

不同耕作和种植方式对稻田杂草及水稻产量的影响^{*}

Rajender Singh Chhokar¹ 等著 禹盛苗² 译

(¹ Resource Management Unit, Directorate of Wheat Research, Karnal, India; ² 中国水稻研究所, 杭州 310006)

摘 要:采用田间试验,研究了7种不同水稻耕作和种植方式[水田翻耕移栽(puddling transplanting, PT)、免耕移栽(no tillage transplanting, NTT)、水田翻耕滚筒湿播(puddling drum wet seeding, PDWS)、免耕滚筒湿播(no tillage drum wet seeding, NTDWS)、传统耕作旱穴播(conventional tillage dry drilling, CTDD)、沟垄灌溉旱穴播(furrow irrigated raised beds system dry drilling, FIRBSDD)和免耕旱穴播(no-tillage dry-drilling, NTDD)对稻田杂草和水稻产量的影响。结果表明,PT处理下水稻产量最高,杂草干物质量最低;与移栽相比,直播(direct seeded rice, DSR),包括旱直播和湿直播,杂草生长能力最强,且不管有无杂草均降低了水稻产量;直播处理因杂草使水稻减产91.4%~99.0%,而PT和NTT处理分别减产16.0%和42.0%;香附子、龙爪茅、长穗苋、珠子草和假海马齿等杂草种类在DSR处理中大量出现,但在PT处理中未出现。大田示范试验结果表明,普通水稻品种(HKR-47和IR-64)在DSR处理较PT处理减产达15.8%,但优质水稻品种(Sharbati和PB-1)在两处理间无明显差异。当前劳动力紧缺,人工插秧需要大量劳力,因此亟需开发好氧栽培(如免耕直播和机插)模式下的适宜水稻品种及其相关配套农业机械及技术。

关键词:水稻;栽培方式;直播;移栽;翻耕;免耕;产量;杂草

中图分类号:S511.048 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8082(2016)05-0048-05

水稻是印度的主要粮食作物,播种面积达4 250万hm²,为印度人口提供29%的能量需求。世界范围内,水稻养活了50%的世界人口,提供了19%的能量(IRRI, 2014)。因此,维持和提高水稻产量对全球粮食安全至关重要。印度水稻生产主要采用水田翻耕移栽的方式。水田翻耕能有效降低水分渗透,维持稻田表面水层,控制杂草,促进水稻早期生长(Sharma和De Datta, 1986),且稻田水层影响田间杂草的种类及密度(Kent和Johnson, 2001; Kumar和Ladha, 2011)。此外,稻田耕作方式也能通过影响土壤的物理性状(如容重、穿透阻力、团聚体平均重量直径和表面粗糙度)(Carman, 1996)及种子在土壤中的垂直分布(Chauhan和Johnson, 2009)等影响杂草生长。水田翻耕还有诸如中和土壤pH值、提高养分有效性(如磷、钾、钙、镁、锰、锌),促进有机质累积(Ponnamperuma, 1972; Sahrawat, 2005)等优点。水田翻耕能提高土壤养分的有效性,其原因可能是减少了离子渗漏(如NH₄⁺)(Aggarwal等, 1995)。Singh和Bisoyi指出,水田翻耕配合施用蓝绿藻和红萍还能增加土壤的潜在生物固氮量,进而减少20~30 kg/hm²的施氮量(Singh和Bisoyi, 1989)。

然而,水田翻耕也会产生诸如土壤退化、形成黏土层、甲烷释放增多、黏土层亚硫酸盐增加(Ponnamperuma, 1972)、容重增大以及土壤板结等问题(Kirchhof等, 2000)。水田翻耕和移栽需要消耗大量的水资源和

人力(Kumar和Ladha, 2011),翻耕期间消耗的水量占水稻整个生育期的25%。水田翻耕造成的土壤结构破坏和黏土层对轮作体系中后茬作物的产量具有负面影响,而后茬作物在整田过程中同样消耗大量能量(Kumar和Ladha, 2011; Fujisaka等, 1994)。Fujisaka等(1994)对东亚地区稻-麦轮作体系的调查发现,稻-麦轮作体系中小麦产量较低。Singh等(2001)则指出,水田翻耕既有利于提高水稻产量,也能提高稻-麦轮作中小麦的产量,且节水作用显著。Koenigs(1961)指出,通过干湿交替和适宜水分控制可以逐渐恢复水田翻耕导致的土壤结构退化。

