

日本水稻直播技术的发展现状及特征

赫兵¹ 张振宇¹ 杨祥波¹ 王帅¹ 楠谷彰人² 陈殿元^{1*}

(¹ 吉林农业科技学院农学院, 吉林 吉林 132101; ² 天津农学院, 天津 300000; * 通讯作者: jlc dy@sina.com)

摘要:水稻直播栽培技术因为无需育苗、插秧等工序,是解决目前国内劳动力紧张和生产成本上涨等问题的关键技术。而日本在水稻直播栽培技术上的研究发展在亚洲地区处于先进水平,十分值得我国借鉴和参考。本文综述了日本水稻直播栽培的意义、发展历史及其分类,并从出苗、生长发育、产量、品质、食味等多方面比较了直播和移栽的相关特征。与中国国内现状结合,指出了其对中国水稻直播栽培技术发展的指导意义。

关键词:水稻;日本;直播

中图分类号:S511.048 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2018)06-0030-07

1 直播栽培技术的意义

水稻栽培自古以来就是一项十分艰苦的劳力工作。作为一种精耕细作的集约农业,无论从时间还是劳力上都需要稻农付出很多。而从远古的耕牛到现代的联合收割机,人类社会也无时无刻不在追求着更加省力的生产方式,以减少稻农劳动负担。

进入近代以来,日本由于产业更替和社会高龄化,农业劳动人口呈现出逐年下降的趋势^[1],日本的农业人口从1960年最大的1 454万大幅减少到2015年的209万。而且农业劳动人口的高龄化也在急速加剧,2015年日本农业劳动人口的平均年龄为66.3岁,65岁以上人员的比率为63.5%。与此同时,由于农户放弃农业生产等原因引起的闲置耕地也在不断增加,2015年日本闲置耕地面积已经达到39.6万hm²。日本稻作所面临的问题也十分严峻,由于1969年开始的稻作生产调整和1995年的大米流通机构改革,稻田耕作面积不断减少,米价也在持续下落^[2]。2014年日本水稻栽培面积为158万hm²,只有1969年(317万hm²)的一半。而且根据日本米谷价格形成中心统计换算,1993年大米1 kg的价格约为20.5元,但是现在已经减少到大概15.0元左右。因此,现在日本农业面临着农业劳动人口减少、耕地闲置、高龄化引起的劳动过重、生产方式再调整和米价下落等一系列问题。

正因为日本稻作面临的这些不容乐观的现状,可以免除育苗、插秧等工序,并可以大幅减轻劳动和节省成本的直播栽培技术重新引起了人们的重视^[3-9]。根据日本农林水产省的调查,直播比普通的移栽可以节省25%的劳动时间,消减11%的生产成本(表1)。除此之

表1 日本水稻直播和移栽生产情况比较

	直播	移栽	比较
劳动时间(h/667 m ²)	9.2	12.3	25%
生产成本(元/667 m ²)	3 704	4 140	11%
产量(kg/667 m ²)	325	351	7%

根据日本农林水产省在全日本436个地区的调查结果。

外,直播可以通过错开春播、插秧等劳动高峰时间,合理利用全年可耕作时间和减少二氧化碳和稻田甲烷排放^[10-12]。因此,水稻直播栽培技术被日本农林水产省列为支持21世纪变革的关键技术之一,并从1994年开始在全国各地开展直播技术普及研讨会,促进了直播栽培技术的发展和推广^[13]。但是相比移栽,直播具有易倒伏、杂草多、产量不稳定等问题。

2 直播栽培技术发展的历史和现状

日本最早的水稻直播栽培记录在古书《百姓传记》中,其作为湿田和台地的周边部分补充耕作用的“摘田”,作用主要是充分利用闲置耕地,分散稻作地区的劳动高峰和有效利用全年的可耕作时间^[14]。而进入近代之后,由于二战结束后劳动力严重不足,全日本尤其是气候温暖地区实施水稻直播栽培的农户大幅增加,但是随着劳动力不足问题的解决,渐渐的水稻直播栽培的面积也在不断减少。之后,在上世纪60年代因为日本进入经济高速发展时期,农村劳动力流出现象加剧,水稻直播栽培面积再次增加。但是,因为1970年机插等实用化的机械移栽技术的成熟,使插秧劳动力大

