

# 可降解种膜直播对水稻生长和产量的影响

宋玉秋 张强 陈天佑 辛明金 刘翠红  
邬立岩 张本华 孔爱菊 崔红光 任文涛

沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110866

**摘要** 为了探索可降解种膜水稻直播种植技术在辽宁地区的可行性,在辽宁省辽阳、新宾等地,以普通直播和机械插秧为对照,研究可降解种膜直播对土壤不同土层温度、出苗时间、出苗率、生长性状和产量构成等指标的影响。结果表明:可降解种膜直播与对照相比,对耕层地表和地表下5 cm处温度的影响极显著( $P < 0.01$ ),对地表下10 cm处温度的影响显著( $P < 0.05$ );在水稻生长前期,对提高土壤温度作用较大,且主要体现在浅层,在水稻生长的中后期,对较深层土壤的温度影响加大。与普通直播相比,可降解种膜直播早6 d出苗,出苗率高17.6%。与对照相比,可降解种膜直播对水稻株高和分蘖的影响均极显著( $P < 0.01$ );水稻生长前期,机械插秧处理的秧苗植株最高,到生长中后期,可降解种膜直播秧苗株高最高,但随时间推移,3种植模式下的秧苗株高差别越来越小,可降解膜作用减弱;可降解种膜直播水稻分蘖最早,且更早达到分蘖高峰,有效分蘖比对照高24%和35%。可降解种膜直播与2组对照相比,对水稻的产量有极显著的影响( $P < 0.01$ ),在14.5%的含水率下,可降解膜直播产量为11 141 kg/hm<sup>2</sup>,比普通直播高17.72%,比机械插秧高8.33%。

**关键词** 可降解种膜; 水稻直播; 土壤温度; 生长性状; 产量

**中图分类号** S 223.2<sup>+</sup>3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)04-0001-06

水稻是我国的主要粮食作物,种植面积占粮食总种植面积的30%,产量占总产量的45%,水稻生产对粮食安全具有举足轻重的作用<sup>[1-2]</sup>。地膜覆盖作为一种农作物增产、增收的重要技术,不仅具有增温、节水等作用,还具有防止土壤流失、有效控制土壤盐碱度、减少氮的淋洗等优点,因此,被广泛应用于棉花、玉米等旱作农业生产中<sup>[3-7]</sup>。在水稻种植方面,任文涛等<sup>[8-9]</sup>进行了水稻纸膜覆盖种植技术节水控草效果的试验研究;辛明金等<sup>[10]</sup>进行了纸膜覆盖水稻乳芽直播技术研究;王友贞等<sup>[11]</sup>进行了水稻旱作覆膜的增温保墒效果及其对生育性状影响研究;黄艳胜<sup>[12]</sup>分析了水稻纸膜覆盖的增产因素;杨安中等<sup>[13]</sup>分析了不同覆盖物对旱作水稻田间生态环境及产量的影响。但普通残膜在农田中的长期积累会导致土壤耕层理化性质和生物学性质的劣变,影响农作物的生长发育,进而导致作物减产、品质变差<sup>[14-16]</sup>。近年来,可降解地膜发展迅速,其材料为可降解的淀粉等。

韩国研发了一种可降解种膜水稻直播技术<sup>[17]</sup>,该技术的核心是:在工厂内,应用种子粘接机按照要求的行距、穴距、每穴种子粒数,将水稻种子粘在可降解膜上形成种膜;再用可降解种膜铺放机将粘好种子的种膜铺放到田间,完成水稻直播作业。该技术有旱直播和水直播2种形式,旱直播是在耕整地以后的地表直接铺放种膜,水直播是在泡田后的泥水表面铺放种膜。该技术的最大优点是通过可降解膜覆盖于水田地表控制杂草的生长发育,同时减少肥料和水分蒸发,提高地温,大幅度降低农药的施用量。为了探索该技术在辽宁地区的可行性,本研究以普通旱直播和机插秧为对照,在辽宁省辽阳、新宾等地开展了可降解种膜水稻直播田间试验,探讨可降解种膜直播对土壤温度及水稻生长性状和产量的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 可降解膜选择