当前,水稻手工插秧密度为18~22株/m²,而最优的栽培密度为33~35株/m²,密度过低是影响水稻高产的另一个重要因素。考虑到人工插秧费时、费力、水资源和劳动力紧缺等问题,亟需开发替代人工插秧的水稻新型栽培技术。水稻直播或者稻田免耕移栽是一项可替代水田翻耕移栽,解决当前人工插秧劳动力紧缺及工作繁重等问题的潜在栽培技术(Kumar和Ladha, 2011)。通常,在水田翻耕情况下,若移栽后发生短期的剧烈干旱,土壤会发生收缩、破裂,可能抑制水稻根系生长,但免耕稻田不会出现这种状况(Mohanty等, 2004)。水稻旱直播或免耕移栽还能通过减少整地投入

收稿日期:2016-07-06

而减少水稻生产成本,并有利于环境可持续性(Farooq 等,2011)。Kumar 和 Ladha(2011)指出,与传统耕作相比,免耕能通过提高渗漏和减少蒸发,进而起到保护水土流失的作用。为此,本文旨在评价当前不同耕作和种植方式对水稻生长的影响,并明确不同耕作种植模式下的杂草生长差异及其对水稻产量的影响。

1 材料与方法

耕作和种植方式试验区域位于印度哈里亚纳邦卡尔纳尔小麦研究中心(29°43'N, 76°58'E, 海拔 245 m),试验于 2004 年和 2006 年季风季节进行,大田示范试验区域位于哈里亚纳邦卡尔纳尔地区。土壤质地为细砂壤土,pH 8.2,有机碳 0.41%,容重 1.57 mg/m³。该地区养分水平为低氮(165 kg/hm²),中磷(15.7 kg/hm²),高钾(15.7 kg/hm²)。具体操作步骤如下。

1.1 水稻耕作和种植方式

本试验采用 7 种耕作和种植方式,包括水田翻耕移栽(PT)、免耕移栽(NTT)、水田翻耕滚筒湿直播(PDWS)、免耕滚筒湿直播(NTDWS)、传统耕作旱穴播(CTDD)、沟垄灌溉穴播(FIRBSDD)和免耕旱穴播(NTDD)。以耕作和种植方式为主处理,杂草处理方式(有杂草和无杂草)为副处理,采用裂区试验设计,于 2004 年和 2006 年的季风季节实施。有杂草处理中杂草一直生长至水稻收获;无杂草处理:直播处理的杂草通过人工拔掉,移栽处理中在移栽 1~2 d 后喷施 1 250 g/hm² 的丁草胺进行控制,残留杂草每周人工拔除。每个处理 3 次重复,除 FIRBSDD 小区面积 28 m² 外,其余处理均为 20 m²。CTDD 和 FIRBSDD 处理,在稻田最适水分条件下采用耙 1 遍,平整 1 遍,旋耕 2 遍,再平整 1 遍的顺序进行整地。PT 和 PDWS 处理,在小区达到最适水分状态时,先耙和旋耕 1 遍,灌 10 cm 水层,再用旋耕机和耕田机各翻耕 2 次。上述试验采用早熟高产的普通水稻品种 HKR47。直播试验中,采用免耕播种施肥机按 40~45 kg/hm² 播种量进行播种(如 NTDD 和 CTDD),FIRBSDD 处理播种深度为 2.0~2.5 cm。于 6 月第 2~3 周播种,播后立即灌水。FIRBSDD 处理中,每列苗床播 3 列(沟间距 70 cm,距苗床大约 40 cm)。免耕播种(NTDD 和 CTDD)处理中播种行距 20 cm。滚筒湿直播处理中,催芽种子以 20 cm 的行距用滚筒播种机播种。NTT 处理移栽前 2~3 d 灌水 2 次以疏松土壤。移栽处理(NTT、PT)于秧龄 30 d 时进行移栽,行株距 20 cm×15 cm。免耕处理中,在播种或移栽前 3~4 d 用

