

我国水稻直播技术研究现状及展望

冯延江¹ 王麒^{1,2} 赵宏亮¹ 宋秋来^{1,2} 孙羽¹ 曾宪楠¹

(¹ 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 哈尔滨 150086; ² 黑龙江省农业科学院博士后工作站, 哈尔滨 150086;
第一作者: zixuanfeng2008@163.com)

摘要: 水稻直播技术因其节约资源、省工省力, 应用面积逐年扩大。本文介绍了直播的类型及利弊, 阐述了直播对水稻生育进程的影响, 分析了高产直播栽培的关键环节, 并以降低水稻生产损失为目的, 展望了水稻直播技术的发展趋势。

关键词: 水稻; 直播; 研究现状; 展望

中图分类号: S511.042 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2020)01-0023-05

水稻是我国最主要的粮食作物之一, 我国有 60% 以上的人口以稻米为主食^[1-2]。水稻种植方式主要有直播和育秧移栽 2 种。早在 7 000 多年前, 长江中下游流域河姆渡原始居民就已经开始种植水稻, 而直播栽培方式也是我国祖先留下来最原始、最古老的种植方式^[3]。上个世纪 50 年代北方曾大面积推广水稻直播, 80 年代前黑龙江省水稻直播面积占其水稻种植面积的 70%^[4]。但在温饱问题上升为主要矛盾的阶段, 人们认识到要提高单位面积产量只能充分利用当地气候资源进行精耕细作, 因此育秧移栽一直处于主导地位^[5]。

随着我国经济的发展, 农业生产领域也从传统的追求产量的单一目标向追求效益、生态、环保等综合目标转变^[6], 这也导致对水稻生产方式进行了新的思考。从节约水资源、减少化肥施用量、降低人力投入等角度出发, 水稻直播技术近年又逐步兴起。但当前的水稻直播技术不是传统直播栽培的简单回归, 而是融合了诸多现代农业科技、是对栽培技术的新探索^[7]。

水稻是需水较多的作物, 每形成 1 g 籽粒的耗水量为 500~800 g。在水稻生育进程中, 充分满足植株的需水是高产优质的重要保障之一, 但大水灌溉导致淡水资源损失, 不利于生态持续发展, 因此在水稻生产领域发展节水种植是我国缓解农用水资源供需矛盾的可行方案, 水稻直播技术的应用就是一个较好的方式。

1 水稻直播类型及其利弊

水稻直播技术是指不育苗、不插秧, 将种子直接播到大田, 没有育苗及移植过程的一项种植技术^[8]。根据播种过程中土壤的水分情况, 水稻直播可分为水直播、湿润直播和旱直播^[9]。

1.1 水直播

水直播指的是水田土壤表面平整, 保持一定水层, 确保水稻种子在淹水的条件下进行播种出苗的一种直播方式。

1.1.1 水直播的基本特点

水直播对土壤和水层要求较高, 要尽量将土壤耕层耙平, 越平整越好, 土壤越细碎越好。播种前对大田进行灌水, 水层深度保持 5~7 cm, 待耕田产生的泥浆沉实以后(2~4 d)进行播种。播种后保持水层, 直到水稻成熟。如需进行化学除草, 可进行排水除草, 除草后 3~5 d 进行复水管理^[9]。

1.1.2 水直播的利弊

水直播的优点明显, 其能够有效控制杂草的萌发和生长, 同时对鸟类危害种子也起到极好的防控作用。但其缺点也很突出: 一是因为在淹水条件下进行生长发育, 导致水稻的出苗率很低, 一般出苗率为 30% 左右, 这就需要加大播种量; 二是由于土壤含水量丰富, 秧苗的根系横向生长较多, 较少深扎根, 秧苗素质普遍不高, 如遇大风天气易倒伏。

