

稻田节水少耕技术及机具的初步研究

许春林¹, 何 堤², 李金峰³, 初 江⁴, 张晓东¹

(1. 哈尔滨市农业机械化研究所, 哈尔滨 150070; 2. 黑龙江省农业机械工程科学研究院, 哈尔滨 150080;
3. 黑龙江八一农垦大学植物科技学院, 大庆 163319; 4. 黑龙江省方正县农业机械技术推广站, 黑龙江方正 150800)

摘 要: 该文论述了一种全新的水田耕整地方式, 即采用专用旋耕机并以特定模式进行带状旋耕整地以取代传统翻耕或旋耕整地的新型耕作方法。该耕整地方式的特点为: (1) 大幅度降低动力消耗及费用。由于采用新的带状少耕润田插秧的整地方法, 取消了传统水耙田、人工扬肥、耩平、沉浆和捞残茬五项作业环节, 降低了动力消耗并节省了 50%~60% 的整地费用。(2) 泡田用水相对传统整地方法可节约 30%~40%, 是一项水稻生产的高效节水新技术。(3) 作业周期由原来的 10~15 d 减为 1~2 d 即可。(4) 实现了少耕和根茬及部分秸秆还田的保护性耕作方式。(5) 增产增收, 平均增产幅度为 8.4%~12%, 该技术对水稻生产的发展具有推动作用, 是一项创新技术。

关键词: 水稻田; 保护性耕作; 少耕节水; 降本增收

中图分类号: S345

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)04-0116-05

许春林, 何 堤, 李金峰, 等. 稻田节水少耕技术及机具的初步研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 116-120.

Xu Chunlin, He Di, Li Jinfeng, et al. Preliminary study on minimum tillage with water saving technology and implement for paddy field[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(4): 116-120. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

多年来, 中国水稻生产中的稻田耕整地方式一直采用传统的犁耕或旋耕机进行土壤翻耕, 而后进行灌水泡田、人工扬肥、水耙田、耩平、沉浆和捞残茬等田间作业的耕作制度, 这种耕作方式存在着费用高、耗水多且浪费严重、耕整地周期长、秸秆根茬还田量少和耕层土壤结构不佳等问题。近年来随着自然环境的恶化, 中国一些地区特别是北方地区春旱日趋严重, 稻田整地时泡田用水严重缺乏, 已经影响到水稻生产的稳定和发展, 成为水稻生产过程中亟待解决的问题。为了保护生态环境, 节约水资源, 降低生产成本, 实现保护性耕作, 更好地发展水稻生产, 我们开展了稻田节水少耕保护性耕作技术及机具的研究。

1 国内外水田耕整地技术现状

1.1 国外技术情况

当今世界水稻机械化生产采用两大栽培体系: 一是以欧美为代表的水田直播机械化栽培体系, 用先进的平整机械平整土地, 水田实现条田化, 已培育出适合旱直播的品种, 采用药剂灭草, 联合收获。美国是最早实现水稻种植机械化的国家之一, 目前已完全实现了水稻机械化直播。这种模式生产成本低, 作业效率高, 产量与插秧基本相同。二是以日本为代表的水稻移栽机械化栽培体系: 翻耕或旋耕整地后打浆平地、工厂化育秧, 机械插

秧, 联合收获, 全国基本形成了统一的水稻栽培模式。整地、育秧、插秧机械已实现了标准化作业, 水稻生产机械化程度达到 98%, 居世界前列。

1.2 国内技术情况

中国水稻种植方式与日本接近, 在 20 世纪 80 年代引进了日本旱育稀植和棚室盘育秧、机械插秧技术, 实现了水稻生产技术的重大突破, 大幅度地提高了水稻产量。由于受经济等诸多条件的制约, 水稻机械化生产的水平和普及程度还不高。中国水稻生产耕整地方式一直沿用传统的翻耕或旋耕、人工扬肥、水耙、耩平、沉浆等一整套作业环节的耕作制度, 长期沿用这种耕作制度土壤结构破坏严重, 耕层中含气量低, 氧化还原速度慢, 不利于土壤中有机的分解和养分的释放, 土壤通透性差, 而且整地用水耗量大, 每亩用水约 150 m³, 水稻插秧前还必须经过施肥、水耙田、耩平、沉浆和捞残茬五项作业环节, 才能达到水稻机插秧作业的整地要求, 整地过程时间长、费用高, 水资源浪费严重。目前一方面农业生产用水资源严重缺乏, 另一方面由于过度耕作, 植被破坏严重, 土壤裸露, 下雨易产生径流, 造成水土流失, 生态环境恶化。因此, 水田节水少耕保护性耕作技术及机具的开发, 对水稻保护性耕作和生态型生产的发展将会起到非常大的促进作用。