0.5%草甘膦进行预处理(350 L/hm² 喷施),以控制杂草种子的萌发。

根据当地常规管理方式,按每 hm² N 150 kg、P₂O₅ 60 kg、K₂O 40 kg 和 ZnSO₄ 25 kg 进行施肥,灌 6~7 cm 水层。杂草干物质质量根据播种或移栽后 80~85 d 后随机取 50 cm×50 cm 面积的杂草生物量计算,水稻收获后脱粒记录产量。所有数据均用 SAS 9.2 软件进行方差分析,不同处理间数据采用 LSD 法进行显著性分析。

1.2 旱直播和水田翻耕移栽大田试验示范

试验同时,分别在哈里亚纳邦卡尔纳尔地区 8 个不同的试验点进行田间试验示范,用于比较直播和水田翻耕移栽处理间水稻产量的差异。每个试验点面积 4 000 m²,其中的 1 000~2 000 m² 用于直播,其余的用于水田翻耕移栽。水稻供试品种为普通品种 HKR47 或 IR64 (n=8)和优质品种 Sharbati 或 PB-1 (n=3)。普通水稻品种较优质水稻品种具有较高的产量,但其稻米品质较差(如粒型和蒸煮品质等),优质品种水稻粒长、蒸煮品质和香味佳。直播处理分别于 2005 年和 2006 年 6 月初用施肥播种机按 40~45 kg/hm² 的播种量进行播种,行距 20 cm,播种深度 2.0~2.5 cm。播种结束后,立即灌水以保证种子的萌发,之后根据天气状况每隔 3~5 d 灌 1 次水保持土壤湿润。水田翻耕移栽处理采用旋耕机进行翻耕,30 d 秧龄时按 30 丛/m² 进行移栽,移栽过程中,施 1 250 g/hm² 的丁草胺以控制杂草生长;直播处理于播后 15 d 施 100 g/hm² 的丁草胺,随后在播后 20~25 d 追施 2 kg/hm² 甲酸乙酯和 2 g/hm² (有效成分)甲磺隆以控制杂草,残留杂草在播后 30 d 和 45 d 进行手工除草。各试验点的数据进行平均,并采用 t 检验进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同耕作和种植方式对杂草和水稻产量的影响

不同水稻耕作和种植方式显著影响各种杂草的生长(表 1 和表 2)。与移栽处理(PT 和 NTT)相比,直播处理(PDWS、NTDWS、FIRBSDD、NTDD、CTDD)稻田杂草干物质质量较高。各直播处理中,杂草干物质质量在免耕干直播处理中显著大于水田翻耕湿直播处理。与 PT 处理相比,NTT 处理杂草干物质质量较高。传统 PT 处理中杂草干物质质量达 394 g/m² 和 194 g/m²,而 2004 年和 2006 年好氧直播处理(CTDD、NTDD 和 NTDWS)和 FIRBSDD 处理中杂草干物质质量为 589~951 g/m² 和 703~800

表 1 2004 年不同耕作和种植方式对杂草生长的影响

耕作和种植方式	干物质量(g/m ²)				
	稗草	龙爪茅	长穗苋	叶下珠	总量
水田翻耕移栽 (PT)	394 c	0 c	0 c	0 b	394 c
免耕移栽 (NTT)	358 c	3 bc	0 c	0 b	362 c
水田翻耕滚筒播种 (PDWS)	585 b	1 bc	1 bc	1 b	586 b
免耕滚筒播种 (NTDWS)	576 b	9 bc	3 bc	2 ab	589 b
常规耕作直播 (CTDD)	677 b	13 b	12 b	2 ab	703 b
沟垄灌溉穴播 (FIRBSDD)	881 a	29 a	37 a	4 a	951 a
免耕干穴播 (NTDD)	665 b	9 bc	5 bc	1 b	679 b

同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著 (LSD 检验)。下同。

表 2 2006 年不同耕作和种植方式对杂草生长的影响

耕作和种植方式	干物质量(g/m ²)						
	稗草	龙爪茅	千金子	叶下珠	光头稗	长穗苋	总量
水田翻耕移栽 (PT)	169 c	0 e	6 b	0 b	19 c	0 c	194 d
免耕移栽 (NTT)	235 bc	85 c	45 b	0 b	8 c	1 c	374 c
水田翻耕滚筒播种 (PDWS)	586 a	37 de	37 b	2 b	0 c	0 c	661 b
免耕滚筒播种 (NTDWS)	324 b	138 b	238 a	15 ab	34 bc	9 b	800 a
常规耕作直播 (CTDD)	515 a	201 a	14 b	2 b	67 b	2 c	800 a
沟垄灌溉穴播 (FIRBSDD)	482 a	150 b	37 b	30 a	38 bc	17 a	754 ab
免耕干穴播 (NTDD)	250 bc	58 cd	240 a	7 b	144 a	4 c	703 ab