可降解种膜选用韩国三星精密化学株式会社生

收稿日期: 2016-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(51509155; 51275319)

宋玉秋, 博士, 副教授. 研究方向: 水稻生产机械化技术及装备研究. E-mail: songyuqiusyau@sina.com

通信作者: 任文涛, 教授. 研究方向: 水稻生产机械化技术及装备研究. E-mail: rwt@syau.edu.cn

产的 PBAT 具有环境认证的有机原料。该膜通过调整配方,其降解时间可以在 90~200 d 调节,可降解膜幅宽 1 800 mm,膜厚 0.01 mm。

## 1.2 种子的选择与粘接

可降解种膜直播应选择当地主栽品种中生长期较短、抗病、抗倒伏的水稻品种。本试验采用吉粳 88,该品种生育期 144 d 左右,株高约 1 m。在将种子粘接到可降解膜上之前,对种子进行除芒处理。

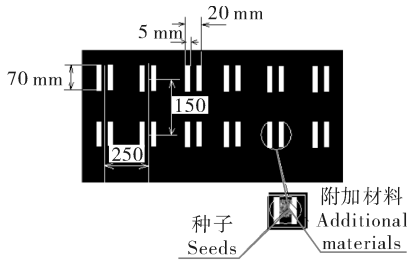


图 1 种子粘接的相对位置

Fig.1 Relative position of seed bonding

种子粘接使用韩国 Green & Seed Corp 公司生产的种子粘接机进行。按照要求的行距和穴距,将可降解膜在拟粘接水稻种子的位置附近切出 2 个长孔,利用韩国在永林化(OEM)公司生产的、具有挥发性有机溶媒 VOC 的无水乙醇为载体的可降解粘接胶,将种子粘在 2 个长孔中间位置。同时,在种子附近粘上杀虫剂、杀菌剂和微量元素等附加材料。本试验采用的行距为 250 mm,穴距 150 mm,可降解膜开孔长度为 70 mm、宽度 5 mm、两孔外边间距 20 mm;种子用量为 120 kg/hm<sup>2</sup>。

## 1.3 试验设计与检测方法

试验地点选择辽宁省辽阳灯塔市大河南镇新光村和新宾满族自治县新宾镇郝家村。种膜铺放采用韩国 Green & Seed Corp 公司生产的种膜铺放机,种膜直播要求地表更平整,以保证种膜与地表贴合质量。选取普通早直播和普通机械插秧作为对照,水稻种膜直播与对照为相邻的水田。试验面积为 0.12 hm<sup>2</sup>,对照面积为 0.133 hm<sup>2</sup>。普通早直播(CK1)和机械插秧(CK2)的水稻品种均为吉粳 88,机械插秧的行距为 300 mm,穴距为 160 mm,每穴平均株数 3.0,直播时间为 4 月 25 日,机械插秧时间是 5 月 20 日。普通早直播(CK1)的行距为 250 mm,穴距为 150 mm,平均每穴播种粒数为 10.5,田间管理方法参照文献[1]进行。

主要检测项目与方法如下:

1) 土壤温度:用五点取样法,每点面积为 1 m<sup>2</sup>,

用 6305 型土壤温度检测仪(探针长度 15 cm,精度±0.6℃)随机测 10 个点,测量耕层地表处、地表下 5 cm 和 10 cm 的土壤温度并记录,取平均值进行统计分析。