2 主要技术内容及特点

稻田土壤是一种特殊的土壤类型, 它和通气良好的旱田土壤不同。稻田土壤在水稻传统耕作方法及淹水栽培条件下, 土粒分散程度高, 多呈单粒状态, 易沉实板结, 耕层水份饱和, 空气被排除, 呈还原状态, 当秋季排水落干后充满空气时, 又呈氧化状态。这样反复循环形成一种特殊的物理、化学、生物学过程, 它使稻田土壤在

收稿日期: 2005-03-14 修订日期: 2006-03-03

基金项目: 哈尔滨市科技攻关项目

作者简介: 许春林(1962-), 研究员, 主要从事耕作技术及机具的研究。哈尔滨市城乡路 206 号 哈尔滨市农业机械化研究所, 150070。

Email: xcl1980@vip.sohu.com

物质的转化和移动、养分的保持与释放等方面, 都与一般旱田土壤不同。针对稻田土壤的上述特点和传统耕作方法的弊端, 我们试验了一种新的稻田耕作技术——节水带状少耕保护性耕作技术。

2.1 耕整地机具结构及耕作过程

该项技术采用特制的 1GZSF-180/6 型水田少耕施肥机。该机由减速箱总成、机架总成、旋耕刀轴(左、右)总成、施肥总成、镇压器总成、地轮总成等工作部件组成的新型机具(见图 1)。该机打破了水稻田耕整地的传统模式, 采用不同的旋耕齿排列顺序, 且分长刀和短刀, 根据每行的耕层宽和耕层深度进行排列组合。同时设有耕作腔, 镇压器。耕作腔采用全封闭式, 土壤经旋耕后依靠全封闭耕作腔使土壤全部回落到耕作带上, 再经过镇压器镇压, 6 条完整的秧苗带即耕整完成。该机配套动力 47.8~59.9 kW, 整机重量: 600 kg。作业时在两稻茬中间对水田进行横截面为“T”字型带状旋耕及施肥, 旋后进行镇压整形。工作效率 4~9 亩/h, 旋耕机工作幅宽 180 cm, 带状作业 6 行, 每行耕宽 15 cm, 耕深 16~18 cm, 行距 30 cm, 与普通插秧机配套。稻田经上述旱整地后即可放水泡田(润田), 泡田水位不宜过高, 没过耕层土壤 3~5 cm 即可, 打封闭药灭草, 水泡田 6 h 后不需其它整地作业即可应用普通插秧机进行水稻插秧。第二年对未耕区域进行轮耕, 多次轮耕后视情况进行一次全面翻耕。

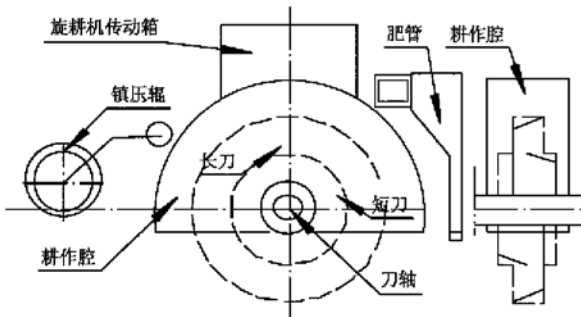


图 1 水田茬间少耕整地机具结构简图

Fig. 1 Structural diagram of an implement for the soil preparation with less tillage in the gap of stubbles of paddy field

2.2 该技术的耕作特点

2.2.1 少耕、实现水稻秸秆及根茬还田

该技术采用 T 型带状旋耕的少耕方法, 保留了全部水稻根茬和约 70% 的耕层结构以及其地表的秸秆覆盖, 实现了根茬及部分水稻秸秆还田, 同时又满足了水稻播种(直播)或插秧的耕整地要求, 实现了稻田保护性耕作。“T”型耕作形式的确定, 主要是根据以下两个需要: (1) 耕后“T”型上部“宽浅”以满足插秧需要; (2) 下部“窄深”有利于根系的发育及上下耕层间的气体交换, 并实现少耕。据方正县实验田的测定, 此法耕作插秧 2 个月后耕层 A 与 B 处(见图 2)的土壤坚实度分别为 3.11 kg/cm² 与 7.20 kg/cm², 可见窄幅带状深耕对水稻根系的发育和增强土壤的通透性具有良好的作用。

