

王晓航, 耿艳秋, 金峰, 等. 秸秆还田和地膜覆盖对土壤环境和水稻生长的影响[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(5): 1-7.

秸秆还田和地膜覆盖对土壤环境和水稻生长的影响

王晓航, 耿艳秋, 金峰, 郭丽颖, 党昆, 邵玺文
(吉林农业大学农学院, 吉林长春 130118)

摘要:【目的】探究秸秆还田和地膜覆盖对土壤环境和水稻生长的影响。【方法】选用‘吉粳88’作为试验材料, 设3组秸秆还田量梯度, 在覆膜移栽和不覆膜移栽2种栽培模式下进行大田试验, 测定土壤温度、土壤肥力和水稻生长性状等指标。【结果】5和10 cm深度的土壤温度在分蘖期受地膜影响较大, 相同秸秆还田量条件下覆膜处理的土壤温度比不覆膜处理分别高出0.2~2.0 °C和0.3~1.7 °C。20%、40%和60%秸秆还田量条件下覆膜处理灌浆期的土壤全氮含量分别显著高出覆膜处理0.28、0.26和0.14 g·kg⁻¹, 成熟期的土壤有机质含量分别显著高出覆膜处理0.74、0.65和0.54 g·kg⁻¹, 分蘖末期的水稻分蘖数分别高于覆膜处理9.1%、22.7%和17.4%, 灌浆期的叶面积指数分别显著高于覆膜处理19.1%、17.2%和22.6%, 整个生育期的干物质积累量分别高于覆膜处理4.5%、31.7%和16.5%, 实际产量分别高于覆膜处理7.3%、15.2%和8.5%。【结论】秸秆还田和地膜覆盖能够提高土壤温度, 增加土壤有机质和全氮含量、水稻分蘖数、叶面积指数、干物质积累量及水稻产量。在地膜覆盖条件下, 40%秸秆还田量在提高土壤温度、土壤肥力及促进水稻生长方面表现最优。

关键词: 水稻; 地膜覆盖; 秸秆还田; 土壤环境; 生长; 产量

中图分类号: S318

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2018)05-0001-07

Effects of straw returning and plastic film mulching on soil environment and rice growth

WANG Xiaohang, GENG Yanqiu, JIN Feng, GUO Liying, DANG Kun, SHAO Xiwen
(Faculty of Agronomy, Jinlin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: 【Objective】 To investigate the effects of straw returning and plastic film mulching on soil environment and rice growth. 【Method】 ‘Jijing 88’ was selected as test material. The field experiments were conducted under three groups of straw returning amount and two kinds of cultivation mode (transplanting with plastic film mulching and transplanting without plastic film mulching) to measure soil temperatures, soil fertilities and rice growth traits. 【Result】 The soil temperatures at 5 and 10 cm depths were significantly affected by plastic film at tillering stage. The soil temperatures of the treatments with plastic film mulching increased 0.2~2.0 °C (5 cm depth) and 0.3~1.7 °C (10 cm depth) respectively at the same straw returning amount. Compared with the treatments without plastic film mulching, the total nitrogen contents of soil at 20%, 40% and 60% straw returning amounts significantly increased 0.28, 0.26, 0.14 g·kg⁻¹ respectively at filling stage, the organic matter contents significantly increased 0.74, 0.65, 0.54 g·kg⁻¹ respectively at mature stage, the tillering numbers increased 9.1%, 22.7%, 17.4% respectively at late tillering stage, the leaf area indexes significantly increased 19.1%, 17.2%, 22.6% respectively at filling stage, the total accumulations of dry matter increased

收稿日期: 2018-01-19 网络首发时间: 2018-07-09 17:49:55

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20180707.1635.026.html>

作者简介: 王晓航(1992—), 男, 硕士研究生, E-mail: wangxiaohang0215@163.com; 通信作者: 邵玺文(1966—), 男, 教授, 博士, E-mail: shaoxiwen@126.com

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0501204); 吉林省科技发展计划(20180201037NY); 吉林省现代农业水稻产业技术体系(201706); 吉林省农业委员会农业技术试验示范与服务支持项目(201709)

4.5%, 31.7%, 16.5% respectively, while the actual yields increased 7.3%, 15.2%, 8.5% respectively in the whole growth period. 【Conclusion】 Straw returning and plastic film mulching can increase soil temperature, soil organic matter and total nitrogen contents, tillering number, leaf area index and dry matter accumulation. Soil temperature, soil fertility and rice growth perform best while straw returning amount is 40%.