2) 水稻出苗状况:用五点取样法,每点面积为 1 m<sup>2</sup>,监测水稻出苗时间、平均穴粒数、平均每穴出苗数,记录并计算出苗率。

3) 植株生长性状:采用五点采样法,每点选取 20 株秧苗,并进行标记。在水稻生长期,每隔 10 d 测量株高和分蘖。

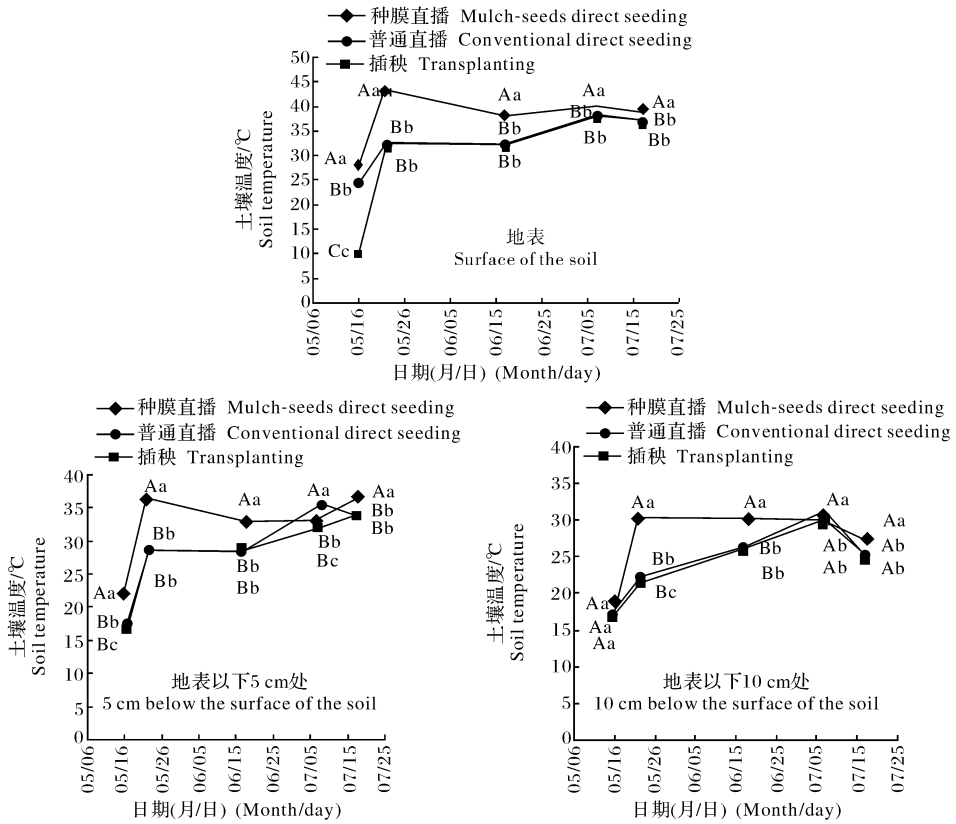
4) 考种:10 月 4 日收获,收获前每个处理随机取 3 个点,每点测量面积为 1 m<sup>2</sup>,测定总穗数、有效穗数。然后每个处理选取 100 株测量每穗粒数、穗长、30 株的穗质量、30 株秸秆质量、千粒重,取平均值进行分析。用电子天平(1/1 000)测量秸秆质量,用 PM-8188NEW 型谷物含水率测试仪检测谷粒含水率。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植模式对地温的影响

分别测量了 5 月 16 日、5 月 22 日、6 月 17 日、7 月 7 日和 7 月 17 日的气温,分别是 18、26、27、29 和 28℃。5 月 16 日插秧前,检测了机械插秧田块的土壤参数。从 5 月 22 日开始,机械插秧处理已经建立了水层,水深 10 cm。其他处理在 5 月 16 日到 7 月 7 日期间,采取干湿交替灌溉方法,地表无水层。耕层地表、地表下 5 cm 和 10 cm 的土壤温度检测结果及显著性分析如图 2 所示。