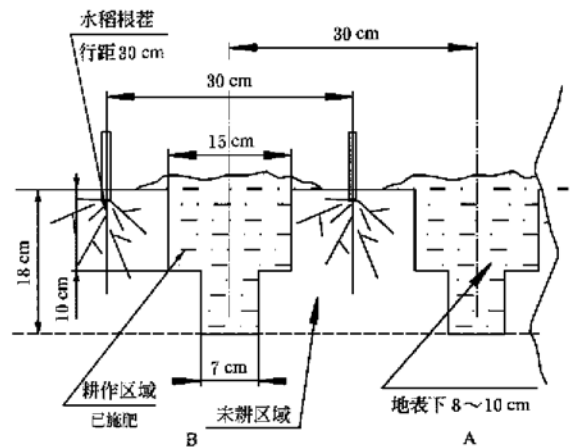


图 2 带状少耕法耕层断面示意图

Fig. 2 Schematic diagram of tillage layer for the less tillage method with belt-shape

2.2.2 简化稻田耕作的作业环节, 大幅度减少作业量, 降低生产投入

由于该耕作方式只旋耕插秧用带状土壤, 70% 的耕层内其余土壤不动, 降低了耕作时的动力消耗, 同时免去了人工扬肥、水耙田、耩平、沉浆和捞残茬五项作业环节, 减少了 60%~70% 的稻田耕整地作业量, 也相应降低了生产成本。此耕作方法的另一重要特点是由于稻田土壤部分未耕及耕作后的部分土壤免除了水耙作业, 使土壤团粒体得以较多留存, 减少土壤单粒结构形成, 因此土壤孔隙度增加, 容重降低; 土壤含气量增加, 通透性增强; 土壤水份含量低, 耕层水、土温升高; 热通量增大, 热通量的日变化差增大, 有利于干物质的积累。两种耕法的费用比较见表 1, 从表 1 中可以看出保护性耕作法比传统耕作法节约成本 27.90 元/亩(2004 年测算)。

表 1 水稻田传统耕作与保护性少耕法费用对比表

Table 1 Comparison of fees between the conventional tillage and the conservative less tillage method

	元·亩 ⁻¹						
	春翻 旋耕法	水耙费	打旱埂 用工费	打水埂 用工费	捞稻茬 用工费	水费	合计
传统耕作法	12	10	5.3	5.3	5.3	20	57.90
保护性少耕法	12	0	2.5	2.5	0	13	30.00

2.2.3 节省稻作用水, 缩短耕整地作业周期

由于 70% 的耕层土壤保持原有地表覆盖及未耕状态, 已耕土壤经回填、镇压后形成苗床带并略高于田间地表 2~3 cm, 在放水泡田作业时泡田水的水位高度高于田间地表 5 cm 左右即可, 传统耕作方法的泡田水位高度应高于土垡 10~15 cm(未耕田间地表的 15~20 cm)以备水耙作业, 仅两种泡田水位的差可致泡田用水量相差 60 m³/亩以上, 从图 2 可以看到, 在深于 10 cm 的耕层下部未耕区域的比例大于 75%, 此结构有助于减少稻田用水的渗漏, 耕整地作业过程中又减少了多个作业环节, 将原来的耕作周期 10~15 d 降为 1~2 d 即

可,相应缩短了泡田期的渗漏与蒸发时间,总之,通过在方正县 2003~ 2005 年的生产实践与试验测定,采用保护性节水少耕技术比传统耕作方法节省泡田用水 30%~ 35%,较大程度上缓解了整地用水集中和水资源不足的问题,同时缩短了水田耕整地作业周期,为增加水稻的生长期创造了有利条件。