收稿日期:2018-07-13

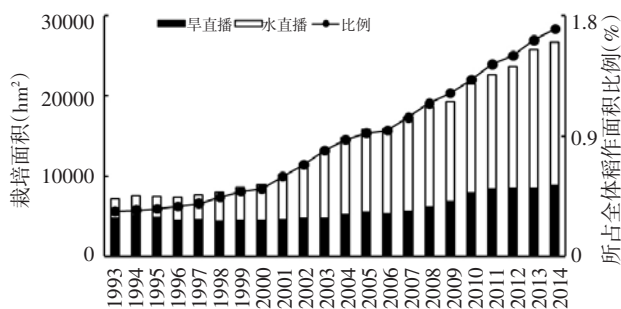


图1 近年日本水稻直播栽培面积的变化



图2 不同直播栽培方式流程

幅消减且机插水稻产量相对更稳定,直播栽培从1974年最高的5.5万 hm^2 再次开始减少。但是,进入到90年代初时,鉴于在前文介绍过的农业劳动人口减少、高龄化等一系列原因,直播栽培再次受到重视^[15]。因此,在日本水稻栽培面积减少的情况下,其直播栽培的面积却从1993年开始逐年增加。1993年日本的水稻直播栽培面积为7184 hm^2 (其中旱田直播栽培面积为4750 hm^2),2003年增加到13139 hm^2 (旱田直播栽培面积4796 hm^2),2008年则为18662 hm^2 (旱田直播栽培面积6097 hm^2),2014年为26798 hm^2 (旱田直播栽培面积8835 hm^2),占全日本稻作面积的1.7%左右(图1)。

3 直播栽培技术的种类

水稻直播大致分为在翻耕后灌水、耙田然后播种的水直播和在旱田状态下播种的旱直播。之前还有把包衣过的稻种在旱田状态下播种,播种后立刻灌水且在出芽之前维持灌水状态的折中直播,但现在统一被归为旱直播(图2)。

除此之外,根据播种方式又分为撒播、条播和点播。旱直播又依据播种前是否翻耕分为免耕旱直播和翻耕旱直播。

4 直播栽培技术的特征

4.1 播种、出芽、成苗特征

直播首当其冲的问题就是播种和保障稻种的出芽、成苗率。而影响播种和出苗的因素有很多。首先,脱粒比较困难和带芒的品种在稻种上容易残留枝梗和稻

芒。用这样的种子播种,容易造成播种机的播种精度下降。所以在播种之前要注意进行彻底的脱粒和脱芒。

水直播的播种方式很多样,主要有撒播、点播和条播。可以结合水稻品种和大田客观条件选择不同的播种机。一般来说,水直播相比旱直播受气象条件的制约程度小,小幅降雨之后就可以进行播种。但水直播是在灌水后的大田中播种,农机过重容易造成下沉,因而不适宜采用大型机械。

和水直播不同,旱直播在播种时无需用水,所以不受水资源影响,可以进行早期播种。但是其在播种后到叶龄3~5叶之前的20~40d之中一直处于完全无水的旱田状态。因此品种的耐干出芽性是决定旱直播能否出芽成苗的重要因素之一。不同品种的耐干出芽性存在差异^[16]。而旱直播的播种深度在土壤状态条件良好的情况下一般为2~3cm,以种子不露出地表为好。但是由于播种时大田不均一的土壤硬度和不平整的土壤表面容易造成播种深度过深,很容易造成数量上的出芽抑制和时间上的出芽不统一。所以,播深出芽性也很大程度上影响了旱直播出芽和成苗的好坏。和耐干出芽性一样,播深出芽性同样存在着明显的品种间差异^[17-18]。而播深出芽性是否良好和水稻幼苗的中茎以及低位节间的长度有很大关系^[19-24]。但是不同地域的水稻中茎和低位节间的伸长程度不同,其与出芽率的关系也不同^[21,25]。其中,短粒型的日本品种对出芽率影响最大的为第2节间,而第1节间和中茎的影响则相对较小^[26]。除此之外,有研究表明,选择大粒稻种可以有效改善由于播种深度过深造成的出芽成苗不良^[27-28]。所以进行旱直播的稻种需要通过盐水选种等措施来尽量保证其充实度。

除了播种方式和水稻品种自身的出芽形态特性等因素外,直播栽培出芽、成苗率与播种量的关系也十分密切^[29-31]。播种量的计算方式一般为:播种量=目标成苗数/品种出芽率×品种千粒重×播种面积。举例来说,目标成苗数为100苗/ m^2 ,品种出芽率为60%,品种千粒重为25g的情况下,播种量就应为2.8kg/667 m^2 。必要的目标成苗数根据水稻品种特性以及栽培方式不同,大致应为80~150苗/ m^2 。成苗数过少容易造成之后的穗数下降,产量下降。而过多的话,容易造成幼苗株茎过细且易倒伏^[34]。因此,直播经验较浅的阶段可以采用较多的播种量,再随着直播经验的加深逐渐减少播种量。而免耕旱直播与翻耕旱直播相比,分蘖十分平缓,应采用更多的播种量。

为了保障出苗,水直播时应保证水温在 15℃以上。因此,水直播早限的日平均气温应在 12℃以上。而移栽栽培早限的平均气温也在 12℃左右,旱直播的播种一般是在平均气温 15℃以上才可以进行,否则有不出芽的危险。因此,要想在 3、4 月份进行旱直播,应注意稻种的包衣处理工作。而除了一般稻种消毒杀菌的药剂之外,旱直播还应同时使用防止鸟害的避忌剂和防除条纹枯叶病媒介害虫灰飞虱虫卵的杀虫剂。