从图 2 可见,通过不同时间测试,与普通直播和机械插秧相比,种膜直播对耕层土壤温度的影响极显著( $P < 0.01$ ),种膜直播地表处的温度均大于普通直播和机械插秧,5 月 16 日温差最大(18℃),7 月 7 日和 7 月 17 日温差最小(2℃);与普通直播和机械插秧相比,种膜直播对地表下 5 cm 处土壤温度的影响极显著( $P < 0.01$ ),耕层地表下 5 cm 处温度大于普通直播和机械插秧(除 7 月 7 日),5 月 22 日温差最大为 7.5℃,7 月 7 日和 7 月 17 日温差最小,为 2℃;与普通直播和机械插秧相比,种膜直播对地表下 10 cm 处土壤温度的影响显著( $P < 0.05$ );地表以下 10 cm 处温度不低于普通直播和机械插秧(除 7 月 7 日);5 月 22 日温差最大,为 9℃;5 月 16 日和 7 月 7 日温差最小,为 0℃。综合分析,可降解膜在水稻生长前期,有效地提高了地温。



不同大写字母代表组间存在极显著性差异  $P < 0.01$ , 不同列小写字母代表组间显著性差异  $P < 0.05$ , 下同。Different uppercase letters indicate significant difference at 0.01; different lowercase letters indicate significant difference at 0.05. The same for the following.

图 2 种植模式对土壤温度的影响

Fig.2 Effects of planting patterns on soil temperature

进一步分析可知,在水稻生长的前期,可降解膜提高耕层地温作用较大,之后越来越小,原因是可降解膜的增温作用主要体现在浅层,但随着气温的升高,到了水稻生长的中后期,三者的地表温度差别越来越小;可降解膜覆盖对较深层次(地表以下 10 cm)的土壤温度影响在水稻生长前期较小,中后期较大。

### 2.2 种植模式对水稻出苗状态的影响

表 1 反映了可降解种膜直播技术条件下的水稻出苗情况。由表 1 可见,在相同的行距(25 mm)、穴

距(150 mm)、不同的播种量(可降解种膜直播技术的每穴种子粒数平均为 8.3 粒,直播技术为 10.5 粒)条件下,与对照(CK1)的水稻早直播技术相比较,可降解种膜直播条件下的水稻出苗需 15 d,比水稻早直播早 6 d 出苗;种膜直播出苗率为 82.65%,而水稻早直播技术的出苗率仅为 65.05%,两者相差 17.6%。可降解种膜直播技术条件下水稻出苗快的原因是可降解膜提高并保持了地温;出苗率高的原因是由于地温较高,种子快速发芽,霉变和虫害等较轻。

表 1 种植模式对水稻出苗状态的影响

Table 1 Effects of planting patterns on rice emergence

种植方式 Patterns	平均穴粒数 Average seeds per hill	出苗时间/d Emergence time	平均每穴出苗数 Average seedlings emergence per hill	出苗率/% Emergence rate
种膜直播 Mulch-seeds direct seeding	8.3	15	6.86	82.65
普通直播 Conventional direct seeding	10.5	21	6.83	65.05

### 2.3 种植模式对水稻生长性状的影响

观测了水稻株高和分蘖等生长性状,株高反映

了水稻的生长速度,而分蘖则直接影响水稻的产量,3 种植模式的水稻株高和分蘖的检测结果及显著

性分析如表 2 所示,结果表明:相对普通直播和机械插秧,种膜直播对水稻株高的影响极显著( $P < 0.01$ )。水稻生长前期,机械插秧处理的秧苗植株较高,可降解种膜直播次之,原因是机械插秧时

秧苗株高已经达到 180 mm 左右,而种子直播则需要有一个生长发育的过程;水稻生长中后期,与普通直播和机械插秧相比,可降解种膜直播秧苗株高最高,是由于可降解膜积蓄和保持了地温,有利于水稻