2.2.4 稻田施肥相对集中,提高了肥料利用率

该技术在稻田少耕作业时即把欲施肥料混入带状耕作的土壤中,未耕作部分不施肥,这样苗带肥量相对集中,有利于提高所施肥料的利用率,减少了肥料的施用量。

2.2.5 增产效果显著

2003~ 2005 年三年累计完成 3200 亩,第一年完成 4 亩,对比田 4 亩,第二年完成 1050 亩,对比田 10 亩,第三年完成 2146 亩,对比田 16 亩。实验地点在方正县会发镇会发村、宝兴乡石家村、德善乡莲花村、新城村。实施地块对比田与试验田采用同一育苗方法,同一水源单排单灌,采用流量计计量灌溉用水。对比田采用的是旋耕、泡田、手工扬肥、水耙田、耟平、捞残茬、沉淀、插秧的传统耕作方法;试验田采用的是带状少耕同时施肥、水泡田(水面沫过耕层 3~ 5 cm)打封闭药灭草,6 h 后进行插秧的保护性耕作方法。实施情况取三年平均值列表 2。从表 2 中可以看出保护性少耕法泡田时间缩短 2.6 d,水耙、耟平、捞残茬、沉淀缩短时间 5~ 9 d,两项合计缩短作业周期 8~ 12 d;节省油料 0.69 kg/亩;全生育期节水 303 m³/亩。

表 2 保护性少耕法与传统耕法作业周期、耗油及节水情况对比

Table 2 Comparison between the conservative less tillage and the conventional tillage method in terms of operation periods and consuming fuel and saved water

	泡田时间 /d	水耙及沉淀 /d	整地耗油 /kg·亩 ⁻¹	全期耗水 /m ³ ·亩 ⁻¹
传统耕法	3.0	6~ 9	2.65	978
保护耕法	0.4	0.00	1.96	675

机械插秧结束后,在试验田和对比田中分别按插了五组测试标志,对秧苗的生长期进行了全面的跟踪记录。每隔 3 d 进行一次数据读取,并将数字汇总,取其平均值列表 3。从表 3 中可以看出,保护性耕作法比传统耕作法株高提高 6 cm,发根数比传统耕作法多发根 18 根,根长比传统耕作法长 13 cm,且长势好,抗倒伏能力强,可见保护性节水少耕对水稻根系的发育、水稻的生长和增强土壤的通透性具有良好的作用。保护性节水少耕法与传统耕作法施肥及产量情况取 3 年平均值列表 4,从表 4 中可以看出保护性节水少耕法比传统耕作法节约肥料 3 kg/亩,每穴多分蘖 5.55 株,每穴粒数多 2.9 粒,千粒重重 0.45 g,平均增产 48.23 kg/亩。其中莲花村增产 37.9 kg/亩,增产幅度 8.4%;会发村增产 51.9 kg/亩,增产幅度 11.3%;新城村增产 54.9 kg/亩,增产幅度为 12%。

节肥增产效益为:节肥 3 kg/亩×3 元/kg+ 48.23 kg/亩×1.80 元/kg 水稻= 节肥及增产效益为 95.81 元/亩。总节本增产效益为(27.9+ 95.81)= 123.71 元/亩。

表 3 保护性少耕法与传统耕法株高、发根数、根长及长势情况对比

Table 3 Comparison between the conservative less tillage and the conventional tillage method in terms of the stem height, the number of rooting, root length and growth vigor

耕作方法	株高 /cm	发根数根 /根·穴 ⁻¹	根长度 /cm	长势	倒扶情况
传统耕法	69	491	28	一般	多
保护耕法	75	509	41	好	不倒

表 4 保护性少耕法与传统耕法施肥及产量情况对比

Table 4 Comparison between the conservative less tillage and the conventional tillage method in terms of the fertilizer application and yield

测试地	品种	耕作方法	施肥量 /kg·亩 ⁻¹	有效分蘖	粒数 /穴	千粒重 /g	产量 /kg·亩 ⁻¹
莲花村	普优 17	传统耕法	25	20.4	79.2	25.6	452.6
莲花村	普优 17	保护耕法	22	25.6	81.3	26.1	490.5
会发村	普优 17	传统耕法	24	19.2	78.5	25.8	458.5
会发村	普优 17	保护耕法	21	25.1	82.2	26.2	510.4
新城村	上育 397	传统耕法	24.5	19.8	78.9	25.7	456.6
新城村	上育 397	保护耕法	21.5	25.4	81.8	26.2	511.5

