgen T J, Grigg B C, Lanning S B. Impacts of preharvest factors during kernel development on rice quality and functionality[J]. Annual Review of Food Science and Technology,2013,4:101-115.

[5] Wright B D. The economics of grain price volatility[J]. Applied Economic Perspectives and Policy,2011,33(1):32-58.

[6] Liu Y, Duan M, Yu Z. Agricultural landscapes and biodiversity in China[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2013,166(7):46-54.

- [7] Oka H I. Origin of cultivated rice[M]. Tokyo: Elsevier, 2012.
- [8] Huang C, Duan L, Liu Q, et al. Development of a whole-feeding and automatic rice thresher for single plant[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2013, 58(3):684-690.
- [9] Rice O, Miller S H, Morrissey J P, et al. Exploitation of glucose catabolic gene fusions to investigate in situ expression during *Pseudomonas*-plant interactions[J]. Biology and Fertility of Soils, 2012, 48(2):235-238.
- [10] Chen M, Shelton A, Ye G. Insect-resistant genetically modified rice in China: From research to commercialization[J]. Annual Review of Entomology, 2011, 56(1):81-101.
- [11] Talhelm T, Zhang X, Oishi S, et al. Large-scale psychological differences within China explained by rice versus wheat agriculture[J]. Science, 2014, 344(6184):603-608.
- [12] Huang X, Kurata N, Wei X, et al. A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice[J]. Nature, 2012, 490(7421):497-501.
- [13] Sajid M, Butt M S, Shehzad A, et al. Chemical and mineral analysis of garlic: a golden herb[J]. Pakistan Journal of Food Sciences, 2014, 24(1):108-110.
- [14] Antony S, Thomas C G. Nutritive quality of hybrid napier cultivars grown under rainfed ecosystem[J]. Journal of Tropical Agriculture, 2014, 52(1):90-93.
- [15] 刘红江, 陈留根, 郑建初, 等. 不同播栽方式对水稻产量形成和经济效益的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(3):474-479.
- [16] 池忠志, 姜心禄, 郑家国. 不同种植方式对水稻产量的影响及其经济效益比较[J]. 作物杂志, 2008(2):73-75.
- [17] Hughes L, Dunlop M, French K, et al. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes[J]. Journal of Ecology, 1994, 82(4):933-950.
- [18] Wassmann R, Neue H U, Lantin R S, et al. Temporal patterns of methane emissions from wetland rice fields treated by different modes of N application[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres(1984—2012), 1994, 99(D8):16457-16462.
- [19] Sarker M A R, Alam K, Gow J. Exploring the relationship between climate change and rice yield in Bangladesh: An analysis of time series data[J]. Agricultural Systems, 2012, 112(13):11-16.
- [20] Brookes G, Barfoot P. Economic impact of GM crops: The global income and production effects 1996—2012[J]. Gm Crops & Food, 2014, 5(1):65-75.

(上接第347页)

(4) 对于天水市红花咀沟滑坡泥石流需要进行监测预警措施,并且在下游出口处布置拦挡坝,同时建立群策群防,预警预报的防灾减灾体系。查明红花咀沟危险区域的人口和财产,进行疏散演练,保障人民生命安全,将危害降低到最小程度。

参考文献:

- [1] 吴玮江,王念秦. 甘肃滑坡灾害[M]. 兰州:兰州大学出版社,2006.
- [2] 池谷浩. 云仙水无川泥砂流失量的推算方法[J]. 水土保持科技情报, 1996(4):30-34.
- [3] 高桥保. 泥石流停止和堆积机理的研究(二):泥石流堆积扇的形成过程[J]. 地理科学进展, 1986(2):39-44.
- [4] Cannon S H, Savage W Z. A mass-change model for the estimation of debris-flow runout[J]. Journal of Geology, 1988, 96(2):221-227.
- [5] Lorente A, Beguerla S, Bathurst J C, et al. Debris flow characteristics and relationships in the Central Spanish Pyrenees[J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2003, 3(6):683-692.
- [6] 刘希林,唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [7] 吴玮江,贺斌英. 天水市的环境地质问题[J]. 甘肃科学学报, 2003, 15(S1):200-205.
- [8] 朱文忠. 天水市地质灾害现状与防治对策[J]. 甘肃科技, 2004, 20(6):12-13.
- [9] 倪化勇. 海螺沟景区典型泥石流流域地貌特征及灾害防治[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1):154-158.
- [10] 吴玮江. 天水市滑坡泥石流灾害[J]. 水文地质工程地质, 2003, 30(5):75-78.
- [11] 王高峰,唐川,王洪德,等. 初咱磨子沟泥石流特征及危险性评价研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4):234-238.
- [12] Li X, He S, Luo Y, et al. Simulation of the sliding process of Donghekou landslide triggered by the Wenchuan earthquake using a distinct element method[J]. Environmental Earth Sciences, 2012, 65(4):1049-1054.
- [13] 中国市政工程东北设计研究院. 给水排水设计手册[M]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [14] 南京大学水文地质工程地质教研室. 工程地质学[M]. 北京:地质出版社,1982.
- [15] 崔鹏. 我国泥石流防治进展[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(5):7-13.
- [16] 杜杰,左雅娅. 通南巴区块泥石流发育基本特征及防治对策[J]. 水土保持研究, 2014, 21(3):315-320.
- [17] 海兰. 滑坡灾害防治手册[M]. 北京:地质出版社,2009.
- [18] 唐晓春. 泥石流防治模式初探[J]. 水土保持学报, 1991(4):8-17.