Key words: rice; film mulching; straw returning; soil environment; growth; yield

水稻是我国主要的粮食作物之一,全球半数以上人口以稻米为主食。吉林省位于中国东北地区中部,是中国水稻主要产区之一,水稻种植面积逐年增加,但低温冷害是吉林稻作区常见自然灾害之一,严重影响吉林省水稻的高产和稳产。同时,随水稻种植面积增加,秸秆量也在不断增加,秸秆作为一种重要的可再生有机资源,对保持和提高土壤肥力有重要意义。秸秆还田因具有营养效应、改土效应、农田生态环境效应等优势而被大多数农业发达国家视为一项重要的农艺措施^[1]。在我国秸秆还田却没有受到足够的重视,我国秸秆直接还田量约9 200万吨,仅占当年全国秸秆可收集利用总量的14%左右^[2]。研究发现,不同秸秆还田量对土壤活性有机碳的影响不同,其中适量秸秆还田的培肥效果优于高量和低量秸秆还田^[3-4]。

地膜覆盖是一种农业栽培技术,具有增温,保水,保肥,改善土壤理化性质,提高土壤肥力和抑制杂草生长等作用^[5]。我国自1978年引进地膜覆盖技术以来,已广泛应用于水稻、玉米和大豆等作物,增产效果十分明显^[5-8]。近几年来,地膜覆盖技术逐渐完善和成熟,我国不同程度地开展了地膜覆盖栽培对温度、光热、水肥、土壤理化性质及作物产量的影响等一系列科研工作,并取得了良好的成果,形成了比较完善的耕作栽培制度^[9]。水稻地膜覆盖移栽技术就是比较完善的新型栽培模式之一。

秸秆还田与地膜覆盖2种方式均对作物生长有促进作用,研究发现,二者结合应用更有利于玉米的生长发育、产量形成和土壤养分转化^[10],但二者结合应用对水稻生长相关方面的影响还鲜见报道,尤其对于吉林省稻作区。因此,本试验以‘吉粳88’为试验材料,研究秸秆还田与地膜覆盖相结合对水稻田土壤温度、肥力及水稻生长的影响,以为水稻田秸秆还田与地膜覆盖相结合栽培方式的应用提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用吉林省中晚熟粳型常规超级稻品种‘吉粳88’,生育期143~145 d,需 ≥ 10 °C积温

2 900~3 100 °C。试验采用的秸秆还田量由‘吉粳88’谷草比折算,秸秆还田全量为8 000 kg·hm⁻²。

1.2 试验地点

田间试验于2016—2017年在吉林省长春市吉林农业大学水稻试验田进行。该区域春季干旱多风,夏季温暖短促,秋季晴朗温差大,无霜期138 d左右,年平均气温6.2 °C,年平均降水量570.3 mm。试验地选用水稻复种连作耕作土壤,耕层土壤平均有机质质量分数3.92 g·kg⁻¹,平均全氮质量分数0.3 g·kg⁻¹,pH 6.73。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计。设3组秸秆还田量梯度,分别为秸秆还田全量的20%、40%和60%,采用粉碎覆盖还田的方式在水稻覆膜移栽和不覆膜移栽2种栽培模式下进行大田试验。试验共6个处理,每个处理3次重复。处理A:覆膜移栽,20%秸秆还田量;处理B:覆膜移栽,40%秸秆还田量;处理C:覆膜移栽,60%秸秆还田量;处理D:不覆膜移栽,20%秸秆还田量;处理E:不覆膜移栽,40%秸秆还田量;处理F:不覆膜移栽,60%秸秆还田量。水稻地膜覆盖区域采取做畦开沟的方式覆膜,地膜选用黑色单层简式超微降解膜,膜宽15 cm、厚0.008 mm。畦面净宽15 cm,畦间沟深20 cm、宽15 cm,在平整畦面覆膜,膜泥紧贴,不留任何空隙,四周入泥5~10 cm深。在膜上用专用打孔器打孔,插秧时行距30 cm、株距16.5 cm,每穴2~3个基本苗,插秧深度1~2 cm。移栽后1周内,覆膜区域土壤含水量保持饱和状态,1周后,含水量保持田间最大持水量的80%~90%。田间设宽2 m的保护行,试验田内均由水梗隔离出15 m²的小区。各小区肥料施用量为氮素:220 kg·hm⁻²(根据尿素的施用量换算),P₂O₅:50 kg·hm⁻²(根据过磷酸钙的施用量换算),K₂O:75 kg·hm⁻²(根据硫酸钾的施用量换算),各处理肥料一次性施入,不追肥,其他管理与常规大田管理方式一致。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤温度 采用杭州泽大仪器有限公司的智能数据记录仪(ZDR-41)定点测量土壤温度。在水稻分蘖期(5月31日—7月12日),于每天