1.2 湿润直播

湿润直播指的是将水稻种子直接播种于水整地后呈湿润状态的大田中的一种直播方式。

1.2.1 湿润直播的基本特点

湿润直播要求秋整地, 土壤旋深 10~15 cm, 对高

收稿日期: 2019-09-04

基金项目: “十三五”国家重点研发计划-粮丰工程项目“东北北部春玉米、粳稻水热优化配置丰产增效关键技术研究与模式构建”(2017YFD0300505-5)

度落差较大的地块,应使用平田机具进行整地,使田面高度差控制在 3 cm 以内。春天进行灌水,水层保持在 3~5 cm,持续 3~7 d,待田间泥浆沉实后进行排水达到田面基本无积水的状态,随后即可进行播种。播种之后保持田间土壤湿润,直到水稻长至 2~3 叶期,然后进行恢复灌水,田间水分管理依据生育期干湿交替灌溉直至成熟。湿润直播又包括湿撒播、湿条播和湿点播^[9]。

1.2.2 湿润直播的利弊

湿润直播最大的优点是比水直播的出苗效果好,干湿交替的管理方式利于根系发育,秧苗素质好。但其缺点是稻种与杂草萌发期和生长期相同,在土壤湿润条件下,苗期杂草发生多,难以防控。同时,因湿润直播的密度较移栽稻大,田间荫蔽,导致病虫害的发生相对较重^[10]。

1.3 旱直播

旱直播是指在平坦或坡度较小的地块,采取旱整地,将浸泡后的种子直接播种或者经过催芽露白后播种,在水稻生长期保持田间地表湿润或以水灌为主的一种直播方式^[11],也可分为撒播、条播和穴播。

1.3.1 旱直播的基本特点

旱直播水稻没有育苗阶段,导致可用有效积温变少,加之干旱条件下种子萌动和发芽迟缓,如品种选择不当,如选择生育期过长的品种进行旱直播有降低产量的风险。旱直播的播种深度以 3~4 cm 为宜,待水稻长至 2~3 叶期,建立田间水层,之后干湿交替管理,直至成熟。

1.3.2 旱直播的利弊

旱直播由于在干旱土壤条件下进行萌发和出苗,因土壤透气性好,氧气充足,根系生长迅速,植株幼苗的抗逆能力强,秧苗素质好,也节省了泡田用水。其缺点是旱作条件不利于稻种发芽及成苗,导致成苗效果不好,同时种子易被鸟取食。

2 直播技术研究现状

直播是一种古老的稻作方式,具有突出的优缺点,目前在一些高产地区属于禁用的栽培方式^[12]。但水稻直播对实现生产的轻型化、专业化、规模化有重要意义。随着农村劳动力的转移以及高效除草剂研制的稳步推进,直播稻面积不断扩大^[13]。然而,由于直播稻自身生长发育特点的限制,例如生育期缩短导致可利用温光资源减少、个体与群体生长矛盾突出、根系下扎浅

容易倒伏、产量整体偏低且稳产性差^[14-15]。但近年来,水稻高效直播技术取得了长足发展,在播种技术、肥水管理、植物保护等环节都较以往有较大提高。

2.1 栽培技术有所突破

2.1.1 整地质量提高

水稻直播对整地的要求较高,田面越平越好,表土越细越好^[16]。一般情况下,需在前茬作物收获后进行深翻灭茬,改善耕层土壤结构。在春节期间使用旋耕机整平田面,使耕层表土细碎,无大土块。

旱直播情况下,如果土壤过于蓬松影响播种深度则还需要事先进行镇压,镇压的效果以满足播种 2 cm 左右的播深即可^[17]。播种覆土好坏也直接影响旱直播水稻出苗,这就要求播种时田块不能过湿,导致耕层大土块数量增加。

