

麻地膜降解对土壤性质和作物产量影响的研究

王朝云, 许香春, 易永健, 吕江南, 汪洪鹰, 聂兆君

(中国农业科学院麻类研究所, 长沙 410205)

摘要:为了研究麻地膜在土壤中的降解特性以及麻地膜降解后对土壤物理、化学及生物学特性和作物产量的影响,分别在春、夏、冬3个季节条件下观测 RC 麻地膜、JC 麻地膜和塑料地膜在土壤中的降解特性;JC 麻地膜分别设2层(JC2)、4层(JC4)、8层(JC8)、12层(JC12)、16层(JC16)、塑料地膜4层(P4)、8层(P8)、12层(P12)共9个处理,另设未使用地膜作对照(CK),用盆栽试验方法研究了麻地膜在土壤中的降解及对土壤性质和作物产量的影响。结果表明,麻地膜在土壤中能充分降解,温度升高可加速其降解;麻地膜降解可降低土壤容重和增加孔隙度,改善土壤三相比例,增加土壤养分,提高土壤微生物数量,培肥土壤。麻地膜埋入明显促进红麻根系生长,改善根冠比,提高了植株的养分积累量;红麻的日生长量、株高、茎粗、皮厚以及干物质量均高于对照,红麻干皮产量均明显高于 CK,并且有随着麻地膜埋入量的增加而提高之势。塑料地膜的埋入则恶化了土壤生态环境,影响了红麻生长发育而造成减产。因此,麻地膜的埋入能够改善土壤生态环境,同时促进作物生长发育及产量的提高。

关键词:麻地膜;降解;土壤生态;产量

中图分类号:X53 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2011)01-0084-09

Effects of Degradation with Bast Fiber Mulching Film on Soil Properties and Crop Yields

WANG Chao-yun, XU Xiang-chun, YI Yong-jian, LV Jiang-nan, WANG Hong-ying, NIE Zhao-jun

(Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410205, China)

Abstract: The degrading properties of bast fiber mulching film in soil and the effects of degraded film on soil physical, chemical and biological properties and plant yields were characterized in this paper. The degradable characteristics of RC, JC bast fiber mulching film and plastic film were observed respectively in spring, summer and winter seasons. The effects of degraded bast fiber mulching film in the soil on soil properties and plant yields were carried out in pot trials with nine treatments, including no mulching film (CK), two layers (JC2), four layers (JC4), eight layers (JC8), twelve layers (JC12), sixteen layers (JC16) of JC bast fiber mulching films, four layers (P4), eight layers (P8), twelve layers (P12) of plastic films. The results showed that bast fiber mulching film could be totally degraded in soils within 70 d in spring, 56 d in summer and 119 d in winter. The degraded bast fiber mulching film could decrease the bulk density of soil and increase the porosity and optimize the three phases. The availability of mineral elements, the amount of microorganism and the fertility of soils could be increased meanwhile. Bast fiber mulching film residues in soils could enhance the growth and productivity of kenaf. The growth of root, the root/canopy ratio, the daily height increase, plant height, stem diameter, bark thickness and biomass accumulation under treatment with bast fiber film were higher than those under no mulching film. The kenaf dry bark productivity with the bast fiber mulching film in JC2, JC4, JC8, JC12 and JC16 were 17.54%, 34.42%, 34.58%, 41.21% and 38.05% higher than CK, indicating that the increase was proportional to the amounts of bast fiber mulching film added. But the residues of plastic film lead to the deterioration of soil, slow growth and decrease of kenaf yield. The P4, P8 and P12 treatment were 5.99%, 11.22% and 14.68% less than CK. JC12 possesses the highest yields, reached the significant level comparing with P4, P8 and P12. Therefore, residues of bast fiber mulching film could improve the soil ecology environment, promote the plant growth and development and increase the yields.