08:00、11:00、14:00 和 17:00 进行 5、10、15 和 20 cm 深度的土壤温度记录。

1.4.2 土壤全氮及有机质含量 在水稻分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期, 采用五点取样法取样, 采集的土壤样品阴凉干燥 3 个月后磨样过筛。全氮含量采用 Foss 8200 全自动凯氏定氮仪测定, 有机质含量采用重铬酸钾氧化法^[11]测定。

1.4.3 茎蘖动态 每个小区调查 10 穴, 水稻返青期后开始每 7 天调查 1 次分蘖数, 直至分蘖数连续降低 2 次时停止调查。

1.4.4 叶面积指数及全株干物质量 于分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期及成熟期按每小区茎蘖数的平均值取 10 穴测定叶面积指数和全株干物质量。按长宽系数法^[12]测定叶面积指数; 样株按器官分别在 105 °C 条件下杀青 30 min, 80 °C 条件下烘干至恒质量, 测定干物质量。

1.4.5 测产与考种 成熟期每小区 2 m² 植株实收计产, 每小区调查 1 m² 植株有效穗数, 根据平均值选取具有代表性的 5 穴植株进行考种, 调查每穗粒数、结实率和千粒质量等指标。

1.5 数据分析

采用软件 Microsoft excel 2010 和 DPS12.01 进行数据处理与统计分析, 采用 Duncan's 法进行不同处理间差异显著性分析。2 年试验结果变化趋势一致, 本文取 2016 年的数据进行分析。

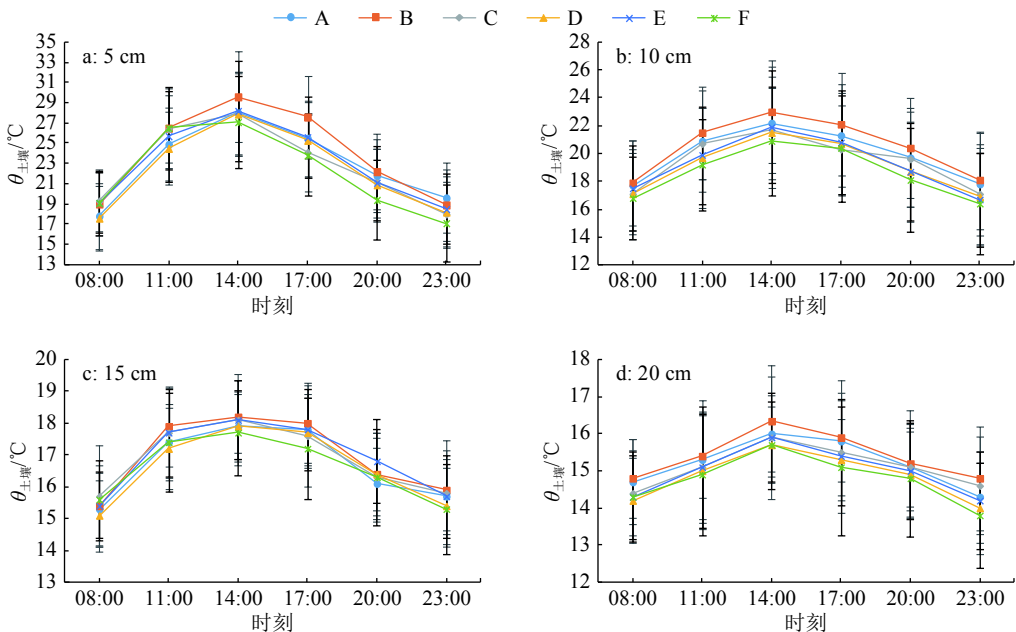
2 结果与分析

2.1 不同处理的不同深度土壤温度的变化

由图 1 可知, 地膜覆盖提高了 6 个试验处理 5、10、15 和 20 cm 深的土壤温度, 均在 08:00—23:00 间呈先升高后降低的趋势, 在 14:00 达最高值。相同秸秆还田量条件下, 覆膜处理 5、10、15 和 20 cm 深的土壤温度分别高出 不覆膜处理 0.2~2.0、0.3~1.7、0.1~0.5 和 0.1~0.8 °C, 由此可见, 覆膜处理对 5、10 cm 深的土壤温度影响较大。