2.1.2 播种技术优化

2.1.2.1 种子处理 直播对种子质量要求高,通常应进行盐水选种和晒种,主要目的是提高种子的发芽势和发芽率。同时要对种子进行消毒和浸种。目前在直播之前常进行催芽,如有条件可使用快速催芽器,温度控制在 31℃左右即可,当催芽至露白即可晾芽,之后再行播种。同时,为了防止种子被害虫食用以及提高种子活力,可进行包衣处理,种衣剂的选择没有特别要求,能达到防虫、健身的目的即可。有报道指出,种子浸泡 48 h 催芽至露白时播种,有较高的出苗率,可以确保较高的基本苗数量,该种子处理方法在机械直播条件下,有利于增加群体数量^[18]。

2.1.2.2 播种方式 人工撒播是传统的直播方法,但该方法较落后,弊端很多,常因播撒不均匀造成群体密度不一,有的群体数量过大,通风效果差,光合作用弱,荫蔽易倒伏,严重影响产量。采用人工撒播时需要控制好种子用量,尽量保证均匀撒播,并及时浅旋盖种,控制好覆土深度。近年来,由于水稻直播机械的研发和应用愈发成熟,机械穴播和机械条播技术逐渐大面积推广。机械直播因播种密度可控,对建立合理群体有极大帮助,为稳产高产奠定了基础。有报道指出,不同机直播方式对水稻的分蘖发生与成穗规律有显著影响^[19],一次分蘖发生率穴播方式低于条播方式,二次分蘖发生率穴播方式相对占优。试验证明,穴播方式的产量高于条播方式,是应优先选择的直播方式。生产中应根据品种特性配套合理的管理措施,促进优势叶位分蘖早发、多发,充分发掘优势叶位的增产潜力,实现不同直

播方式水稻高产高效^[12]。

2.1.2.3 播种量 直播对播种量要求较高。研究表明,播种量主要影响单位面积的有效穗数、穗粒数和成穗率^[17-19]。播种量过少,水稻个体生长得到有利发展,有效分蘖多,成穗率高,每穗粒数多,但是总穗数不足而难以高产;播种量过多,水稻个体分蘖受到抑制,成穗率低,虽然基本苗多,有效穗充足,但生育后期容易发生倒伏,对产量影响较大^[20]。相关报道指出,适当增大播种量有利于增加齐穗后的干物质生产,因而产量也会增加,同时,随着播种量的增加,单位面积有效穗数增加,每穗总粒数呈减少趋势,与中等播种量处理相比,高播种量处理产量增幅较大^[20]。另外,还有研究指出,随着播种量的提高,不同播期的有效穗数呈上升趋势,但穗粒数、结实率和千粒重均呈下降趋势^[21]。可见,不同地区间的最佳播种量差异较大。

2.1.2.4 播种时间 播期是影响直播稻能否稳产的一个重要因素。适宜的播期可保障稻苗充分利用有效积温,达到稳产的目的。过早播种,土壤温度和空气温度较低,不利于种子萌发,严重时还会导致种子发生霉变;过晚播种,水稻可利用生育时间变短,在无霜期较短的北方地区,可能无法保证稻谷正常成熟,如遇霜害,甚至导致绝收。一般认为,直播稻比移栽稻迟播 7~10 d,日平均气温大致稳定在 12℃就可播种。有研究表明,在适宜播期范围内,相对早播的处理出苗率较晚播的处理低,随着播期的延迟,发芽率和出苗率都有所增加,幼苗的枯死率降低,播种至发芽的天数也会缩短^[22]。

2.1.2.5 播种深度 水稻机械化旱直播栽培过程中,均匀覆土,保证播深一致是确保出全苗的关键环节之一^[23]。露在土表的种子不仅出苗慢,还易遭鸟类和鼠类破坏。有研究表明,直播种子的播深应控制在 2 cm 左右^[14],在适宜范围内,随着播种深度的增加,水稻植株株高、地上部鲜质量和干质量表现出增加的趋势,但随着土层的增加,水稻出苗率出现下降的趋势^[24-25]。