另外,土壤条件对水直播影响也较大。水稻在氧气较少的情况下也可以发芽,所以水直播时出芽率降低的原因并不是稻种进行呼吸作用的氧气不足,而是由于氧气不足所引起的土壤过分还原导致的。过分还原状态下的土壤中产生硫化氢或甲烷、有机酸等物质,从而阻碍幼苗的芽和根的伸长^[35-38]。因此,为了使出芽、成苗稳定,播种后的稻种周围就应处于一个氧化环境。而氧气产生剂的包衣,在接近土壤表面播种和播种后适当的落水管理等措施就可以解决这一问题^[39-42]。旱直播由于在旱田状态下播种,所以并没有发生土壤过分还原的现象。但是为了保证幼苗能顺利突破土层,翻耕旱直播的碎土率(2 cm 以下的土块比率)应为 60%~70%。土壤性质比较细的大田,应在上年冬季到早春进行数次翻耕、碎土^[43-44]。

4.2 生育特征

移栽水稻因为在育苗期间一直处于高密度的条件之下,且在插秧分苗时幼苗易受到机械性损害,所以很少从鞘叶节或第 1 节间等低位节间开始分蘖。与此相对,直播栽培因为避免了以上几种情况所以很容易从低位节间开始分蘖。因此,在保障气温等条件下,直播水稻的分蘖要比移栽水稻更加旺盛。但是,与移栽相比,水直播分蘖所受的影响因素更多,除了水分管理和施肥方法之外,成苗密度、播种深度、播种方式等都直接或间接的影响其分蘖速度。因此,相比移栽,水直播的分蘖速度容易发生变化。影响分蘖速度的因素总结成为:成苗密度高>低;水管理浅>深;施肥多>少;撒播>条播>点播。

与移栽水稻相比,直播水稻的株高要低、叶色要浅,但是在生育后期的降低程度却更小。另外,与翻耕旱直播相比,免耕旱直播初期生育没有停滞,整体发育更好。相比移栽,直播栽培的整体株高较矮。稻叶主体集中在植株的中下部。这就使得植株下部相比移栽栽培更易接受到阳光照射,整体受光态势更好^[45]。

水直播较差的抗倒性影响了其产量、食味和品质。

水直播的播种深度约为 2 cm,稻秆基部接近土壤表层致使水稻根部容易向上长出,极易发生“跌倒型”倒伏。影响水直播抗倒性的栽培条件大致为:播种深度深>浅;成苗密度低>高;点播>条播>撒播^[46-49]。提高土壤硬度的成熟期间断灌溉和依据不同生育期特征施肥来抑制稻秆长度等的栽培管理方法都可以有效提高水直播的抗倒性。

因为旱直播在旱田条件下播种,之后近 1 个月左右一直维持在无水条件下,且没有进行灌水,使得大田透气性良好,因此相比移栽和水直播,旱直播的土壤保持在一个有氧的环境下,使得旱直播的根量更大,根系更加旺盛^[50]。相比移栽,其根系深度浅但是在水平方向上分布更广。而长年进行旱直播的大田,水稻植株的根不仅仅只在水平方向上扩展且向下延伸的程度也在逐年加深^[6,51-53]。而且,旱直播的播种深度为 1~3 cm,比水直播的抗倒性更好,大致和移栽等同。特别是免耕旱直播,起支持作用的植株周围土壤因为没有进行翻耕和耙田所以比较硬,而且根部也更加发达,所以抗倒性要比其他直播方式更好。

连年进行免耕旱直播,可以使土壤的理化特性变得逐渐良好。连续 20 年以上对除去残留稻秆的免耕旱直播大田的调查表明,作物的残留根使得土壤中孔隙变多而且更加膨胀^[54]。相比翻耕的大田,连年进行免耕旱直播的大田土壤物理性以及腐植质、氮、磷等含量都没有发生明显变化,对水稻生长发育没有产生影响。但是,并不是一直保持旱直播大田的免耕状态就是好的,定期的翻耕可以把大田表层的有机物质转移到土层中去,提高土壤的肥沃度。而连续进行免耕旱直播栽培的大田,容易混入当年栽培品种以外的水稻品种。这是因为联合收割机在收割时通常会有 2%~3%的收割误差,导致稻谷大量残留在稻田中。这些残留的稻谷在有翻耕、耙田等措施的移栽方式栽培中完全不构成问题,但是免耕旱直播由于没有把这些残留稻谷深埋,因而出芽成株的很多,从而造成杂草稻的问题。为了解决这一问题,除了连续在同一水田继续播种与前年相同的水稻品种之外,还可以采取水田和旱田的轮换、免耕旱直播和翻耕旱直播的轮换,或者是延后播种期并在播种期之前施用无选择性的除草剂等措施。