表 2 种植模式对水稻株高及分蘖的影响

Table 2 Effects of planting patterns on height and tillering of rice plant

性状 Traits	处理 Treatment	06/17	06/27	07/07	07/17	07/27	08/07	08/17	08/27	09/07	09/17
株高/mm Height	种膜直播 <sup>1)</sup>	140Bb	370Bb	766Aa	880Aa	920Aa	988Aa	1 005Aa	1 018Aa	1 038Aa	1 056Aa
	普通直播 <sup>2)</sup> CK1	77Cc	287Cc	627Bb	768Cc	847Cc	917Cc	965 Cc	989 Cc	1 006Cc	1 029Bc
	机械插秧 <sup>3)</sup> CK2	182Aa	412Aa	758Aa	854Bb	894Bb	950Bb	990 Bb	1 009 Bb	1 010Bb	1 040Bb
分蘖数 Tillers	种膜直播 <sup>1)</sup>	8.9Aa	15.4Aa	33.4Aa	28.6Aa	27.6Aa	27.9Aa	27.5Aa	26.8Aa	26.2Aa	26.1Aa
	普通直播 <sup>2)</sup> CK1	6.9Bb	11.2Bb	19.5Bc	23.5Cc	22.3Bc	20.3Bc	19.8Cc	19.5Cc	19.3Cc	19.2Cc
	机械插秧 <sup>3)</sup> CK2	3.1Cc	9.3Cc	21.3Bb	25.3Bb	23.3Bb	21.8Bb	21.2Bb	21.6 Bb	21.4Bb	21.1Bb

注: Note: 1) Mulch-seeds direct seeding; 2) Conventional direct seeding; 3) Transplanting.

的生长;随时间推移,3 种植模式下的秧苗株高差别越来越小,地膜作用减弱,是因为环境温度、光照等条件均适合秧苗生长。

相对普通直播和机械插秧,种膜直播对水稻分蘖的影响均极显著( $P < 0.01$ )。由表 2 可知,可降解种膜直播的水稻分蘖数在不同时期均大于 2 组对照,并且开始分蘖最早,普通直播次之,分蘖开始最晚的是机械插秧,7 月 2 日可降解种膜直播水稻的分蘖达到高峰,之后茎蘖数逐渐减少(因为有些分蘖最后萎缩了,没有形成有效分蘖);种膜直播水稻有效分蘖数相对于机械插秧和普通直播高 24% 和 35%,其原因是可降解种膜直播提高了地温、秧苗粗壮整齐所致。

## 2.4 种植模式对水稻产量构成的影响

不同种植模式对稻穗性状和产量的影响及显著性分析如表 3 所示。种膜直播与普通直播对水稻的产量构成指标的影响差异均为极显著( $P < 0.01$ ),

种膜直播均优于普通直播;种膜直播与机械插秧相比,对穗粒数、结实率、单位面积穗数及产量的影响差异极显著( $P < 0.01$ ),对二次分枝数的影响显著( $P < 0.05$ ),种膜直播稻穗二次分枝较多;对穗长、一次分枝数、每穗实粒数及千粒重的影响差异不显著( $P > 0.05$ )。可降解种膜直播和机械插秧结实率差别不大,但普通直播较少。可见,可降解种膜直播技术的瘪粒率较低,为 2.65%。原因主要是可降解膜覆盖提高了地温,抑制了肥料的蒸发,促进了水稻的生长;可降解种膜直播与普通机械插秧的稻穗二次分枝较多的原因可能是积温较高所致。可降解种膜直播的水稻单位面积穗数比普通直播(CK1)和普通机械插秧(CK2)分别高 15.95% 和 28.68%。与普通直播相比,可降解种膜直播由于地温较高,有效分蘖较多,因而单位面积穗数较多;与机械插秧相比,可降解种膜直播由于播种量较大,单位面积的有效茎蘖数较多,因而单位面积穗数较多。种膜直播与

表 3 种植模式对水稻产量构成影响的检测结果

Table 3 Results of effects of different planting patterns on rice yield

种植方式 Patterns	穗长/mm Panicle length	一次分枝数/穗 Primary branches/panicle	二次分枝数/穗 Secondary branches/panicle	每穗粒数 Grains/panicle	每穗实粒数 Mature grains/panicle	结实率/% Seed setting rate	穗数/ (穗/m <sup>2</sup> ) Panicles/unit area	千粒重/g Thousand grains weight	实测产量/ (kg/hm <sup>2</sup> ) Actual yield
种膜直播 Mulch-seeds direct seeding	178.5Aa	13.5Aa	51.1Ab	184.4Aa	178.2Aa	96.64Bb	504Aa	22.6Aa	11 141Aa
普通直播 CK1 Conventional direct seeding	173.6Bb	12.4Bb	23.5Bc	155.8Cc	147.3Bb	94.82Cc	435Bb	21.8Bb	9 464Cc
机械插秧 CK2 Transplanting	178.2Aa	13.6Aa	52.3Aa	181.2Bb	177.1Aa	97.72Aa	392Cc	22.5Aa	10 284Bb