Keywords: bast fiber mulching film; degradation; soil ecology; yield

收稿日期:2010-07-20

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2001BA502B06-03);科技部科技成果转化基金项目(05EFN216900374)

作者简介:王朝云(1959—),男,湖北仙桃人,研究员,主要从事麻产品加工与栽培研究。E-mail:ibfcwcy@yahoo.com.cn

农用地膜是现代农业生产资料。农用塑料地膜覆盖技术的广泛应用极大地促进了农作物产量的提高和农业生产的发展,同时,也带来了越来越严重的“白色污染”^[1]。由于塑料地膜以化纤作原料,其主要成分为聚丙烯、聚氯乙烯,可在田间残留几百年不降解。随着塑料地膜使用年数的增加,土壤中残留的塑料薄膜碎片越来越多,长此以往造成了土壤板结、通透性变差、地力下降,严重影响了作物的生长发育,造成农作物减产,有些地方减产幅度达 20%以上,并且这一情况正在进一步恶化^[2]。据报道,我国农膜每年残留量 35 万 t,残留率达 42%,近一半的塑料地膜残留于土壤中^[3]。目前地膜覆盖发展迅速。随着塑料地膜覆盖面积的增长,它带来的污染问题也越来越严重^[4]。因此,塑料地膜造成的严重污染已引起社会各界的严重关注和忧虑。为了充分利用地膜的增产作用,同时消除塑料地膜带来的农田地力下降和环境污染等不良影响,近几十年来,国内外科技工作者针对这一难题开展了广泛研究,开发出了多种新型可降解塑料以取代传统的塑料,主要包括生物降解地膜、光降解地膜、光/生物双降解地膜和植物纤维地膜等^[5-11]。

麻地膜是由中国农业科学院麻类研究所研制出的一种可完全降解植物纤维地膜专利产品,用于农作物覆盖栽培具有极显著的增产效果^[13],2005 年被科技部列为国家科技成果重点推广计划。据试验,在适宜的条件下,配套应用麻地膜覆盖多种蔬菜等作物,甚至比塑料地膜覆盖可增产 10%~50%^[8]。麻地膜除了具有增产效果之外,还具有保水、降温、除草等作用^[12,14-15]。麻地膜作为一种最新的环保型可降解地膜产品,主要以麻类等植物纤维为主要原料^[16],降解后具有改良培肥土壤的作用。但是,目前麻地膜在土壤中的降解及

效应尚缺乏深入的研究,存在不少空白^[17]。本试验通过研究麻地膜在土壤中的降解及对土壤生态和作物的影响,有利于明确麻地膜的降解特性以及降解后的麻地膜对土壤环境保护作用和农作物的增产作用,为麻地膜的推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试地膜

试验所用麻地膜共有两种,分别用代号 RC 和 JC 表示。两种麻地膜均采用同一种工艺试制,由中国农业科学院麻类研究所提供,其区别是两种麻地膜所选用的麻纤维种类不同,RC 是以苧麻纤维为主要原料试制而成,JC 是以黄麻纤维为主要原料试制而成。两种麻地膜的性能指标见表 1。麻地膜的组成成分为苧麻纤维、黄麻纤维等植物纤维,这些纤维本身含有一定的养分。两种麻地膜营养成分见表 2。供试塑料地膜是市售的聚氯乙烯农用地膜。

1.1.2 供试作物

供试作物为红麻,品种为“青皮 3 号”,由中国农业科学院麻类研究所提供。

1.2 试验设计

1.2.1 麻地膜降解试验

在春季、夏季和冬季 3 个不同季节条件下,设 RC 麻地膜、JC 麻地膜和塑料地膜(对照)3 个处理,其中 2 种麻地膜处理各设 10 个重复,塑料地膜设 2 个重复。采用聚乙烯塑料盆,盆上口直径 17 cm,高 18 cm,每盆装风干土 2 kg,供试土壤类型为黄壤,土壤质地为粘壤土,pH6.36,有机质 6.90 g·kg⁻¹,全氮 0.90 g·kg⁻¹,全磷 0.22 g·kg⁻¹,全钾 18.30 g·kg⁻¹,碱解氮 27.8 mg·kg⁻¹,速效磷 7.5 mg·kg⁻¹,速效钾 40.3 mg·kg⁻¹。把地膜裁成

表 1 两种麻地膜的特性

Table 1 The specialty of different bast fiber mulching film

种类 Item	单位面积重量 Wight of each area/g·m ⁻²	厚度 Thickness/mm	抗拉强力 Tensile Strength/N·m ⁻¹	伸长率 Elongation/%	顶破强力 Bursting strength/N	渗透系数 Permeability coefficient/cm·s ⁻¹
RC 麻地膜 RC Bast fiber mulching film	36	0.34	1 010	10.30	36.0	4.74×10 ⁻³
JC 麻地膜 JC Bast fiber mulching film	42	0.52	1 118	4.02	39.0	3.35×10 ⁻³