4.3 产量、品质、食味的特征

相比移栽,虽然直播栽培分蘖更多,且在生育后期各项生理活动也更加旺盛,但是产量有 5%~10%的减收^[45,55-58]。其减收的原因,旱直播是由于播种期前后降

雨不足、除草剂的药害等造成出芽成苗恶劣,使得整体穗数相比移栽有所下降。而水直播在温暖地带的减产原因一般为旺盛的初期生育使得植株过分繁茂,生育中期对氮肥的吸收降低引起穗粒数不足所造成。所以在分蘖十分旺盛的温暖地带进行水直播,要采用能抑制生育初期过分繁茂的施肥方法。与此相对,在寒冷地区的水直播相比移栽其减收率随着纬度的北移而加大^[59-60]。这是由于水直播的抽穗期延迟使得成熟期的气象条件恶化,造成产量下降。

相比移栽,水直播的结实率和千粒重有所增加^[3,56]。但是因为水直播相比移栽易倒伏,在发生倒伏的情况下其结实率下降、千粒重减少、糙米蛋白质增加,进而影响品质^[61]。寒冷地的直播栽培,由于抽穗延迟导致的低温使直链淀粉含量增加,进而降低食味品质^[59-60]。温暖地区则没有这个问题。但是在避免倒伏和保障成熟期温度等情况下,水直播因为穗数的增加容易使每穗粒数减少,从而使得成熟良好的一次枝梗的谷粒比例增高^[60,62],而更加饱满、淀粉充实程度更好的一次枝梗谷粒比率的增加能极大提高大米的食味,是影响食味品质的重要因素^[63]。而且由于直播栽培成熟期的延迟使得成熟期温度降低,能大幅减轻由于成熟期高温引起的外观品质下降,提高整粒比率^[60]。

之前的研究已经表明,早直播栽培稻米的食味由于前文所述的生育特征:稻叶分布相比移栽集中在植株的中下部,使得植株整体受光态势提高^[52,64],且出穗后期叶色下降程度小,根系分布更广且根的生理活性直到生育期后半段一直维持在一个较高的水平^[12,51-53,65]。这些特征使得早直播在成熟期干物质生产量高且结实率好,千粒重大,充实度良好,一次枝梗谷粒比例增加^[6,53,66-67],进而使得其直链淀粉含量降低,糊化特性中的最高粘度和崩解值变大,从而使得稻米的食味品质提高^[45]。

5 直播栽培技术的注意点

直播品种选定应从早晚性、出芽成苗的稳定性和抗倒性来判定。直播应选择出芽和成苗率高的品种,而短粒型的品种相比长粒型的品种成苗更加稳定^[68-69]。直播因为没有育苗期,所以总的生育期变短,大田期相对变长。大田期变长就要考虑灌水、灌水和栽培时期的关系、肥料的种类和施用时期等问题。另外,直播的播期相比移栽插秧期早,而且直播抽穗期相对延迟,可以避免在温暖地区由于成熟期高温引起的品质降低,但是

相反地,在寒冷地区却容易在成熟后期由于低温和低日照引起成熟恶化。所以在进行直播栽培时预想抽穗期的气温条件是十分重要的。在寒冷地区需要选定生育期间短的早熟品种。成熟条件的标准大概为抽穗后40 d内的平均气温应在21℃以上。

因为水直播和移栽都需进行耙田,基本上可以进行移栽的大田都可以进行水直播,大田的适用范围相对较广。且播种机以外的农机和移栽相同,可以利用现有资源且方便管理。相比水直播,早直播的翻耕、耙田、播种等连续的工作可以直接在旱田状态下进行,容易机械一体化,能大幅提高效率和节省劳动力。另外,普通旱直播无需像水直播那样预先进行种子包衣工作,可以把消毒后的种子直接进行播种,方便大规模种植,且冬季杂草的铲除、翻地、碎土可以同时进行,工作具有连贯性。

旱直播能否实施要结合当地的气候和所使用的品种来判断。以往因为气温限制等因素,旱直播在寒冷地区的普及很有限。但是最近日本开始在其东北部实行,在旱田播种后早期通过灌水来保障大田温度的管理方法,使得旱直播技术在寒冷地区也能得到更广的普及。不过旱直播需要对大田进行碎土和平整工作,因此需要无水状态的大田,在湿田是无法引入的。也就是说除播种期之外,从冬季到次年春季还需进行翻耕、碎土工作。所以在这一段时间内,大田必须保持旱田状态。

另一方面,因为不进行耙田,所以大田漏水十分严重,不能保持灌水状态的水田也是不宜采用旱直播。漏水的原因大致分为垂直渗透和田边渗透两种。垂直渗透主要取决于下层土壤的饱和透水系系数或土壤性质,大概可以从土壤的种类来进行判断。比如,砂质土壤是不适宜采用旱直播技术的。而田边渗透是指田边的田埂修葺不完善引起的漏水,这是完全可以避免的。假如采用旱直播栽培的大田旁边是进行普通移栽的水田的话,容易发生从水田进水的情况,使得旱直播的播种和喷洒除草剂等工作不能正常进行。所以,采用旱直播的大田最好是在被水路和农道包围的区域。