普通直播和机械插秧相比,对水稻千粒重的影响前者极显著后者不显著( $P > 0.05$ )。原因主要是可降解种膜直播和机械插秧的积温较高,水稻籽粒较为饱满。

稻穗性状影响水稻的产量,由表 3 可知,种膜直播与普通直播和机械插秧相比,对水稻产量的影响极显著( $P < 0.01$ )。可降解种膜直播比普通直播(CK1)产量高 17.72%,比普通机械插秧(CK2)高



8.33%。可见,可降解种膜直播与机械插秧的产量相近,但普通直播产量相对偏低。可降解种膜直播比普通直播产量高,主要是由于在水稻生长的中前期,可降解膜有效地提高和保持了地温,因而秧苗粗壮整齐、分蘖较早、有效分蘖数、单位面积穗数与每穗粒数较多、千粒重较大。

### 3 讨论

可降解种膜能改善土壤的温度环境,促进作物的生长发育,提高其产量,与孙云云等<sup>[18]</sup>和兰印超<sup>[19]</sup>的研究结果相同。可降解种膜直播与机械插秧和普通直播相比,对耕层地表和地表下5 cm处温度有极显著影响( $P < 0.01$ );对地表下10 cm处温度有显著影响( $P < 0.05$ )。在直播和机械插秧的前期,可降解膜对地表温度的提高作用较大,其增温作用主要体现在浅层,到了水稻生长中后期,种植模式对地表温度的影响越来越小,但可降解种膜对较深层次(地表以下10 cm)的土壤温度影响加大,原因主要是初期土壤温度较低,可降解膜将积蓄的太阳能和空气中的高温热能直接传给了地表土壤,而土壤的热传导速度较慢,系统惯性较大,深层次的土壤温度升高需要较长时间和过程。兰印超等<sup>[20]</sup>研究表明地膜对5 cm土层影响最为明显,随土层的增加日变化趋于平缓,同时地膜的增温效应随土层的加深而降低,随时间的延长而减弱,与本研究结果相同。但杨玉姣等<sup>[21]</sup>研究淀粉基可降解地膜对土壤温度的影响,发现覆膜处理的土壤5 cm温度明显高于无覆膜对照,土壤10 cm处温度无明显差异,可能是由于地膜材料不同,所得结果亦不同。

与普通直播相比,可降解种膜直播秧苗生长发育良好。与水稻早直播相比,种膜直播的水稻提早6 d出苗,出苗率高17.6%。兰印超等<sup>[20]</sup>研究表明生物降解膜玉米比露地玉米提前3 d出苗;李昌爱等<sup>[22]</sup>以露地为对照,研究了地膜覆盖对白芷出苗的影响,结果表明,白芷出苗期比对照提前10 d左右,且出苗整齐一致,出苗率比对照高40%,本试验得出相似的结论,原因是可降解膜覆盖提高和保持了地温,有效地促进了秧苗生长发育。

与普通直播和机械插秧相比,可降解膜直播对水稻株高的影响均极显著( $P < 0.01$ )。水稻生长前期,机械插秧处理的秧苗植株较高,到生长中后期,与普通直播和机械插秧相比,可降解种膜直播秧苗株高最高,但随时间推移,3种植植模式下的秧苗株高差别越来越小,地膜作用减弱。申丽霞等<sup>[23]</sup>、乔