2.3 应用该技术耕作后的耕层土壤温度变化

在测量该种耕法与传统耕法的耕层土壤温度时,我们发现此少耕方法较传统耕作的耕层土壤温度略高(见图 3)。在 5 cm 深的耕层中积温用面积比较的方法(即时间与温度的乘积)可以确定少耕法比传统耕法大(28.425)°C·T,既 1.17°C/h,目前此现象的成因尚未完全明确,研究小组正在对此现象进行深入的研究。另一现象表现为温度的变化随耕层深度的增加逐渐趋于一致。见图 4、图 5,在 10 cm 深的耕层面积比的差为 20.629°C·T,在 15 cm 深的耕层面积比的差为 15.265°C·T。积温差在逐步减小,说明温度的差值也在逐步减小。

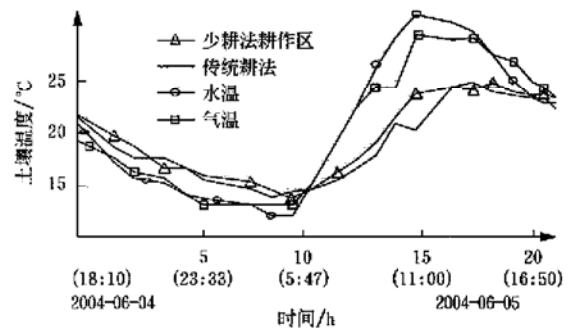


图 3 耕深 5cm 处的不同耕法土壤温度变化曲线
Fig. 3 Temperature curves for the various tillage methods at the furrowing depth of 5 cm

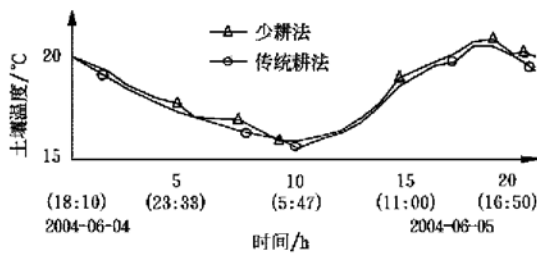


图4 耕深 10 cm 处的不同耕法土壤温度变化曲线
Fig. 4 Temperature curves for the various tillage methods at the furrowing depth of 10 cm

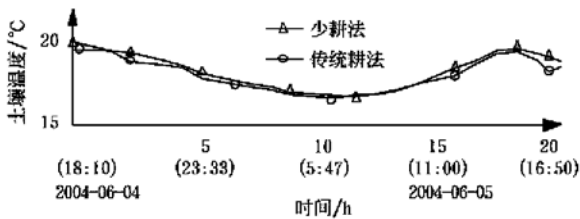


图5 耕深 15 cm 处的不同耕法土壤温度变化曲线
Fig. 5 Temperature curves for the various tillage methods at the furrowing depth of 15 cm

2.4 与该项技术相关的农机具配套应用情况

插秧机是与该项技术应用关联程度最大的农机具(若采用人工插秧则带状整地与传统整地方式相比插秧作业无明显差异)。采用带状整地对其它相关田间作业机具无特殊要求或显著影响。由于该项技术的耕整地方式为带状旋耕,耕作并放水润田后的田间将出现间隔的带状苗床,该苗床内的土壤为稀泥状,而未耕区域则出现相对的硬埂,这种状况将导致独轮驱动的乘坐式插秧机在插秧作业时(如延吉产 2ZT 935/6 型)须在硬埂上行走且方向难以保持的现象,其它类型的两轮手扶式或四轮行走式插秧机其操控情况均好于独轮驱动式插秧机。目前,我们正在试验将延吉产 2ZT 935/6 型插秧机的独轮驱动改为窄距双轮驱动,使双轮在苗床内行走以易于其行走轨迹与耕作带相吻合。这方面还将做深入的研究与试验。同时我们也在进行在带状少耕整地机的基础上直接加装水稻播种装置进行水稻旱直播的试验,以期达到一次进地作业同时完成带状旋耕整地、施肥、播种、镇压等多项作业。