g/m²。直播和免耕移栽处理中,由于缺少水层的阻滞,稻田渗透率较高,导致杂草迅速生长。直播处理中稻田早期需要进行频繁的干湿交替,也会促进杂草的萌发和生长。相反,水田翻耕移栽和免耕移栽处理杂草生长显著减少,这可能与早期植物的遮荫以及移栽后饱和水分的物理阻滞有关。且稻田表层水显著降低土壤氧含量,进而显著影响杂草的萌发和生长。研究发现,灌水时间、灌水持续时间和水层深度显著影响杂草密度和类型(Kent and Johnson, 2001)。除水生杂草外,大部分杂草种子不能在淹水条件下萌发。因此,采用合适的栽培管理措施或施用除草剂以及维持稻田水层,可显著提高除草剂的效率和杂草控制效果(Janiya 和 Johnson, 2005; Kent 和 Johnson, 2001)。

与移栽处理相比,旱直播处理中杂草多样性明显增加。水田翻耕移栽处理中杂草如龙爪茅、珠子草和长穗苋等不能生长,表明其对水分抑制高度敏感。直播和水田翻耕移栽处理中稗草是其优势杂草种类,千金子在免耕处理中最多,Chauhan 和 Johnson 认为,这可能与免耕处理中土壤表面植被光合的刺激效应有关(Chauhan 和 Johnson, 2008)。PT 处理下千金子生物量最低,表明淹水不利于其生长。Azmi 等 (2005)发现,在马来西亚地区当水稻种植方式从移栽变为直播后,千金子干物质量显著增加。稻田淹水处理 28 d 后,千金子干物质量可减少 72%~100% (Chauhan 和 Johnson,

2008)。Ali 和 Sankaran (1984) 认为,不同种类杂草的生长和密度受水稻耕作种植方法影响较大。他们发现水田翻耕处理中,稗草、异型莎草、墨旱莲、水苋菜等占很大比例,而光头稗、碎米莎草是免耕处理的优势物种。Hach 等 (2000)研究发现,灌水翻耕较干耕能一定程度降低杂草密度,但免耕条件下稻田稗草和双穗雀稗侵染能力显著增加。此外,耕作方式的改变也会导致杂草种群及数量的动态变化 (Buhler, 1995; Bhagat 等 1999)。与水田深耕处理相比,浅耕处理中大量杂草种子裸露在土壤表层,杂草种子大量萌发容易造成严重草害。

水稻田既容易滋生 C₃ 类型杂草,也容易滋生 C₄ 类型杂草。水田条件下,C₃ 杂草较 C₄ 杂草占优势;旱地土壤则反之(Elmore 和 Paul, 1983)。C₄ 类型植物较 C₃ 类型植物具有更强的竞争能力,因此,DSR 处理由于杂草间的竞争较强,水稻承受的草害也更严重。稻田中 C₄ 杂草包括光头稗、稗草、千金子、龙爪茅、香附子等(Elmore 和 aul, 1983)。不同类型杂草生长对栽培方法、耕作制度和水分管理的响应结果表明,当前我们急需更多了解杂草的生物学和生态学特性,以便更好地对其进行防控。

如表 3 表 4 所示,2 年研究结果表明,水稻耕作和种植方式、杂草控制及其交互效应显著影响水稻产量。仅考虑单因素效应,水稻产量随耕作种植方式和杂草

表 3 不同耕作和种植方式和杂草竞争对水稻产量的影响 (t/hm²)

耕作和种植方式	2004 年		2006 年	
	无杂草田	有杂草田	无杂草田	有杂草田
水田翻耕移栽 (PT)	6.64	4.51	6.58	5.53
免耕移栽 (NTT)	6.37	3.70	5.31	3.45
湿耕滚筒湿播 (PDWS)	4.55	0.12	5.98	0.39
免耕滚筒播种 (NTDWS)	4.87	0.42	4.69	0.21
常规耕作直播 (CTDD)	4.55	0.16	5.04	0.11
沟垄灌溉穴播 (FIRBSDD)	3.10	0.03	4.21	0.24
免耕穴播 (NTDD)	4.27	0.18	4.79	0.40
显著性检验(P=0.05)				
	2004 年		2006 年	
杂草控制	0.625		0.363	
种植方式	0.735		0.617	