2.2 不同处理的土壤全氮及有机质含量变化

由表 1 可知, 在水稻分蘖期和拔节期, 相同秸秆还田量条件下覆膜处理的土壤全氮含量多低于不覆膜处理; 在抽穗期, 处理 D、F 土壤全氮含量与拔节期相比呈降低趋势, 其余处理土壤全氮含量与拔节期相比均升高。在 20%、40% 和 60% 秸秆还田量条件下, 覆膜处理的土壤全氮含量在灌浆期分别显著高出 不覆膜处理 0.28、0.26 和 0.14 g·kg⁻¹; 在成熟期, 除处理 C 和 F 以外, 其余处理的土壤全氮含量与灌浆期相比均呈降低趋势。覆膜处理的土壤有机质含量随水稻生育进程逐渐增加。20%、40% 和 60% 秸秆还田量条件下, 分蘖期覆膜处理的土壤有机质含量均显著低于不覆膜处理; 抽穗期覆膜处理 A 的土壤有机质含量显著高于不覆膜处理 D, 不覆膜处理 E、F 的土壤有机质含量显著高于覆膜处理



A: 覆膜移栽, 20% 秸秆还田量; B: 覆膜移栽, 40% 秸秆还田量; C: 覆膜移栽, 60% 秸秆还田量; D: 不覆膜移栽, 20% 秸秆还田量; E: 不覆膜移栽, 40% 秸秆还田量; F: 不覆膜移栽, 60% 秸秆还田量

图 1 不同处理间不同深度土壤温度的变化

Fig. 1 Soil temperature changes of different depths and treatments

表1 不同处理的土壤全氮及有机质含量变化¹⁾

Table 1 Changes of soil total nitrogen and organic matter contents of different treatments

w/(g·kg⁻¹)

项目	处理	分蘖期	拔节期	抽穗期	灌浆期	成熟期
全氮	A	0.82±0.07a	0.69±0.04b	0.70±0.06a	0.70±0.07b	0.47±0.07ab
	B	0.42±0.07c	0.55±0.04c	0.72±0.07a	0.96±0.09a	0.55±0.08a
	C	0.42±0.05c	0.56±0.05c	0.70±0.08a	0.42±0.05c	0.42±0.04b
	D	0.83±0.14a	0.70±0.05b	0.41±0.11d	0.42±0.07c	0.41±0.05b
	E	0.42±0.05c	0.56±0.09c	0.61±0.10b	0.70±0.06b	0.41±0.05b
	F	0.60±0.08b	0.84±0.10a	0.56±0.11c	0.28±0.07d	0.41±0.07b
有机质	A	3.78±0.03c	3.79±0.02ab	4.05±0.02b	4.24±0.05b	4.35±0.02b
	B	3.81±0.03bc	3.89±0.02ab	4.05±0.03b	4.41±0.02a	4.48±0.03a
	C	3.15±0.06d	3.51±0.03b	3.74±0.03d	4.34±0.01a	4.41±0.02ab
	D	4.21±0.02a	4.47±0.01a	3.92±0.04c	3.94±0.02d	3.61±0.03d
	E	3.90±0.03b	4.00±0.02ab	4.36±0.02a	4.11±0.03c	3.83±0.02c
	F	3.81±0.03bc	4.03±0.08ab	4.31±0.02a	3.94±0.02d	3.87±0.02c

1)A: 覆膜移栽, 20% 秸秆还田量; B: 覆膜移栽, 40% 秸秆还田量; C: 覆膜移栽, 60% 秸秆还田量; D: 不覆膜移栽, 20% 秸秆还田量; E: 不覆膜移栽, 40% 秸秆还田量; F: 不覆膜移栽, 60% 秸秆还田量; 表中数据为平均值±标准差, n=3; 相同项目、同列数据后凡是有一个相同小写字母者, 表示处理间差异不显著(P>0.05, Duncan's 法)

B、C; 灌浆期与成熟期覆膜处理的土壤有机质含量分别显著高出覆膜处理 0.30、0.30、0.40 g·kg⁻¹ 和 0.74、0.65、0.54 g·kg⁻¹。