海军等<sup>[24]</sup>以露地玉米为对照,研究可降解膜玉米在苗期、拔节期、大喇叭口期、灌浆期、成熟期等不同时期的株高变化,结果表明,可降解地膜玉米株高显著大于露地玉米株高,本研究所得结果与其相同。与2组对照相比,可降解膜直播对水稻分蘖影响均极显著( $P < 0.01$ )。在水稻生长前期,可降解种膜直播水稻分蘖最早,且更早达到分蘖高峰,分蘖数比机械插秧和普通直播高24%和35%。沈康荣等<sup>[25]</sup>研究水稻露地和覆膜栽培分蘖,结果表明,覆膜栽培水稻分蘖快,低位蘖多,因而有效分蘖多,本研究结果与之相同。

水稻的穗长、分枝数、穗粒数、每穗实粒数、结实率、单位面积穗数、千粒重等产量构成直接影响水稻的产量。可降解种膜直播与两组对照试验相比,对水稻产量的影响极显著( $P < 0.01$ )。在14.5%的含水率下,可降解种膜直播产量为11 141 kg/hm<sup>2</sup>,比普通直播高17.72%,比普通机械插秧高8.33%。申丽霞等<sup>[23]</sup>以露地为对照,研究可降解地膜玉米的产量构成,结果表明,穗粒数增加9.6%,千粒重增加20.9%,产量增加35.1%,且两者差异均达到显著水平。薛清源等<sup>[26]</sup>研究发现,相比露地,可降解膜具有极显著的增产效果,增产达16.18%,本研究所得结果与之类似,但增产率不同,原因可能是农作物种类或地域的差异。沈康荣等<sup>[25]</sup>以露地为对照,研究覆膜栽培水稻的产量构成,结果表明,千粒重比对照提高0.3 g,提高1.2%;覆膜栽培的穗实粒比对照多10.5%,二者差异达极显著水平;覆膜栽培的穗总粒数均比对照多,且二者差异达极显著水平,其穗平均粒数最高值为171.4粒,最低值为102.4粒,本研究也取得类似结果。

### 参 考 文 献

- [1] 王在满,罗锡文,陈雄飞,等.水稻机械化穴播技术对稻米品质的影响[J].农业工程学报,2015,31(16):16-21.
- [2] 潘俊峰,崔克辉,向镜,等.不同库容量类型基因型水稻茎鞘非结构性碳水化合物积累转运特征[J].华中农业大学学报,2015,34(1):9-15.
- [3] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长的影响[J].农业工程学报,2012,28(4):111-116.
- [4] 张占琴,魏建军,战勇,等.不同可降解地膜对棉花生理及产量的影响[J].新疆农业科学,2010,47(10):1947-1951.
- [5] 徐胜光,黄必志,刘立光,等.地表覆盖及等高线种植玉米对坡地红壤水热生态效应研究[J].云南农业大学学报,2002,17(3):220-224.
- [6] 王玉娟,陈永忠,王瑞,等.覆草间种对油茶林土壤养分及生长