旱直播一般在水稻3~5叶期前后、株高15 cm左右进行灌水,因而对大田的平整程度要求并不高。但是在早期也就是叶龄达到2~3叶、株高10 cm左右的时候就进行灌水的话,大田的平整度就变得十分重要。因为大田的凹凸程度大的话,凹部因为水深所以抑制分蘖,且易发生除草剂聚集。而反之,凸部因为露出水面容易使除草剂无法发生作用。因此,早期灌水的旱直

播,大田平整十分重要。

6 结语

近年,中国由于工业化的发展,进入城市务工的农村人口大幅增加。根据 2013 年中国农村统计年鉴的调查,中国农业人口占全劳动人口的比例由 1978 年的 92.4% 下降到 2011 年的 65.7%。在这些减少的农业人口中,青年农民因为过重的农业劳动和农业效率低下等原因放弃农业的人很多。于是,在农村地区青壮年劳动力不足成为了很深刻的问题。而且在外出务工现象严重的地区,农活就主要落在女性和高龄农民身上。另外,中国在 2004 年制定了最低价格收购制度,相比品质优良的大米,品质不良的大米的最低收购价格被设定得很低^[70]。在此之上,由于人手不足而引起的工时和生产费用上升也在不断加剧。因此,可以预想到在不久的将来中国会和日本一样面临稻农减少、农业劳动人口高龄化、生产成本上升等严峻问题。为了解决这些问题,能节省劳动力、提高劳动效率和降低生产成本的水稻直播栽培技术就显得十分重要^[71-72]。

中国的水稻直播栽培在上世纪 80 年代以前主要集中在北方水稻生育期较短的地区和一部分水资源不足的南方地区,之后在经济发展较快的上海、江苏、广东等地也逐渐推广了起来^[73]。2008 年中国水稻直播栽培面积已经达到 232 万 hm^2 (其中,水直播 153 万 hm^2 ,旱直播 78 万 hm^2),大概占全稻作面积的 8.3%。特别是在最近,中国南方地区水稻直播栽培面积的增加十分显著。目前水直播栽培面积最大的是浙江省 (37 万 hm^2),旱直播栽培面积最大的是江苏省 (49 万 hm^2),分别占两省水稻栽培面积的 39.7% 和 31.1%。特别是江苏省的旱直播栽培面积已占全国水稻旱直播面积的 60.9%^[74]。

但是,中国的稻作面积大,稻作环境复杂多样,栽培技术以及机械化程度在不同地域也参差不齐。特别是对于水稻直播栽培最大难点之一的杂草问题的解决,在全国提倡环境保护的大前提下,除草剂等的施用被严格限制。而且,目前中国水稻直播栽培的种子包衣技术,进行直播相应农机也不够完善。适宜水稻直播栽培的品种选育工作也没有系统的开展。适合各地区的水稻直播栽培技术管理体系还没有建立。因此,中国水稻直播栽培的普及工作还需从药剂、包衣剂、农机开发、栽培管理技术的完善、适宜水稻品种的选育等多方面开展,所需解决的问题还很多,工作任重而道远。

致谢

在此感谢吉林农业科技学院作物遗传改良与种质创新工程研究中心作物遗传育种科技创新团队对本论文的指导与支持! 并感谢我的妻子李超对我一直以来的无私支持和鼓励!

参考文献

- [1] 楠谷彰人,崔晶. 日本水稻生产的发展和新课题[J]. 天津农学院学报, 2012, 19(2): 40-44.
- [2] 中渡明弘. 米の生産調整政策の経緯と見直す問題[J]. 調査と情報, 2009, 659: 1-11.
- [3] 櫛淵欽也. 直播栽培におけるイネ品種の生態と育種への応用[J]. 農事試験報, 1981, 35: 1-50.
- [4] 甲田齐. 水稻乾田直播栽培の特性と大規模稲作経営の課題[J]. 岡山農試研報, 1985, 5: 37-46.
- [5] 熊野誠一, 黒田俊郎. 水稻の無代掻き直播と有機米生産に関する栽培技術の検証[J]. 岡山大農学報, 1994, 83: 91-112.
- [6] 木本英照, 富久保男, 岡武三郎. 乾田不耕起直播栽培-10アール5時間のイネつくり[M]. 東京: 農山漁村文化協会, 1995: 1-161.
- [7] 鶴岡康夫. 千葉県における早期乾田直播栽培技術の確立と大規模稲作経営体への導入[J]. 日作関東支報, 2013, 28: 8-11.
- [8] 石岡将樹. 水稻 V 溝乾田直播栽培における直交播種法の増収効果[J]. 日作東北支部報, 2014, 57: 43-44.
- [9] 林怜史. 北海道における水稻乾田直播栽培の苗立ち安定化技術[J]. JATAFFジャーナル, 2015, 3: 12-16.
- [10] 今野均, 坂井直樹, 米川和範, など. 水稻作 3 方式間における人為的二酸化炭素発生量の比較 [J]. 筑波大学農林技術センター研究報告, 2003(16): 1-8.
- [11] 石橋英二, 山本章吾, 赤井直彦, など. 水稻の不耕起乾田直播栽培が温室効果ガス発生に及ぼす影響[J]. 日本土壤肥科学雑誌, 2005, 76(5): 629-639.
- [12] 石橋英二. 水稻の不耕起直播栽培における温室効果ガスの発生実態の解明と削減技術の開発 [J]. 岡山県農林水産総合センター農業研究所研究報告, 2012, 3: 41-111.
- [13] 濱村謙史朗. 水稻直播栽培における技術開発の歴史と除草剤利用による雑草防除 (規模拡大・大規模経営に伴う雑草防除の諸問題)[J]. 雑草と作物の制御, 2015, 2(11): 23-30.
- [14] 小川直之. [湿田農耕]畑作と摘田(木下忠編)[M]. 東京: 岩崎美術社, 1988: 89-111.
- [15] 姫田正美. 乾田直播栽培直播稲作への挑戦: 第 1 巻 直播稲作研究四半世紀のあゆみ [M]. 東京: 農林水産技術情報協会, 1995: 1-122.
- [16] Shiratsuchi H, Morita S, Takanashi J. Differences in the rate of seed-emergence among rice cultivars under low soil-moisture conditions[J]. Plant Prod, 2001, 10: 94-102.
- [17] 趙志超, 高橋清. 栽培イネの出芽・苗立ちに関与する 2,3 の要因[J]. 日本作物学会紀事, 1999, 68: 379-384.
- [18] 濱田晃次, 柏木純一, 市川伸次. 水稻の湛水直播栽培における