表 2 不同麻地膜的营养成分分析(g·kg⁻¹)

Table 2 The analysis of nutritional component with different bast fiber mulching films(g·kg⁻¹)

地膜种类 Mulching films category	氮 Nitrogen	磷 Phosphorus	钾 Potassium	灰分 Ash	钙 Calcium
RC 麻地膜 RC Bast fiber mulching film	13.23	0.43	0.43	9.90	0.95
JC 麻地膜 JC Bast fiber mulching film	20.19	0.43	0.35	16.1	1.06

100 mm×100 mm 大小,试样编号后,将其埋入试验盆土壤 7 cm 深处,试验盆放置在实验室内自然光下,随机排列。春、夏、冬季试验分别在 2005 年 4 月 17 日、8 月 3 日、12 月 27 日开始进行。每天测定土盆重量定量浇水,使盆土保持 30% 的土壤含水量。每隔 7 d 取样调查 1 次,首先观察样品破裂情况,然后清洗、测定残膜的干重,并计算样品地膜的失重率。

1.2.2 麻地膜埋入量对土壤和作物的影响试验

采用盆栽试验,地膜埋入量处理按装土盆口面积大小的地膜分不同层数来设定处理水平,模拟使用地膜的次数,即埋入一层地膜则模拟使用过一次地膜残留在地里。把地膜均剪成 100 mm×100 mm 的方块,与土壤均匀混合后装盆。试验共设 9 个处理:未使用地膜作对照 (CK),采用 JC 麻地膜分别设埋入 2 层 (JC2)、4 层 (JC4)、8 层 (JC8)、12 层 (JC12) 和 16 层 (JC16) 5 个处理,JC 麻地膜埋入量占土壤重量的百分数分别为 0.040 9%、0.081 8%、0.163 7%、0.245 6%、0.327 4%;塑料地膜分别设 4 层 (P4)、8 层 (P8) 和 12 层 (P12) 3 个处理,塑料地膜埋入量占土壤重量的百分数分别为 0.019 5%、0.039 0%、0.058 6%;每个处理 4 次重复,共计 36 盆,随机排列。

供试土壤类型为水稻土,土壤质地为壤土, pH6.63,有机质 21.30 g·kg⁻¹,全氮 1.52 g·kg⁻¹,全磷 0.98 g·kg⁻¹,全钾 13.40 g·kg⁻¹,碱解氮 53.7 mg·kg⁻¹,速效磷 12.1 mg·kg⁻¹,速效钾 75.5 mg·kg⁻¹。采用黑色塑料盆,盆上口直径 30 cm,高 31 cm,每盆装风干土 14.5 kg。2005 年 2 月 1 日将各处理的地膜与土壤混合装入试验盆中,5 月 30 日结合松土施复合肥 (N:P:K=20:14:16) 10 g·pot⁻¹ 作施底;6 月 10 日播种红麻,此时麻地膜已降解,每盆播种 18 粒,齐苗后每盆定苗 6 株并施苗肥 5 g·pot⁻¹ 尿素,旺长期施 10 g·pot⁻¹ 尿素和 10 g·pot⁻¹ 氯化钾肥;8 月下旬施壮秆肥 5 g·pot⁻¹ 氯化钾和 3 g·pot⁻¹ 尿素。出现干旱情况时,每盆浇等量的水,保持土壤的湿润。各处理间操作和管理水平均一致,10 月 17 日收割。

播种之前测定土壤微生物;测量土壤容重、土壤孔隙度以及计算土壤三相比例等物理性状;取耕作层土壤样品分析全氮磷钾、碱解氮和速效磷、钾以及土壤 pH 值、土壤有机质等土壤化学性状;苗期观察并记录红麻出苗率、叶片生长动态;每隔 10 d 测定株高;收获时测定株高、茎粗、皮厚等经济性状,各部位干物质量及植株氮磷钾含量和积累量;收获时测定干皮产量。

1.3 测定指标及方法

土壤容重、总孔隙度和三相比例采用环刀法测定。土壤 pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、植株地上部分干物质重和氮磷钾养分均按照常规分析方法测定^[18];土壤微生物用平板计数法分别测定细菌、真菌和放线菌的数量^[19]。