- 量影响的主成分分析[J].中南林业科技大学学报,2010,30(6):43-49.
- [7] 戴敬,陈荣来,李国军.可降解地膜覆盖棉花增产效应的研究[J].中国生态农业学报,2004,12(2):140-142.
- [8] 任文涛,辛明金,林静,等.水稻纸膜覆盖种植技术节水控草效果的试验研究[J].农业工程学报,2003,19(6):60-63.
- [9] 任文涛,贺智涛,辛明金.纸膜覆盖对水稻棵间蒸发量影响的试验[J].沈阳农业大学学报,2004,35(5):465-467.
- [10] 辛明金,任文涛,张占勇.纸膜覆盖水稻乳芽直播技术[J].农业机械与电气化,2003(2):36-37.
- [11] 王友贞,袁先江,许浒,等.水稻旱作覆膜的增温保墒效果及其对生育性状影响研究[J].农业工程学报,2002,18(2):29-31.
- [12] 黄艳胜.水稻纸膜覆盖增产因素的分析[J].牡丹江师范学院学报(自然科学版),2007,57(2):18-19.
- [13] 杨安中,朱启升,张德文,等.不同覆盖物覆盖对旱作水稻田间生态环境及产量的影响[J].安徽科技学院学报,2006,20(5):1-5.
- [14] 梁志宏,王勇.我国农田地膜残留危害及防治研究综述[J].中国棉花,2012,39(1):3-8.
- [15] 刘敏,黄占斌,杨玉姣.可生物降解地膜的研究进展与发展趋势[J].中国农学通报,2008,24(9):439-443.
- [16] 赵燕,李淑芬,吴杏红,等.我国可降解地膜的应用现状及发展趋势[J].现代农业科学,2010(23):105-107.
- [17] Green&Seed Corp.Direct seeding with molding and covering [EB/OL].[2014-03-18].http://www.seedfilm.co.kr/zh-hans/en/farmingmethods/.
- [18] 孙云云,高玉山,窦金刚,等.半干旱区玉米降解地膜覆盖栽培综合效应研究[J].中国农学通报,2011,27(30):27-31.
- [19] 兰印超.不同可降解地膜的田间应用效果研究[D].太原:太原理工大学,2013.
- [20] 兰印超,申丽霞,李若帆.不同地膜覆盖对土壤温度及水分的影响[J].中国农学通报,2013,29(12):120-126.
- [21] 杨玉姣,黄占斌,闫玉敏,等.可降解地膜覆盖对土壤水温和玉米成苗的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(增刊):10-14.
- [22] 李昌爱,宋乘智.地膜覆盖对白芷出苗的影响[J].中药材,1990,13(11):10-11.
- [23] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜对土壤、温度水分及玉米生长发育的影响[J].农业工程学报,2011,27(6):25-30.
- [24] 乔海军,黄高宝,冯福学,等.生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,43(5):71-75.
- [25] 沈康荣,汪晓春,刘军,等.水稻全程地膜覆盖湿润栽培法增产因子及关键栽培技术的研究[J].华中农业大学学报,1997,11(6):547-551.
- [26] 薛源清,张俊丽,杨圆圆,等.可降解地膜覆盖对渭北旱源土壤水热及玉米产量的影响[J].西北农业学报,2017,26(3):1-6.

## Effects of degradable mulch-seeds direct seeding on growth and yield of rice

SONG Yuqiu ZHANG Qiang CHEN Tianyou XIN Mingjin LIU Cuihong WU Liyan  
ZHANG Benhua KONG Aiju CUI Hongguang REN Wentao

*College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China*

**Abstract** Field experiments of degradable mulch-seeds rice direct seeding compared with conventional direct seeding and transplanting were carried out in Liaoyang City and Xinbin County to explore the application feasibility of the technology in Liaoning Province. The effects of degradable mulching on temperatures at different soil layers, the emergence time, the emergence rate, the growth characteristics and the yield components of rice were studied. The results showed that degradable mulching significantly increased soil temperature at the surface layer ( $P < 0.01$ ) and temperature at 5 cm below surface of the soil ( $P < 0.05$ ). At the early stage of direct seeding and transplanting, mulching increased the soil temperature, especially temperature of the shallow layer. From the middle stage to late stage of paddy growing, the temperature of deeper soil layer increased fast. Compared with conventional rice direct seeding, the emergence date of mulch-seeds planting was 6 days earlier and the emergence rate was 17.6% higher. Compared with conventional direct seeding and transplanting, the mulch-seeds planting significantly affected rice plant height and tillering. At the early stage of rice growth, the rice plant of mulch-seeds direct seeding grew faster, started tillering earlier, and the growth of the secondary branch was promoted. The yield of degradable mulch-seeds rice direct seeding at moisture content of 14.5% was 11 141 kg/hm<sup>2</sup>, with 17.72% and 8.33% more than that of conventional direct seeding and transplanting, respectively.

**Keywords** degradable mulch-seeds; rice direct seeding; soil temperature; growth characteristics; yield

(责任编辑:张志钰)