- 深播き耐性の評価[J]. 日本作物學會紀事, 2011, 80: 298-299.
- [19] 井之上準, 安河内美昭, 穴山彊. 深播きされた水稻, 陸稲, 外国稲の出芽について [J]. 日本作物學會紀事九州支部報告, 1966, 26: 115-117.
- [20] 伊藤健次, 井之上準. 作物の出芽性と水稻の種子処理による出芽力の推進[J]. 農業技術, 1973, 28: 391-394.
- [21] 高橋清, 渡邊肇, 星川清親. イネの中茎および低位節間の伸長性の品種間差異と地理的分布[J]. 日本作物學會紀事, 1995, 64: 66-72.
- [22] 趙志超, 高橋清. イネの出芽・苗立ちに関する研究 第4報 異なる播種深度条件下でのイネ品種の出芽様式の変化 [J]. 日本作物學會紀事, 1997, 66(別2): 183-184.
- [23] 趙志超, 高橋清. 乾田直播における栽培イネの出芽様式の多様性について[J]. 日本作物學會紀事, 1999, 68: 501-507.
- [24] 岡部蘭子, 玉井富士雄, 元田義春, など. 不耕起乾田条件における出芽深度の相違が直播水稻の出芽率・苗立ち並びに生育に及ぼす影響[J]. 東農大農学集報, 2003, 48: 30-34.
- [25] 海妻矩彦, 佐藤和雄, 沢恩. 乾田直播栽培における水稻の出芽に関する遺伝学的研究: I. ダイアレル・クロス法による日本型水稻の中茎および低位節間の伸長度に関する遺伝分析 [J]. 育種学雑誌, 1972, 22: 172-179.
- [26] 赫兵, 豊田正範, 楠谷彰人. ポットに深播された水稻種子の出芽性と中茎長および低位節間長との関係 [J]. 日本作物學會紀事, 2017, 86(3): 243-250.
- [27] 岡部蘭子, 玉井富士雄, 元田義春, など. 水稻直播栽培における播種深度の相違が生育・生産に及ぼす影響[J]. 日本作物學會紀事, 2001, 70(別2): 73-74.
- [28] 岡部蘭子, 玉井富士雄, 元田義春, など. 水稻の栽培・収穫法および種子の大きさが発芽・出芽性に及ぼす影響[J]. 東京農工大学農学集報, 2004, 49(3): 113-118.
- [29] 奈良新治郎, SHINJIRONARA. 水稻の直播栽培に関する研究 I-I: 播種量と条間 (農学部門)[J]. 京都府立大学學術報告, 1967 (19): 50-54.
- [30] 木下収, 藤原明康, 黒田俊郎, など. 水稻直播栽培における密度効果[J]. 水稻直播栽培における密度効果, 1974(16): 45-46.
- [31] 須崎陸夫, 鷺尾養. 水稻直播栽培における作期移動に関する研究: 播種期の移動による生育収量に対する播種量および施肥量の影響の差異[J]. 作物学研究集録, 1974(16): 47-48.
- [32] 上山泰, 秋田謙司, 松井範義, など. 湛水土壤中直播栽培水稻の生育, 収量に及ぼす播種量の影響[J]. 神戸大学農学部農場報告, 1989(2): 12-18.
- [33] 齋藤祐幸, 有坂通展, 市川岳史, など. 無代かき作溝無コーティング湛水散播直播栽培技術の開発: 第1報 播種期と播種量について[J]. 北陸作物学会報, 1998, 33: 66-68.
- [34] 山内稔, 村岡賢一, 山川紳哉, など. 水稻鉄コーティング直播栽培の普及における播種量不足に起因した減収 [J]. 水稻鉄コーティング直播栽培の普及における播種量不足に起因した減収, 2016, 241: 20-21.
- [35] 萩原素之, 井村光夫, 三石昭三. 水稻の湛水土壤中直播における異常還元と出芽・苗立ち [J]. 北陸作物学会報, 1986, 21: 21-23.