分析测定分别在项目组实验室和中国农业科学院麻类研究所检测中心进行。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2003 和 DDS 3.3 软件进行数据统计分析,多重比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 麻地膜埋入量对土壤性质的影响

2.1.1 麻地膜在土壤中的降解

通过调查麻地膜在土壤中的失重率,可以了解麻地膜在土壤中的降解情况。从图 1 可见,春季麻地膜在土壤中的降解,一般经 35 d 降解 50%,70 d 时,已经完全降解,看不到麻地膜的存在;夏季麻地膜的降解较快,28 d 时,麻地膜 RC 和 JC 地膜样块失重率接近或超过 50%,56 d 时已经看不到地膜;冬季降解进程非常缓慢,98 d 时,接近或超过 50%,119 d 时已经看不到地膜;麻地膜 JC 比 RC 降解快;而塑料地膜不管是什么季节,在土壤中几个月内均不降解,失重率始终为 0。

2.1.2 麻地膜埋入量对土壤物理性状的影响

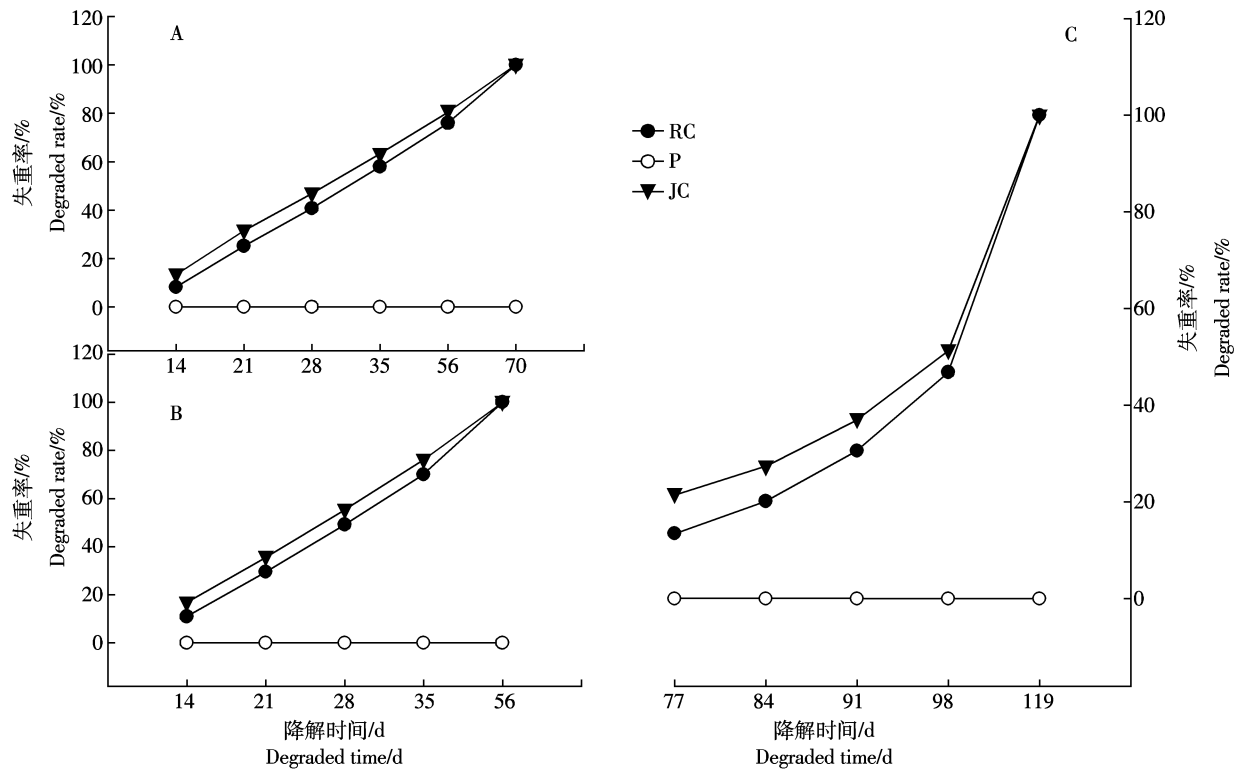
由表 3 可见,麻地膜埋入有降低土壤容重、固相率,增加土壤孔隙度、液相率和气相率的趋势,而塑料地膜埋入后对土壤的影响则相反。