2.3 不同处理的水稻植株分蘖动态变化

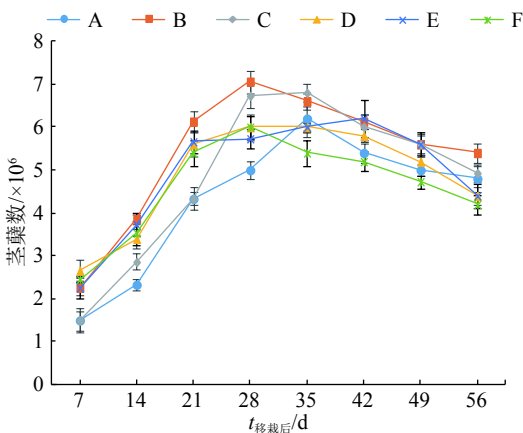
分蘖数是决定产量构成因素有效穗数的关键因素之一。图2表明, 地膜覆盖能提高水稻分蘖速率, 处理B、F茎蘖数在移栽后第28天达到峰值, 处理A、C和D在移栽后第35天, 处理E在移栽后第42天达到峰值。20%、40%和60%秸秆还田量条件下覆膜处理的分蘖数在分蘖末期分别高于不覆膜处理9.1%、22.7%和17.4%。

2.4 不同处理的叶面积指数及干物质积累变化

叶面积指数是反映作物群体规模大小较好的动态指标。在一定范围内, 作物产量随叶面积指数的增大而提高。由表2可知, 拔节期覆膜与不覆膜处理间叶面积指数无显著差异; 抽穗期覆膜处理的叶面积指数均高于不覆膜处理且处理B、E间差异达显著水平; 灌浆期覆膜处理的叶面积指数最高, 分别为7.23、7.07、7.55, 在20%、40%和60%秸秆还田量条件下, 覆膜处理的叶面积指数分别显著高于相应不覆膜处理19.1%、17.2%、22.6%。干物质积累是影响产量的直接因素之一。由表2可知, 在拔节期-抽穗期, 与不覆膜处理相比, 覆膜处理的干物质积累量分别显著高出覆膜处理1452.3、2786.2和3133.1 kg·hm⁻²; 在抽穗期至灌浆期与灌浆期至成熟期, 处理B的干物质积累量最高, 并且在抽穗期至灌浆期处理B显著高于其他处理; 在整个生育期, 20%、40%和60%秸秆还田量条件下覆膜处理的干物质总积累量分别高出覆膜处理4.5%、31.7%和16.5%, 处理B、E以及处理C、F间差异均达到显著水平。

2.5 不同处理的产量及产量构成因素的变化

由表3可知, 覆膜处理与不覆膜处理的水稻实际产量均随还田秸秆量的增加先升高再降低, 与不覆膜处理相比, 相应覆膜处理的实际产量分别增加了7.3%、15.2%和8.5%, 并且处理B、E间差异达显著水平。覆膜处理与不覆膜处理的有效穗数均随还田秸秆量的增加呈现先增加后减少的趋势, 且处理



A: 覆膜移栽, 20% 秸秆还田量; B: 覆膜移栽, 40% 秸秆还田量; C: 覆膜移栽, 60% 秸秆还田量; D: 不覆膜移栽, 20% 秸秆还田量; E: 不覆膜移栽, 40% 秸秆还田量; F: 不覆膜移栽, 60% 秸秆还田量

图2 不同处理间植株分蘖动态

Fig. 2 Tilling dynamics among different treatments

表2 不同处理的叶面积指数及干物质积累量变化¹⁾

Table 2 Leaf area indexes and dry matter accumulations among different treatments

处理	叶面积指数			
	拔节期	抽穗期	灌浆期	全生育期
A	3.93±0.18a	5.63±0.15ab	7.23±0.23a	
B	3.56±0.13c	6.21±0.20a	7.07±0.17ab	
C	3.74±0.31abc	6.03±0.32a	7.55±0.36a	
D	3.84±0.20ab	5.36±0.27ab	6.07±0.23c	
E	3.64±0.15bc	4.97±0.15b	6.03±0.21c	
F	3.61±0.16bc	5.47±0.25ab	6.16±0.12bc	