2.2 肥料运筹进步明显

长期以来,直播稻的稳产性高产性难以得到保证,有报道指出,分蘖发生情况和成穗特征直接影响直播稻的产量^[26]。相关研究表明,不同施肥方式对水稻分蘖特性和产量均有显著影响^[27-28]。实际生产中如果氮肥施用不当,可导致直播稻群体前期生产过旺,后期产量结构失衡,有效穗数、结实率及千粒重等下降^[29-30]。

适宜的氮肥运筹、实地氮肥管理、氮钾配施、秸秆还田等措施均能促进稻谷产量的显著增加,并可较大幅度地降低肥料施用量^[31]。施氮量的增加在一定范围内有助于产量的显著提高,主要是单位面积有效穗数受氮素水平的影响较大,适当提高施氮量能提高单位面积的有效穗数,是最终产量提高的主要因素^[32]。但过量施用氮肥会使植株高度显著增加并降低茎秆强度,易引发倒伏,影响产量^[33]。有报道指出,旱直播梗稻的氮肥施用量以 150 kg/hm² 为佳^[32],但也有报道指出,旱直播稻栽培施氮量在 270 kg/hm² 较为适宜,更易获得稳产高产^[21]。不同地区土壤肥力存在明显差异,适宜施氮量也存在差异。此外,施氮方式对直播稻产量的影响也很突出。有研究表明,氮肥作基肥一次性施入,虽然前期分蘖数量增多,但后期会因肥料供应不足,造成成穗率、实粒数和千粒重降低,导致减产^[34]。杨金娟等^[35]研究指出,降低基肥施氮比例,后移至分蘖期施入,有利于增加水稻分蘖数和分蘖成穗率,优化群体结构,提高水稻产量和品质。相关研究表明,氮肥运筹比例以茎蘖肥:穗肥=6:4 为好,秧苗早发,低位分蘖多,成穗率高,穗大粒多,群体生长发育整齐度高,产量高^[21,36]。

已有研究表明,合理施用钾肥能够显著提高水稻产量^[37]。直播稻施钾增产效果明显,主要原因是可获得较高的穗数进而达到高产的目的。有报道指出,直播稻钾肥一次性基施与分次施用产量没有明显差异^[38]。因此,直播稻生产过程中应根据目标产量合理施足钾肥,达到稳产高产的目的。

2.3 除草技术逐年提升

直播稻稻田水分含量相对适宜、生长空间充足,非常适合杂草的快速生长,稻田杂草发生种类繁多、数量大^[39-42]。稻田草害是影响直播稻产量的重要因素之一,尤其是直播稻前期群体小,无水层或水层浅,对杂草的控制作用较弱,如不及时防除或者防除质量不高,极易形成草荒,导致大幅减产甚至绝收^[43-44]。近年来,农业科研一线的研究人员对水稻直播田的稗草、千金子、莎草科杂草、水苋菜属以及大龄杂草、阔叶杂草等防治方法和效果进行了大量研究,并取得了一些研究成果^[44-47]。

2.4 抗倒伏研究成效突出

倒伏严重影响水稻产量和品质,同时增加收获成本^[48]。植株抗倒伏性能与株高、秆长、节间配置、穗位和重心等形态指标以及基部节间粗度、壁厚、充实度、鞘厚、鞘重、抗折力和弯曲力矩等物理性状指标等关系密

切^[48-50]。水稻抗倒性能除与自身遗传特性及外界气候条件有关外,同时受种植方式、播期、秧龄、密度、水分及肥料等耕作栽培措施的影响^[48,51-53]。

直播稻由于根系分布浅,纵向根较少,后期白根数和根系发生不发达,加之田间分蘖率高,荫蔽度大、节间细长,若在肥水管理上出现失误,极易造成倒伏^[54]。有关学者从种植密度^[11]、播种深度^[25]、肥水运筹及管理^[32]等角度出发,分别研究了不同方式防止水稻倒伏现象的发生,并取得了较好的试验效果,为实际生产提供了理论依据。