2.1.3 麻地膜埋入量对土壤化学性状的影响

从表 4 可见,麻地膜埋入对有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷和速效钾含量均有提高趋势,这可能与埋入的麻地膜中含有各种养分有关;而塑料地膜埋入后各项养分指标大部分也呈上升趋势,则可能与塑料地膜影响土壤养分的分解和吸收有关;而麻地膜和塑料地膜埋入后土壤养分含量变化较大,但大部分差异不显著。这也说明埋入不同地膜后土壤养分很不均匀。另外,不同地膜埋入后土壤 pH 值均有降低,其原因需要进一步研究。

2.1.4 麻地膜埋入量对土壤微生物数量的影响

在地膜埋入 130 d 之后,对不同处理的土壤进行了微生物数量调查(表 5)。结果表明,麻地膜埋入明显增加了土壤微生物数量,如麻地膜埋入量处理



A.春季;B.夏季;C.冬季

Note: A spring; B summer; C autumn.

图 1 不同季节麻地膜在土壤中的失重率变化

Figure 1 The changes of the bast fiber mulching films degraded rate in the soil in different seasons

表 3 不同地膜埋入量对土壤物理性状的影响

Table 3 Effect of residues quantity of different mulching film on the physical character of soil

处理 Treatments	容重 Bulk density/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	孔隙度 Porosity/%	三相比例 Three-phase ratio/%		
			固相率 Solid phase ratio	液相率 Liquid phase ratio	气相率 Gas phase ratio
JC2	1.22	53.93	46.07	17.46	36.47
JC4	1.23	53.58	46.42	17.16	36.42
JC8	1.20	54.71	45.29	17.79	36.92
JC12	1.20	54.63	45.37	17.77	36.86
JC16	1.19	55.00	45.00	18.22	36.77
CK	1.23	53.51	46.49	17.39	36.12
P4	1.25	53.02	46.98	16.91	36.11
P8	1.25	52.90	47.10	16.26	36.64
P12	1.27	52.24	47.76	17.01	35.23

JC2、JC4、JC8、JC12 及 JC16 的微生物总数分别比 CK 增加 6.90%、25.16%、15.89%、15.73% 及 27.86%，后 4 个处理与 CK 差异均达显著水平。麻地膜埋入对细菌和真菌的作用较大，放线菌数量与不使用地膜 CK 相近。塑料埋入使土壤微生物总数下降，如塑料埋入量处理 P4、P8 及 P12 的微生物总数分别比不使用地膜 CK 减少 2.87%、0.82% 及 13.62%，其中 P12 与 CK 的差异达显著，与 JC2、JC4、JC8、JC12 及 JC16 的差异达

极显著。其中，麻地膜埋入量和微生物总数、细菌呈显著正相关($r=0.660\ 7^*$ 、 $0.645\ 6^*$)，与真菌数量呈极显著正相关($r=0.927\ 8^{**}$)。

2.2 麻地膜埋入量对作物生长发育的影响

2.2.1 麻地膜埋入量对红麻出苗的影响

表 6 显示，麻地膜埋入各处理的红麻出苗率与 CK 相当，差异不显著；但是塑料地膜埋入对红麻出苗率有较大的负面影响，而且塑料埋入量越多，此负面

表 4 不同地膜埋入量对土壤化学性状的影响
Table 4 Effect of residues quantity of different mulching film on chemical character of soil

处理 Treatments	有机质 O.M/ g·kg ⁻¹	全氮 Total-N/ g·kg ⁻¹	全磷 Total-P/ g·kg ⁻¹	全钾 Total-K/ g·kg ⁻¹	碱解氮 ALK.-N/ mg·kg ⁻¹	速效磷 Avai. P/ mg·kg ⁻¹	速效钾 Avai. K/ mg·kg ⁻¹	pH
JC2	13.80a	1.30bc	0.70a	18.15bcd	114.1a	13.55a	111.5a	6.25b
JC4	14.75a	1.38abc	0.79a	16.65d	84.10a	13.00a	126.3a	5.96b
JC8	14.45a	1.48ab	0.89a	18.05bcd	134.2a	15.50a	174.4a	6.40ab
JC12	11.95a	1.31bc	0.74a	20.20a	80.85a	14.30a	125.2a	6.15b
JC16	16.80a	1.66a	0.86a	17.90bcd	51.30a	16.10a	179.8a	6.23b
CK	10.65a	1.07c	0.70a	18.85abc	49.80a	13.25a	105.2a	6.96a
P4	12.15a	1.35abc	0.71a	17.60cd	103.8a	15.15a	109.7a	6.03b
P8	14.55a	1.62ab	0.77a	17.10d	108.8a	15.30a	131.6a	6.11b
P12	13.70a	1.15c	0.64a	19.45ab	82.05a	12.75a	110.0a	6.34ab