表示种植方式(TCE)和杂草控制(WC)交互作用显著,进行单因素比较分析。

表 4 直播和水田翻耕移栽条件下不同水稻品种的产量差异

水稻品种	试验点 (n)	水稻产量(t/hm ²)	
		直播(DSR)	水田翻耕移栽(PT)
普通品种(HKR 47 和 IR 64)	8	5.74 b	6.82 a
优质品种(Sharbati 和 PB 1)	3	4.77 a	4.73 a

同行数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著 (LSD 检验)。

防控方式变化较大,尤其在不进行杂草防控时,水稻产量在不同处理间差异显著。不考虑杂草的竞争效应,以 PT 处理产量最高 (6.64 t/hm² 和 6.58 t/hm²),FIRBSDD 直播处理产量最低 (3.10 t/hm² 和 4.21 t/hm²)。Kumar 和 Ladha (2011)研究发现,与水田翻耕移栽处理相比,沟垄灌溉穴播的产量降低 30%左右。与 DSR 处理相比,PT 处理水层覆盖可能是增加水稻产量的主要原因。因为表面水层除了减少水稻和杂草间的竞争,还增加了植物养分的有效性 (Sahrawat, 2005; Aggarwal 等 1995)。

与 PT 处理相比,NTT 处理水稻产量较低,这可能与该处理高渗透性导致土壤蓄水能力较差有关。Peng 等(2006)长期试验发现,与连续水田翻耕处理相比,有氧栽培处理下水稻产量随年份增加而逐渐降低。Kreye 等(2009)同样发现,水稻有氧栽培方式下稻田生产能力逐渐降低,进一步研究发现,热带旱作水稻产量的降低可能是由南方根尖线虫病和微量元素的失衡所致,而稻田水层能够有效抑制南方根尖线虫病,并提高微肥的有效性。

2 年试验结果表明,不同栽培方式中杂草防控处理水稻产量均显著高于杂草未防控处理。与 PT 处理相比,其他耕作处理中水稻产量都有一定程度降低。DSR 处理中由于杂草竞争导致水稻减产幅度高达 91.4%~99.0%;移栽处理次之,达 16.0%~41.9%。DSR 处理减产

幅度最大,可能由于水稻与不同杂草间的激烈竞争所致,且杂草随着水稻的生长而出现,因此早期竞争更加剧烈;而移栽处理中杂草较少且有一定滞后性,因此水稻的竞争能力更强。Kim 和 Pyon (1998)研究发现,由于杂草竞争,水稻旱直播处理减产达 96%,湿直播减产 61%,移栽处理减产 40%。Ali 和 Sankaran (1984) 也发现,未进行杂草防控的稻田,水稻产量在水田翻耕和不灌水翻耕处理下较杂草防控处理分别降低 53%和 91%。当前,大量学者对好氧栽培和移栽条件下杂草与水稻生长的竞争关系进行了大量研究 (Rao 等, 2007; Kumar 和 Ladha, 2011)。Hill 和 Hawkins (1996) 研究发现,PT 处理由于稗草生长导致水稻产量降低 20%,在 DSR 处理中则降低 70%。这可能由于干湿交替的好氧栽培营造了有利于杂草生长的环境,且杂草随水稻同步生长,二者激烈竞争,因此水稻产量显著降低。在马来西亚一些地区,水稻直播已经取代移栽,但直播造成的杂草稻竞争严重威胁水稻产量,迫使农民不得不重新选择移栽方式以抑制杂草生长 (Kumar 和 Ladha, 2011)。

2.2 直播和水田翻耕移栽优劣及存在的问题分析

与 PT 处理相比,水稻普通品种(HKR47 和 IR64)旱直播处理水稻产量显著降低,而优质品种 (Sharbati 和 PB-1)的产量在两种栽培方式下无显著差异。直播处理中,不同水稻品种对栽培方式的响应以及杂草的