处理	干物质积累量/(kg·hm ⁻²)				
	分蘖期至拔节期	拔节期至抽穗期	抽穗期至灌浆期	灌浆期至成熟期	全生育期
A	1 904.2±241.73b	7 074.0±458.17b	1 743.0±414.25bc	10 841.3±571.95ab	21 562.5±648.07c
B	3 172.7±173.21a	9 115.3±440.51a	4 021.3±105.65a	11 717.5±710.15a	28 026.8±461.63a
C	2 298.6±260.01ab	8 886.3±238.90a	1 193.7±28.01c	11 108.6±765.20a	23 487.2±508.08b
D	2 102.4±273.98b	5 621.7±239.71c	1 846.2±278.92bc	11 057.7±129.94a	20 628.0±142.61c
E	3 298.9±381.12ab	6 329.1±335.70c	1 126.4±562.95b	10 520.3±430.42b	21 274.7±152.32c
F	2 757.3±463.18a	5 753.2±437.27bc	2 347.0±179.55c	9 308.0±42.45ab	20 165.5±352.93c

1)A: 覆膜移栽, 20% 秸秆还田量, B: 覆膜移栽, 40% 秸秆还田量, C: 覆膜移栽, 60% 秸秆还田量, D: 不覆膜移栽, 20% 秸秆还田量, E: 不覆膜移栽, 40% 秸秆还田量, F: 不覆膜移栽, 60% 秸秆还田量; 表中数据为平均值±标准差, n=3; 相同指标、同列数据后凡是有一个相同小写字母者, 表示处理间差异不显著(P>0.05, Duncan's 法)

表3 不同处理的产量及产量构成因素的变化¹⁾

Table 3 Changes of yields and yield components among different treatments

处理	有效穗数/ (×10 ⁴ hm ⁻²)	每穗粒数	结实率/%	千粒质量/g	实际产量/ (kg·hm ⁻²)
A	380±12.65bc	133.4±5.13c	95.7±2.05a	22.3±1.12a	10 302.9±28.62bc
B	416±14.97a	148.8±4.71b	90.9±1.85b	21.4±0.16a	11 624.3±145.73a
C	388±24.00b	163.4±6.91a	84.9±2.06c	22.1±1.78a	10 615.0±450.01b
D	368±16.00c	135.8±3.83c	93.6±2.11ab	23.2±0.36a	9 601.9±238.96b
E	392±16.00b	146.6±4.98b	90.2±1.79b	22.2±0.95a	10 090.5±312.76b
F	380±12.65bc	159.8±4.15a	84.9±2.52c	22.1±0.70a	9 783.4±199.51b

1)A: 覆膜移栽, 20% 秸秆还田量, B: 覆膜移栽, 40% 秸秆还田量, C: 覆膜移栽, 60% 秸秆还田量, D: 不覆膜移栽, 20% 秸秆还田量, E: 不覆膜移栽, 40% 秸秆还田量, F: 不覆膜移栽, 60% 秸秆还田量; 表中数据为平均值±标准差, n=3; 同列数据后凡是有一个相同小写字母者, 表示处理间差异不显著(P>0.05, Duncan's 法)

B 的有效穗数显著高于其他处理; 每穗粒数随还田秸秆量的增加而增加; 结实率随还田秸秆量的增加而降低; 各处理间千粒质量差异不显著。

3 讨论与结论

3.1 秸秆还田条件下地膜覆盖对土壤温度的影响

兰印超等^[13]发现覆盖地膜可以显著提高地温, 地下 5~10 cm 深度的土壤温度升高和降低均较快, 15~20 cm 深度的土壤温度变化不明显, 说明随土壤深度增加地膜对土壤温度的影响逐渐减小。刘军等^[14]研究发现土壤日均温度在覆膜前期能提高

5 °C 左右, 后期增温效果不明显, 甚至出现降温现象。王树森等^[15]认为地膜隔绝了土壤与外界的水分和湿热交换, 从而增大了土壤热通量, 减少了热散失。无论地膜覆盖还是秸秆还田, 都在温度较低的季节提高了农田地温^[16]。本研究发现, 水稻分蘖期 5 和 10 cm 深度的土壤温度受地膜影响较大, 这与前人的研究结果相似。相同秸秆还田量条件下覆膜处理的土壤温度分别比不覆膜处理高出 0.2~2.0 °C、0.3~1.7 °C。秸秆还田条件下覆盖地膜能有效降低和避免雨水对农田的直接冲刷, 保护土壤表层结构, 从而起到调控温度的作用。