3 结论与展望

经过多年的发展,我国形成了众多的直播稻配套技术,但仍需要进一步集成和耦合,完善和优化有关细节问题,达到轻简、优质、高效、稳产、增收的目标。

3.1 加快专用品种的选育

目前水稻直播使用的品种主要还是从移栽品种中筛选出来的,适宜的专用品种不多,加强专用品种的选育是发展直播稻的基础^[55]。水稻直播易倒伏、发芽力弱,应选育发芽势强、苗期耐除草剂、抗倒伏、抗病性强的高产优质品种^[55]。针对特殊生长环境,加快选育耐盐碱、耐干旱的直播稻品种。

3.2 加强直播稻农艺农机配套技术研究

水稻直播的生长发育特点与移栽稻不同,尤其是需肥特点、水分管理、草害防治等栽培技术可深入研究,结合机械整地精准度、机械播种深度、密度等方面的研究,集成适宜不同地区的配套技术。

3.3 稳步推进水稻直播方式的发展

水稻直播具有省时、省力、节约成本的特点,近年来发展比较迅速。水稻直播生产对提高粮食产量来说总体弊大于利,但从轻简化生产角度来看又存在合理性^[56]。水稻直播方式存在前期易发生草害、后期易倒伏等弊端,会引起产量降低的风险,目前还不能算是一项稳产高产的栽培技术。因此,在生产中应该稳步推进发展,不应盲目扩大面积^[4]。待该项技术体系完备后,再根据生产区域需求,逐步释放生产面积,达到增产增收的目的。

参考文献

[1] 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):3 404-3 414.
[2] 项洪涛,王彤彤,郑殿峰,等. 孕穗期低温条件下 ABA 对水稻结

实率及叶片生理特性的影响[J]. 中国农学通报,2016,32(36):16-23.

- [3] 齐国峰. 水稻直播栽培方式发展现状及存在问题[J]. 北方水稻,2017,47(4):61-64.
- [4] 武小智,曾庆四. 湖北省直播稻发展现状、存在问题及应对策略[J]. 农村经济与科技,2017,28(23):154-155.
- [5] 商兆堂. 发展农用天气预报业务的思考[J]. 江苏农业科学,2012,40(9):8-10.
- [6] 戴凌云,吴建中,郭登兄,等. 播种量及行距对直播稻产量结构的影响[J]. 安徽农业科学,2018,46(7):43-45.
- [7] 张喜娟,来永才,王俊河,等. 黑龙江直播稻的发展现状与对策[J]. 黑龙江农业科学,2015(8):142-144.
- [8] 张志财,贾维东,林秀云,等. 吉林省水稻直播技术现状、问题及对策[J]. 北方水稻,2017,47(6):47-50.
- [9] 苏柏元,陈惠哲,朱德峰,等. 水稻直播栽培技术发展现状及对策[J]. 农业科技通讯,2014(1):7-11.
- [10] 何勇,李斌,林承勇,等. 水稻直播关键技术研究[J]. 安徽农业科学,2016,44(35):51-53.
- [11] 萧长亮,那永光,王安东,等. 寒地水稻旱直播栽培技术探讨[J]. 黑龙江农业科学,2017(7):120-123.
- [12] 许朝,唐磊,张洪程,等. 不同机械直播方式对水稻分蘖特性及产量的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(13):43-52.
- [13] 张银平,杜瑞成,刁培松,等. 山东省水稻免耕旱直播试验及可行性分析[J]. 农业工程学报,2016,32(12):24-30.
- [14] 顾树平,李刚,易峰,等. 不同基肥配比对秸秆全量还田条件下直播水稻分蘖特性及产量的影响[J]. 上海农业学报,2016,32(5):33-39.
- [15] 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.
- [16] 姜心禄,杨永波,付明全,等. 不同直播方式下种子处理方式对直播稻出苗和产量的影响[J]. 中国稻米,2017,23(4):111-114.
- [17] 肖小军,彭小松,刘小三,等. 施氮量和直播量对超级杂交稻五丰优 T025 产量及养分利用率的影响[J]. 杂交水稻,2016,31(3):58-63.
- [18] 吴霞,陶诗顺,钟昀,等. 播种量对油后直播杂交稻产量及其构成因素的影响[J]. 杂交水稻,2014,29(4):47-49.
- [19] 梅少华,陈兴国,田剑,等. 不同播种量和施氮量对黄华占直播产量及其构成因素的影响[J]. 中国稻米,2011,17(3):39-42.
- [20] 王玉梅,杨广,赵春容,等. 不同播种量对直播杂交稻产量及干物质生产的影响[J]. 杂交水稻,2017,32(3):66-69.
- [21] 黄曦. 旱直播稻不同品种最佳播期及播种量研究[J]. 现代农业科技,2018(5):34-35.
- [22] 王成,孙力,张喜娟,等. 寒地直播稻品种筛选及配套技术研究 I 提高直播稻出苗率的措施[J]. 黑龙江农业科学,2015(12):30-32.
- [23] 姚志刚,汤强,赵坤,等. 水稻机械化旱直播关键技术研究[J]. 农业科技与装备,2016(8):53-54.
- [24] 信彩云,周学标,刘奇华,等. 不同直播方式对水稻出苗状况的影