注:同一列中,具有完全不同大小写字母的数值之间差异分别达 0.01 和 0.05 显著水平。下同。
Note: Values without same letters in one column are significantly different at 5% and 1% level, respectively. The same below.

表 5 不同地膜埋入量对土壤微生物数量的影响(10⁴·g⁻¹ 鲜土)
Table 5 Effect of residues quantity of different mulching film on microorganism quantity in the soil(10⁴·g⁻¹ fresh soil)

处理 Treatments	微生物种类 Microorganism category											
	细 菌 Bacteria			放线菌 Actinomycetes			真 菌 Epiphyte			微生物总数 Total microorganism		
JC2	428.3	bc	BC	83.17	ab	AB	3.25	c	CD	514.8	bc	BC
JC4	515.0	a	AB	84.58	ab	AB	3.12	cd	D	602.7	a	AB
JC8	471.3	ab	ABC	83.00	ab	AB	3.80	b	B	558.1	ab	ABC
JC12	469.0	ab	ABC	84.58	ab	AB	3.70	b	BC	557.3	ab	ABC
JC16	522.5	a	A	88.67	a	A	4.50	a	A	615.7	a	A
CK	391.3	cd	CD	87.50	a	AB	2.78	d	D	481.5	c	CD
P4	380.0	cd	CD	84.83	ab	AB	2.88	d	D	467.7	cd	CD
P8	392.1	cd	CD	83.57	ab	AB	1.91	f	E	477.6	c	CD
P12	334.2	d	D	79.50	b	B	2.27	e	E	415.9	d	D

表 6 不同地膜埋入量对红麻出苗率的影响(%)
Table 6 Effect of residues quantity of different mulching film on germination ratio of kenaf(%)

处理 Treatments	调查时间 Investigation time		
	6 月 13 日 Jun.13 th	6 月 14 日 Jun.14 th	6 月 15 日 Jun.15 th
JC2	34.26a	58.02abcd	64.20abcd
JC4	31.48a	74.07ab	77.78a
JC8	27.78a	70.37abc	75.31ab
JC12	28.40a	66.67abcd	71.30abc
JC16	31.48a	70.37abc	75.31ab
CK	24.07a	75.00a	76.85ab
P4	22.22a	49.38cd	53.09cd
P8	17.28a	53.70bcd	59.26bcd
P12	12.96a	47.22cd	50.93d

效应越明显。如 6 月 15 日,塑料埋入量处理 P4、P8 及 P12 分别比不使用地膜 CK 低 30.92%、22.89%及 33.73%,差异显著。种子的萌发需要较多的水分,可是长沙 6 月初雨水较少而且气温较高,土壤水分蒸发

快,土壤中的埋入塑料地膜阻碍土壤深处水分的往上运动,上面土壤的水分很难得到补充,导致其出苗率下降。其中,14 日和 15 日塑料地膜埋入量和红麻出苗率间呈显著负相关($r=-0.592\ 2^*$ 、 $-0.582\ 2^*$)。

2.2.2 麻地膜埋入量对红麻根系的影响

由表 7 可见,麻地膜埋入明显促进地上部和地下部的生长,尤其对地下部的生长有明显的促进作用,而且随着埋入量的增加其效应越来越明显,如麻地膜埋入量处理 JC2、JC4、JC8、JC12 及 JC16 的根干重分别比不使用地膜 CK 增加 32.31%、12.49%、37.06%、72.83%及 41.44%;而塑料埋入则阻碍了根系的正常生长,埋入量越多,其效应越显著,如塑料埋入量处理 P4 和 P12 的根干重分别比 CK 低 7.77%和 3.76%。麻地膜埋入对红麻的根冠比也有一定促进作用。麻地膜埋入量与地上部干重呈显著正相关 ($r=0.403\ 5^*$),说明红麻根干重和地上部干重有随麻地膜埋入量增加而增加的趋势。