发生有明显的差异,为此我们要对品种进行筛选,并进一步培育适应有氧栽培(直播)的水稻新品种来提高水稻产量,改进与杂草竞争的有效性。

水稻直播具有操作简单、及时、节省劳力、节水抗旱及减少甲烷排放等诸多优势(Kumar 和 Ladha, 2011; Farooq 等, 2011)。因此,在适宜水稻直播地区开展直播栽培是解决未来劳动力日益紧缺的有效途径。但与 PT 处理相比,直播处理的主要问题是杂草难以控制及普通水稻品种的产量较低。由于要严重依赖除草剂控制杂草生长,杂草抗药性不断提高也是当前普遍存在和亟需解决的突出问题(Valverde 和 Itoh, 2001)。目前,印度广泛采用水田移栽并辅助除草剂和人工除草的水稻栽培方式,所以还没注意到这个问题的严重性和紧迫性。同时,直播条件下,由于田间生育期较长,农民也不得不放弃短季作物,如夏季豆科作物(绿豆、豇豆)或饲料作物(玉米、高粱)的种植。相反,移栽条件下,大棚 30~35 d 的集中育秧,将有助于统筹协调短季作物的种植。由于种植短季作物能抑制杂草种子生长,从而降低了后季水稻所面临的杂草竞争。因此,当前短季作物的优点和栽培方式的矛盾依然有待解决。

长期多雨天气也限制了大型农机的田间操作,不利于旱直播技术的推广。因此,面对当前日益严重的劳

动力紧缺问题,亟需开发水稻栽培相关的配套技术。如免耕配套的播种机械,较水田插秧漏苗率低,具有很好的应用前景。此外,水稻播前灌溉与草甘膦或百草枯喷施相结合,也能有效控制杂草生长。总之,开发不同栽培方式下的田间管理和农机配套技术,既能节省劳动力,控制杂草,还能有效提高水稻生产力和效益。

3 结论

试验结果表明,水田翻耕移栽能有效控制稻田杂草的发生和提高水稻的生产能力,但存在费时、费力、成本投入过高等问题。水稻直播(或有氧)栽培条件下杂草生长能力较强,与前者相比减产幅度较大,因此,要采用适当的杂草控制措施,才能提高水稻产量。水分管理可能是控制杂草生长的一种有效途径和方法,且优质水稻品种较普通水稻品种更适应于采用直播栽培。因此,当前水稻栽培需统筹考虑水稻品种、栽培方式和农业机械等因素,开发适应不同耕作栽培方式的相关配套技术,同时还应兼具适应性广和可持续性好等优点,以解决当前日益严重的劳动力紧缺问题,降低农民的减产风险,实现效益最大化。

* 本文原发表于 Crop Protection, 2014, 64:7-12。

Effects of Crop Establishment Techniques on Weeds and Rice Yield

Rajender Singh Chhokar (writer)¹, YU Shengmiao (translator)²

(¹ Resource Management Unit, Directorate of Wheat Research, Karnal, India; ² China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China)

Abstract: Field and pot studies were conducted to evaluate the effects of seven rice establishment techniques [puddling transplanting (PT), no tillage transplanting (NTT), puddling drum wet seeding (PDWS), no tillage drum wet seeding (NTDWS), conventional tillage dry drilling (CTDD), furrow irrigated raised beds system dry drilling (FIRBSDD), and no-tillage dry-drilling (NTDD)] and water submergence stress on weeds and rice yield. The highest yield and least weed abundance were in the PT treatment. The direct seeded rice (DSR), both dry and wet exhibited severe weed infestation, and compared to transplanting showed reduced yield both in the presence and absence of weeds. The yield losses due to weeds in the DSR treatments ranged from 91.4 to 99.0%, compared to 16.0 and 42.0% in the transplanting treatments (PT and NTT). Weeds, including *Cyperus rotundus* L., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Digera arvensis* Forsk., *Phyllanthus niruri* L., and *Trianthema portulacastrum* L, which were found in the un-puddled DSR treatments were absent in the puddled plots, particularly the PT treatments. In farmer's field studies, when compared to the PT treatments, the DSR treatments exhibited lower yields (15.8%) with coarse varieties (HKR-47 & IR-64), but fine cultivars (Sharbati & PB-1) exhibited similar yields under both systems. In view of the shortage of labour for manual transplanting, there is a need to develop suitable cultivars for aerobic system conditions (unpuddled DSR and NT machine-transplanting).

Key words: rice; cultivation method; direct seeding; transplanting; plowing; no-tillage; yield; weeds