3.2 秸秆还田条件下地膜覆盖对土壤有机质及全氮含量的影响

秸秆本身含有大量有机质和其他营养物质, 秸秆腐解能够增加土壤有机碳含量并有利于有机质的积累^[17]。有研究发现地膜覆盖能够加快有机质矿化速率, 使土壤总有机碳和全氮含量略有降低^[18]。王永鹏^[9]认为覆膜加快了有机质矿化速率, 导致土壤总有机碳和全氮含量略有降低, 而秸秆还田增加了土壤有机质含量, 一定程度上可以弥补地膜覆盖造成的土壤有机质消耗。本研究表明, 水稻灌浆期相同秸秆还田量条件下覆膜处理的土壤全氮含量要显著高于不覆膜处理, 在成熟期除处理 C、F 外, 其余处理的土壤全氮含量与灌浆期相比均呈降低趋势; 覆膜处理的土壤有机质含量在全生育期内随着水稻生育进程持续增加, 成熟期处理 B 的土壤全氮及有机质含量最高, 且显著高于其他处理, 由此可以推测, 地膜覆盖提高土壤温度, 间接加速了秸秆分解, 并在灌浆期—成熟期为植株提供了一定养分; 不覆膜处理的秸秆在成熟期还在继续分解, 没有提供养分反而消耗了一定的氮素; 地膜覆盖虽然加快了有机质矿化速率, 但秸秆还田增加了一定土壤养分, 有效避免了土壤有机质含量的下降。本研究还表明, 覆膜移栽—40% 秸秆还田量处理提高土壤肥力的效果最优, 可能原因是秸秆腐解需要一部分土壤养分的支持, 在覆膜增温的条件下, 40% 的秸秆还田量可能最适合, 20% 的秸秆还田量过少, 在秸秆腐解完成后土壤依然具备继续分解秸秆的能力, 但秸秆量不足, 不能达到秸秆的最适腐解量, 60% 的秸秆还田量过多, 秸秆腐解所释放的养分不足以弥补自身腐解所消耗的养分。具体原因还有待进一步探究。

3.3 秸秆还田条件下地膜覆盖对水稻生长及产量的影响

足够的有效分蘖成穗数是水稻获得高产的首要条件。陈琨等^[19]认为提高稻田土温能保证叶蘖同伸, 促使早分蘖, 多分蘖, 多成穗, 为抽穗期至成熟期的光合产物积累奠定基础。李景蕪等^[20]认为覆膜能显著提高水稻前期土壤温度, 促进水稻分蘖。本研究表明地膜覆盖能提高水稻分蘖速率, 移栽 28 d 后覆膜处理的分蘖数逐渐高于不覆膜处理; 地膜覆盖可以提高土壤温度, 使水稻分蘖处于最适的温度, 促使早发分蘖和有效分蘖的形成。

有研究认为水稻产量构成因素与叶面积指数呈正相关, 叶面积指数过低会影响光合能力, 但过高也会增加虫害和倒伏的风险, 单季水稻抽穗期叶

面积指数在 6~8 之间是最理想的^[21-22]。胡法龙等^[23]认为叶面积指数是水稻群体结构的重要量化指标, 干物质积累是水稻产量的物质基础, 二者对水稻产量提高具有至关重要的作用。本研究表明覆膜与不覆膜处理拔节期的叶面积指数无明显差异, 抽穗期处理 B、C 的叶面积指数大于 6, 灌浆期相同秸秆还田量条件下所有覆膜处理的叶面积指数均高于不覆膜处理; 拔节期—抽穗期与灌浆期—成熟期的干物质积累量较多, 覆膜处理在整个生育期的干物质积累总量均高于不覆膜处理, 并且在 40% 和 60% 还田量条件下, 覆膜处理与不覆膜处理的干物质积累总量的差异达显著水平。在秸秆还田条件下地膜覆盖使土壤温度升高, 肥力增加, 从而提高水稻叶面积指数和干物质积累量。

有研究认为秸秆还田有利于提高水稻产量^[24-25]。水稻地膜覆盖栽培能够协调产量构成因素, 提高产量^[26]。本研究中覆膜与不覆膜处理的水稻实际产量均随秸秆量的增加呈现先增加后降低的变化趋势, 与不覆膜处理相比, 覆膜处理的实际产量升高。从产量构成因素上看, 覆膜增加了水稻有效穗数, 秸秆还田增加了每穗粒数, 从而提高了水稻产量。但过高的秸秆还田量会导致结实率下降, 可能是因为秸秆量增加导致秸秆腐解占用过多水稻生长所需的养分, 以致产生库大源不足的现象。由此可见, 为了稳定水稻产量, 秸秆的还田量不宜过高。