表 7 不同地膜埋入量对红麻根系生长的影响

Table 7 Effect of residues quantity of different mulching film on growth of kenaf root

处理 Treatments	地下部干重 Dry matter of root/g·plant ⁻¹			地上部干重 Dry matter of shoot/g·plant ⁻¹			根冠比 the ratio of root/shoot		
JC2	3.60	ab	AB	23.50	b	AB	0.15	a	A
JC4	3.06	b	AB	23.71	b	AB	0.13	ab	A
JC8	3.73	ab	AB	24.69	b	AB	0.15	a	A
JC12	4.71	a	A	35.19	a	A	0.13	ab	A
JC16	3.85	ab	AB	28.64	ab	AB	0.14	ab	A
CK	2.72	b	AB	22.35	b	AB	0.12	ab	A
P4	2.51	b	B	22.53	b	AB	0.11	b	A
P8	2.79	b	AB	21.31	b	B	0.13	ab	A
P12	2.62	b	AB	20.19	b	B	0.13	ab	A

2.2.3 麻地膜埋入量对红麻生长速度的影响

由图 2 可见,麻地膜埋入各处理对株高的生长有明显的促进作用,其红麻日生长速度始终高于 CK;而塑料地膜埋入则总体上降低了红麻日生长速度。尤其在天气比较干旱时(8 月 22 日—8 月 31 日)影响更为明显,麻地膜埋入处理 JC2、JC4、JC8、JC12 及 JC16 的日生长速度分别比 CK 高 5.93%、12.64%、5.09%、34.85%及 26.58%;而塑料地膜处理 P8 和 P12 分别比 CK 低 19.94%和 34.88%。

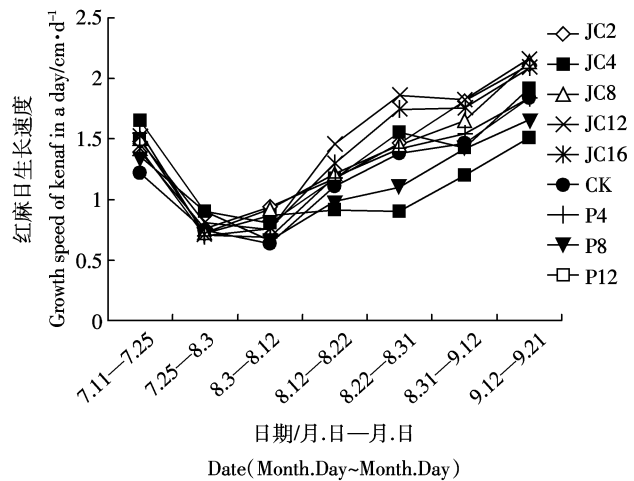


图 2 不同地膜埋入量对红麻生长速度的影响

Figure 2 Effect of residues quantity of different mulching film on growth rate of kenaf

麻地膜埋入量与株高间呈极显著正相关($r=0.259\ 9^{**}$);塑料地膜埋入量与株高间呈负相关($-0.142\ 0$),未达显著水平。

2.2.4 麻地膜埋入量对红麻干物质积累与分配的影响

由表 8 可见,麻地膜埋入促进了红麻各部位干物质积累,JC2、JC4、JC8、JC12 及 JC16 地上部干物质积累量分别比 CK 高 2.28%、4.43%、11.92%、62.15%及

28.47%;塑料埋入量则降低了对干物质的积累,如 P8 和 P12 分别比 CK 高低 3.65%和 9.44%;JC12 处理的红麻各部位和地上部干物质积累量除蕾外,均显著或极显著高于 CK 和各塑料地膜埋入处理;麻地膜埋入量分别与地上部干重和叶干重呈显著相关($r=0.403\ 5^{*}$ 、 $0.408\ 9^{*}$)。

2.2.5 麻地膜埋入量对红麻养分含量和积累量的影响

红麻的养分含量和养分积累量测定结果(表 9 和表 10)表明,麻地膜埋入量对红麻养分含量有一定的影响。但是对养分含量影响的规律性不强,麻地膜埋入量对不同部位养分含量的影响不同。