- [36] 萩原素之, 井村光夫. 水田土壤の還元生成物を添加した土壤における直播水稻の出芽・苗立ち[J]. 日本作物学会紀事, 1993, 62(4): 609-613.
- [37] 吉井健一郎, 志和地弘信, 入江憲治, など. カンボジア国バットンバン州の水田土壤の還元状態と苗立ちの関係 [J]. 熱帯農業研究, 2011, 4(2): 90-98.
- [38] 田中英彦, 田中文夫, 山崎信弘. 湛水直播水稻における土壤還元処理とPythium 属菌接種による苗立ち率低下の品種間差異 [J]. 日本作物学会紀事, 2016, 85(2): 168-172.
- [39] 中嶋泰則, 関稔, 高橋成徳. 酸素発生剤と粘土の混合種子被覆による湛水直播水稻の出芽促進 [J]. 日本作物學會紀事, 1996, 65(3): 430-436.
- [40] 北野順一, 生杉佳弘. 水稻湛水直播栽培における播種後の落水管理が出芽・苗立ちに及ぼす影響[J]. 三重県科学技術振興センター農業研究部報告, 2002(29): 33-41.
- [41] 秀島好知, 原嘉隆, 伊勢村浩司, など. 佐賀平坦重粘土地帯での水稻湛水直播栽培におけるモリブデンコーティング種子による苗立ち安定化[J]. 日本作物学会九州支部会報, 2014(80): 7-9.
- [42] 田中英彦, 古原洋, 今野一男. 北海道の湛水直播水稻における出芽と苗立ちに及ぼす土壤還元の影響と播種直後からの落水の効果[J]. 日本作物學會紀事, 2016, 85(3): 253-259.
- [43] 大谷隆二, 西崎邦夫, 柴田洋一, など. 無代かき水稻直播栽培に関する研究: 第2報: 施肥播種機の開発と評価[J]. 農業機械學會誌, 1997, 59(1): 77-85.
- [44] 大谷隆二, 西崎邦夫, 柴田洋一, など. 無代かき水稻直播栽培に関する研究: 第3報 不耕起播種技術の開発[J]. 農業機械學會誌, 1997, 59(3): 73-81.
- [45] 赫兵, 豊田正範, 楠谷彰人. 香川県における良食味水稻品種ヒノヒカリの不耕起乾田直播栽培に関する生育, 収量および食味[J]. 日本作物學會紀事, 2017, 86(1): 70-77.
- [46] 寺島一男, 秋田重誠, 酒井長雄. 直播水稻の抗倒伏性に関する生理生態的形質: 第1報 押し倒し抵抗測定による耐ころび型倒伏性の品種間比較[J]. 日本作物學會紀事, 1992, 61: 380-387.
- [47] 尾形武文, 松江勇次. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究: 良食味品種の耐倒伏性に関する指標形質の評価[J]. 日本作物學會紀事, 1998, 67(2): 159-164.
- [48] 吉永悟志, 脇本賢三, 田坂幸平, など. 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稻の抗倒伏性向上—播種様式および苗立ち密度が抗倒伏性に及ぼす影響— [J]. 日本作物學會紀事, 2001, 70: 186-193.
- [49] 吉永悟志, 脇本賢三, 田坂幸平, など. 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稻の抗倒伏性向上—抗倒伏性向上および安定化のための点播条件— [J]. 日本作物學會紀事, 2001, 70: 194-201.
- [50] 小柳敦史, 南石晃明, 長野間宏. 汎用型不耕起播種機を用いた水田輪作体系における作物根系の特徴: 第3報 乾田直播およ