- 响[J]. 山东农业科学, 2017, 49(3): 69-72.
- [25] 刘亮, 侯立刚, 齐春艳, 等. 吉林省水稻直播技术初探[J]. 东北农业科学, 2017, 42(6): 1-3.
- [26] 张洪程. 直播稻种植科学问题研究[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2009.
- [27] 宋玉秋, 张强, 陈天佑, 等. 可降解种膜直播对水稻生长和产量的影响[J]. 华中农业大学学报, 2017, 36(4): 1-6.
- [28] 许炜, 孙志贵, 田贺培, 等. 播种和施肥方式对直播稻分蘖特性和产量的影响[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37(3): 1-9.
- [29] 李杰, 张洪程, 常勇, 等. 不同种植方式水稻高产栽培条件下的光合物质生产特征研究[J]. 作物学报, 2011, 37(7): 1 235-1 248.
- [30] 薛亚光. 水稻高产与养分高效利用栽培技术及其生理基础研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2013.
- [31] 孙永健, 郑洪帆, 杨志远, 等. 机械旱直播方式对水稻氮磷钾吸收转运及分配的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(3): 73-80.
- [32] 肖楠, 董立强, 丛琳, 等. 施氮量对旱直播粳稻抗倒伏性及产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2017, 48(6): 647-653.
- [33] 范存留, 胡运高, 杨国涛, 等. 重穗型杂交水稻植株抗倒伏性与茎秆物理性状的关系[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(3): 1-4.
- [34] 张组建, 谢成林, 谢仁康, 等. 苏中地区直播水稻的群体生产力及氮肥运筹的效应[J]. 作物学报, 2011, 37(4): 677-685.
- [35] 杨金娟, 马晓霞, 马玲, 等. 旱直播栽培条件下不同氮肥运筹对水稻产量及品质影响研究[J]. 宁夏农林科技, 2017, 58(7): 42-43.
- [36] 郭九信, 孔亚丽, 谢凯柳, 等. 养分管理对直播稻产量和氮素利用率的影响[J]. 作物学报, 2016, 42(7): 1016-1025.
- [37] 王伟妮, 鲁剑巍, 鲁明星, 等. 湖北省早、中、晚稻施钾增产效应及钾肥利用率研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5): 1 058 - 1 065.
- [38] 张洋洋, 鲁剑巍, 王友珠, 等. 钾肥施入方式对直播和移栽水稻产量和钾肥利用效率的影响[J]. 作物杂志, 2016(1): 110-114.
- [39] 黄锦法, 俞慧明, 陆建贤, 等. 稻田免耕直播对土壤肥力性状与水稻生长的影响[J]. 浙江农业科学, 1997(5): 226-228.
- [40] 程来品, 曹方元, 仇学平, 等. 不同除草剂对直播稻田马唐等杂草的防效[J]. 杂草科学, 2013, 31(1): 64-65.
- [41] 周晶, 钱扬, 谭长龙, 等. 施用除草剂对水稻直播秧苗素质的影响[J]. 湖南农业科学, 2018(1): 78-80.
- [42] 杨守仁. 水稻超高产育种问题探讨 [J]. 中国农学通报, 1990, 6(3): 5-8.
- [43] 张夕林, 张谷丰, 孙雪梅, 等. 直播稻田杂草发生特点及其综合治理[J]. 南京农业大学学报, 2000, 23(1): 117-118.
- [44] 谢标洪, 李能巡, 朱文达, 等. 26%精恶唑禾草灵·氰氟草酯·五氟磺草胺防除水稻直播田杂草的效果及对产量和水肥的影响[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(16): 3 081-3 085.
- [45] 田志慧, 沈国辉, 袁国徽, 等. 1.4%甲磺·五氟·异噁颗粒剂防除直播稻田杂草应用技术研究[J]. 上海农业学报, 2018, 34(1): 52-57.