秸秆还田和地膜覆盖能够升高土壤温度, 提高土壤有机质及全氮含量, 增加水稻分蘖数、叶面积指数、干物质积累量以及水稻产量, 在覆膜条件下, 40% 秸秆还田量对水稻生长的促进作用最明显。

参考文献:

- [1] GUO Z, Wang D Z. Long-term effects of returning wheat straw to croplands on soil compaction and nutrient availability under conventional tillage[J]. *Plant Soil Environ*, 2013, 59(6): 280-286.
- [2] 毕于运. 秸秆资源评价与利用研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [3] WANG Y J, BI Y Y, GAO C Y. The assessment and utilization of straw resources in China[J]. *Agric Sci China*, 2010, 9(12): 1807-1815.
- [4] 裴鹏刚. 秸秆还田耦合施氮水平对稻田土壤生化特征及水稻生育特性的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [5] 许香春, 王朝云. 国内外地膜覆盖栽培现状及展望[J]. *中国麻业*, 2006, 28(1): 6-11.
- [6] 李云江, 于晓红, 王成春, 等. 水稻地膜覆盖湿润栽培技术[J]. *现代农业科技*, 2013(23): 46.
- [7] 路海东, 薛吉全, 郝引川, 等. 黑色地膜覆盖对旱地玉米

- 土壤环境和植株生长的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(7): 1997-2004.
- [8] 陈其鲜, 王本辉, 刘路平, 等. 西北旱作大豆田不同地膜覆盖模式保墒增温增产效应研究[J]. 大豆科学, 2016, 35(1): 58-63.
- [9] 王永鹏. 秸秆还田与地膜覆盖耦合对玉米产量及土壤有机质平衡的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2014.
- [10] 孔雪静. 地膜覆盖和秸秆还田对玉米地与土壤氮素转化相关的土壤酶活性影响研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 31-36.
- [12] 韩金旭, 彭世彰, 魏征. 不同水肥模式的水稻叶面积修正系数试验研究[J]. 节水灌溉, 2009(12): 5-7.
- [13] 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.
- [14] 刘军, 刘美菊, 官玉范, 等. 水稻覆膜湿润栽培体系中的作物生长速率和氮素吸收速率[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(2): 9-17.
- [15] 王树森, 邓根云. 地膜覆盖增温机制研究[J]. 中国农业科学, 1991, 24(3): 74-78.
- [16] 谭凯敏. 覆盖与还田方式对旱地麦田土壤温度的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2014.
- [17] 李国清. 秸秆还田对土壤理化性状及作物产量和养分的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2014.
- [18] 程炳文, 买自珍, 王勇, 等. 麦草与地膜二元覆盖对玉米田间生态环境及产量影响[J]. 陕西农业科学, 2005(3): 30-32.
- [19] 陈琨, 秦鱼生, 喻华, 等. 不同耕作方式和施肥处理对冬水田土温、水稻生长和产量的影响[J]. 西南农业学报, 2012, 25(5): 1738-1741.
- [20] 李景蕪, 李刚华, 杨从党, 等. 增加土壤温度对高海拔生态区水稻分蘖成穗及产量形成的影响[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(1): 36-42.
- [21] 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(7): 1235-1248.
- [22] 陈宇眺. 栽培模式对水稻产量和氮肥利用率的影响及生理机制的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [23] 胡法龙, 郑桂萍, 于洪明, 等. 寒地水稻不同群体叶面积指数、干物质量与产量的关系[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5): 93-97.
- [24] 成臣, 汪建军, 程慧煌, 等. 秸秆还田与耕作方式对双季稻产量及土壤肥力质量的影响[J]. 土壤学报, 2018, 55(1): 247-257.
- [25] 王秋菊, 常本超, 张劲松, 等. 长期秸秆还田对白浆土物理性质及水稻产量的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(14): 2748-2757.
- [26] 张鸿, 樊红柱. 川西平原雨养条件下地膜覆盖对水稻产量的影响研究[J]. 西南农业学报, 2011, 24(2): 446-450.

【责任编辑 李庆玲】