3 该技术应用推广的技术经济分析

水稻是中国种植面积最大、单产最高、总产最多、最主要的粮食作物之一,2001 年水稻种植面积约 3140.6

万 hm^2 , 占全国谷物种植面积的 34%、占世界水稻种植面积的 21.0%; 稻谷总产 19510.2 万 t, 占全国粮食总产的 43%、占世界稻谷总产的 35.7%, 居世界第 1 位; 稻谷平均单产 6.212 t/hm^2 , 高于世界稻谷平均单产近 1 倍, 位居世界前列。水稻在中国粮食生产中占有举足轻重的地位, 对世界水稻生产也有重大的影响, 因此, 研究和开发中国水稻耕整地技术及机具, 具有重要的意义。目前, 中国水稻生产一直沿用传统的耕作方法, 泡田用水耗量大。以黑龙江省方正县为例, 其稻田每亩泡田用水约 150 m^3 , 全生育期用水量约 1200 m^3 , 应用该项技术后每亩节水约 300 m^3 /亩, 节水作用极为显著, 是一项节水稻作的新技术, 在一定程度上可以缓解水资源短缺给水稻生产造成的矛盾, 同时由于节约了 50%~60% 的整地费用(27.9 元/亩), 增产 8.4%~12%。保护性耕作技术在水稻生产中的实施与应用, 在水田保护性耕作及节水稻作生产上具有极大的创新意义。黑龙江水稻种植面积 2700 万亩, 若应用该技术则年可节水 80 亿 t, 节支 7.5 亿元、增收 8.1 亿元。

4 结语

通过 2003~2005 年稻作期的生产实践, 对水田保护性节水少耕技术有了一些初步的认识, 积累了一些粗浅的经验, 尚有许多工作要做, 有些技术和数据还需进一步的验证和充实。现撰写此文以期能促进节水稻作及水田保护性耕作技术的发展, 增进学术交流, 为提高中国水稻生产的技术水平作出贡献。

[参 考 文 献]

- [1] 王一凡. 北方节水稻作[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2000, 6.
- [2] 刘巽浩. 耕作学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001, 7.
- [3] 周云龙. 植物生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [4] 廖庆喜, 舒彩霞, 田波平. 田间作业机械对行导向行走系统[J]. 农业机械学报, 2004, 35(2): 178-180.
- [5] 刘天福, 白人朴. 农业机械化技术经济[M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1986.
- [6] 高连兴, 刘凤丽, 吕子湖, 等. 东北农业机械化特点及其对种植业纯收益的贡献率[J]. 农业工程学报, 2000, 16(6): 60-63.
- [7] 陈德俊, 郭介年, 徐锦大. 多熟制水稻插秧机分插机构的研究[J]. 农业机械学报, 1992, 23(2): 23-28.
- [8] 中国农业机械化研究院编. 农业机械设计手册(上册)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [9] 天津大学主编. 机械原理(上、下册)[M]. 北京: 北京教育出版社, 1979.

Preliminary study on minimum tillage with water saving technology and implement for paddy field

Xu Chunlin¹, He Di², Li Jinfeng³, Chu Jiang⁴, Zhang Xiaodong¹

(1. Harbin Agricultural Mechanization Institute, Harbin 150070, China; 2. Heilongjiang Provincial Agricultural Mechanical Engineering Academy, Harbin 150080, China; 3. Plant Science and Technology College of Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China; 4. The Agricultural Machinery Technology Instruction Centre of Fangzheng County Heilongjiang Province, Fangzheng, Heilongjiang 150800, China)

Abstract: In the paper, a brand-new method of tillage and soil preparation for paddy field was discussed, the method using a special rototiller to rotary hoeing field in strip, instead of the traditional moldboard plow or rotary tillage. The characteristics of this tillage method are as follows: first, it can reduce the power consumption and the operation cost significantly comparing to traditional tillage and soil preparation for paddy field. For the adoption of new strip minimum tillage, soil humifying and rice seedling transplanting, the four operations of harrowing, smashing, leveling and dragging paddy residue were canceled, and the power consumption was reduced, the cost for soil preparation was saved by 50% to 60%. Second, compared to traditional soil preparation, the wastage of water for dunking field was saved by 30% to 40%, thus, it is a new and high effective technology for saving water. Third, it can curtail the period of tillage and soil preparation for paddy field from the primary 10~ 15 days to 1~ 2 days. Fourth, it realized the conservation tillage by reduced tillage and putting rootstalk and part of straws back into field. Fifth, the temperature of the tillage layer heightened 0.5~ 0.8°C, and increased outputs by 8%~ 18% (based on the output reports of comparative fields). This technology is an innovation and has a great reference for the development of paddy production.

Key words: paddy field; conservation tillage; minimum tillage with water-saving; cost reduction and income increment