- [46] 陈光蓉, 吕志燕, 3 种除草剂对直播早稻田大龄杂草的防除效果[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(8): 42-44.
- [47] 张明天. 60 g/L 五氟磺草胺氰氟草酯可分散油悬乳剂防除水稻直播田一年生禾本科杂草药效试验[J]. 现代农业科技, 2017(3): 96-97.
- [48] 邢志鹏, 吴培, 朱明, 等. 机械化种植方式对不同品种水稻株型及抗倒伏能力的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(1): 52-62.
- [49] 李红娇, 张喜娟, 李伟娟, 等. 不同穗型粳稻品种抗倒伏性的比较[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(2): 191-196.
- [50] 李杰, 张洪程, 龚金龙, 等. 不同种植方式对超级稻植株抗倒伏能力的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(11): 2 234-2 243.
- [51] 邢志鹏, 曹伟伟, 钱海军, 等. 播期对机插水稻产量构成特征的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(13): 22-31.
- [52] 彭世彰, 张正良, 庞桂斌. 控制灌溉条件下寒区水稻茎秆抗倒伏力学评价及成因分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 6-10.
- [53] 雷小龙, 刘利, 刘波, 等. 机械化种植对杂交籼稻 F 优 498 产量构成与株型特征的影响[J]. 作物学报, 2014, 40(4): 719-730.
- [54] 鄢竞哲, 蔡鑫, 曹鹏, 等. 湖北省直播稻生产现状、存在的问题及建议[J]. 湖北农业科学, 2017, 55(22): 4 248-4 249.
- [55] 陈锋, 赵庆雷, 尹秀波, 等. 山东省直播稻的发展现状及对策[J]. 山东农业科学, 2018, 50(5): 156-159.
- [56] 孔令娟, 汪新国, 潘广元, 等. 安徽省直播稻生产情况调研与思考[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(2): 34-36.

Research Status and Prospect of the Direct Seeding Technology of Rice in China

FENG Yanjiang¹, WANG Qi¹, ZHAO Hongliang¹, SONG Qiulai^{1,2}, SUN Yu¹, ZENG Xiannan¹

(¹ Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; ² Postdoctoral Workstation of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 1st author: zixuanfeng2008@163.com)

Abstract: Due to the characteristics of saving resources and labor, the application area of direct seeding rice has been expanded year by year. This paper introduced the type, advantages and disadvantages of direct seeding rice, expounded the effects of the technology on the growth process of rice, and analyzed the key procedures of the high yield direct-seeding technology. From the point of reducing the loss of rice production, the development trend of direct seeding rice was prospected.

Key words: rice; direct seeding; research status; prospect