- び移植栽培したイネの根系分布と耐倒伏性 [J]. 根の研究, 1996, 5(1):9-12.
- [51] 大森正, 小野芳郎, 川中弘二, など. 稲麦不耕起栽培における土壌肥料的研究 [J]. 岡山県立農業試験場臨時報告, 1970, 65:1-46.
- [52] 人見進. 水稻の不耕起直播栽培法の確立に関する基礎的研究 [J]. 岡山県立農業試験場臨時報告, 1976, 68:1-50.
- [53] 金田吉弘. 低湿重粘土汎用水田における水稻の不耕起及び部分耕移植栽培[J]. 農業技術, 1992, 47:215-219.
- [54] 長期不耕起栽培圃場研究グループ. 長期不耕起直播田の土壌及び水稻栽培の実態調査[J]. 農業技術, 1994, 49(6):251-256.
- [55] 吉永悟志, 長田健二, 村上優浩, など. 直播水稻の収量特性及びその品種間差異[J]. 四国農試報, 1996, 61:91-98.
- [56] 尾形武文, 松江勇次. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究:第3報 湛水直播栽培における米の食味と理化学的特性[J]. 日本作物學會紀事, 1997, 66: 214-220.
- [57] 吉永悟志, 竹牟礼穰, 脇本賢三, など. 暖地の湛水直播栽培における土中点播水稻の生育特性—後期重点施肥による生育特性の変化と収量性の向上一[J]. 日本作物學會紀事, 2002, 71:328-334.
- [58] 横上晴郁, 伊藤勇樹, 松葉修一, など. 水稻直播栽培における玄米収量に及ぼす苗立率の影響[J]. 日本育種・作物学会北海道談話会会報, 2004(45):11-12.
- [59] 丹野久, 本間昭, 宗形信也, など. 寒地水稻の湛水土中直播栽培における収量及び食味関連形質の特性[J]. 日本作物學會紀事, 2008, 77:356-365.
- [60] 吉永悟志, 白土宏之, 長田健二, など. 東北地域における直播水稻の登熟特性と収量品質関連形質[J]. 東北農研センター研報, 2008, 109: 77-82.
- [61] 松江勇次, 水田一枝, 古野久美, など. 北部九州産米の食味に関する研究:第1報 移植時期, 倒伏の時期が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響[J]. 日本作物學會紀事, 1991, 60:490-496.
- [62] 尾形武文, 松江勇次. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究—苗立ち密度ならびに播種様式が水稻の生育, 収量および米の食味特性に及ぼす影響—[J]. 日本作物學會紀事, 1998, 67:485-491.
- [63] 松江勇次. 作物生産からみた米の食味学 [M]. 東京: 養賢堂, 2012:1-141.
- [64] 岡部蘭子, 玉井富士雄, 元田義春, など. 耕うん・播種法の相違が乾田直播水稻の出芽?生育ならびに収量に及ぼす影響[J]. 日本作物學會紀事, 2005, 74:125-133.
- [65] 二見敬三, 渋谷政夫. 不耕起直播水稻の根活力分布[J]. 土肥誌, 1990, 61:406-407.
- [66] 尹祥翼, 和田義春, 前田忠信, など. 直播栽培における日印交雑水稻の生育と収量: 乾田直播, 畑栽培での日本型水・陸稲との比較[J]. 日本作物學會紀事, 1997, 66: 386-393.
- [67] 島宗知行, 小林祐一, 吉田直史, など. 乾田直播栽培における水稻の登熟特性[J]. 東北農業研究, 2001, 54:39-40.
- [68] 藤井潔, 久保田重正, 小松勝夫. 水稻湛水直播における出芽・苗立ちの生態種及び品種間差異と最適催芽程度の解明 [J]. 愛知農総試研報, 1992, 24:1-10.
- [69] 福田あかり, 白土宏之, 山口弘道, など. 東北地方における飼料稲・多収稲品種の直播苗立ち特性 [J]. 日本作物學會紀事, 2010, 79:20-21.
- [70] 日本総合研究所総合研究部門. 海外農業・貿易事業調査分析事業(アジア・大洋州).[中国のコメ生産・消費・輸出状況等](ジャポニカ米を中心に)[M]. 東京:日本総合研究所, 2014:1-195.
- [71] 赵海新, 徐正进, 黄晓群, 等. 寒地水稻芽期耐碱鉴定指标分析与筛选[J]. 种子, 2011, 30(10):1-11.
- [72] 徐芬芬, 罗雨晴. 混合盐碱胁迫对水稻种子萌发的影响[J]. 种子, 2012, 31(2):85-87.
- [73] 章秀福, 朱德峰. 中国直播稻生产现状与前景展望[J]. 中国稻米, 1996(5):1-4.
- [74] 陈风波, 陈培勇. 中国南方地区水稻直播采用现状及经济效益评价——来自农户的调查分析[J]. 中国稻米, 2011, 17(4):1-5.

Development Status and Characteristics of Direct Seeding Cultivation in Japan

HE Bing¹, ZHANG Zhenyu¹, YANG Xiangbo¹, WANG Shuai¹, Akihito KUSUTANI², CHEN Dianyuan^{1*}

(¹ Agricultural College, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin, Jilin 132101, China; ² Tianjin Agricultural University, Tianjin 300000, China; *Corresponding author: jledy@sina.com)

Abstract: Direct seeding cultivation is a key technology to solve the problems of the shortage of labor force and production costs rising in China(because it does no need to seedling raising and transplanting). The research and development of direct seeding cultivation in Japan is advanced in Asian. This paper reviewed the significance and development history of direct seeding cultivation in Japan, introduced its classification, compared the characteristics of direct seeding cultivation and transplanting cultivation from the characteristics of emergence, growth, yield, quality, taste and so on. Combined with China's domestic situation and pointed out its guidance on the development of direct seeding cultivation in China.

Key words: rice; Japan; direct seeding