由表 10 可见,麻地膜埋入量提高了红麻的养分总积累量,尤其对红麻全氮积累量有显著作用,如麻地膜埋入量处理 JC8、JC12 及 JC16 的根氮积累量分别比 CK 高 0.73%、75.88%及 15.10%;叶氮积累量分别比 CK 高 10.24%、52.73%及 37.45%,而且随着埋入量的增加其效应越来越明显。塑料埋入量效应则相反,塑料埋入量明显降低了红麻养分积累量,而且埋入量越多,红麻养分积累量降低越明显。

2.2.6 麻地膜埋入量对红麻经济性状和产量的影响

由表 11 可以看出,麻地膜埋入对株高的影响最显著,其次茎粗和皮厚。麻地膜埋入可以促进红麻株高的生长,而且增加茎粗和皮厚,如麻地膜埋入量处理 JC2、JC4、JC8、JC12 及 JC16 比 CK 的株高分别增加 11.04%、8.86%、13.09%、22.37%及 19.08%,茎粗高 7.14%、8.27%、3.85%、15.42%及 6.82%;皮厚也有增大趋势。其中 JC12 株高最高,与 JC2、JC4 差异显著,与 CK 和各塑料地膜处理差异达极显著;JC12 的茎粗与 CK 和各塑料地膜处理差异也达显著。而塑料埋入降低了株高的增长,而且植株长势非常不均匀,植株之间差异很大,茎粗和皮厚也有所降低。

表 8 不同地膜埋入量对红麻地上部干物质积累量的影响($\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}$)Table 8 Effect of residues quantity of different mulching film on biomass accumulation of the aerial part of kenaf($\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}$)

处理 Treatments	调查部位 Investigating position										地上部总干重 Dry matter of shoot			
	皮 Skin			骨 Bone			叶 Leaf			蕾 Bud				
JC2	4.27	ab	AB	10.2	b	B	6.49	b	AB	2.57	a	23.5	b	AB
JC4	4.88	ab	AB	10.1	b	B	5.89	b	AB	2.85	a	23.7	b	AB
JC8	4.31	ab	AB	10.7	b	B	7.00	b	AB	2.68	a	24.7	b	AB
JC12	5.91	a	A	16.6	a	A	10.2	a	A	3.28	a	35.2	a	A
JC16	5.01	ab	AB	12.5	b	AB	8.18	ab	AB	3.01	a	28.6	ab	AB
CK	3.63	b	B	9.68	b	B	6.58	b	AB	2.46	a	22.4	b	AB
P4	3.64	b	B	10.1	b	B	6.44	b	AB	2.35	a	22.5	b	AB
P8	3.65	b	B	9.45	b	B	6.19	b	AB	2.21	a	21.3	b	B
P12	3.32	b	B	8.95	b	B	5.73	b	B	2.19	a	20.2	b	B

表 9 不同地膜埋入量对红麻养分含量的影响($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)Table 9 Effect of residues quantity of different mulching film on nutrient content of kenaf($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

处理 Treatments	氮 Nitrogen			磷 Phosphorus			钾 Potassium		
	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
JC2	2.87	2.63	16.78	0.82	0.52	1.73	7.56	8.19	4.82
JC4	2.52	2.51	15.71	1.36	1.33	2.29	8.32	9.55	4.42
JC8	2.92	2.02	16.77	1.03	0.71	1.69	7.97	8.68	5.80
JC12	4.04	2.24	15.97	1.75	1.16	1.68	11.39	9.57	4.95
JC16	3.23	2.36	17.90	1.24	1.24	2.02	9.34	8.77	6.12
CK	3.97	2.35	16.17	1.46	1.09	1.98	10.75	9.41	5.10
P4	3.82	2.53	17.35	1.17	1.14	1.95	9.85	9.61	4.37
P8	3.14	2.17	15.38	1.57	1.20	2.14	10.16	10.46	5.63
P12	2.07	2.46	16.25	1.10	0.89	1.86	9.73	8.72	3.97

表 10 不同地膜埋入量对红麻养分积累量的影响($\text{mg}\cdot\text{plant}^{-1}$)Table 10 Effect of residues quantity of different mulching film on nutrient accumulation of kenaf($\text{mg}\cdot\text{plant}^{-1}$)

处理 Treatments	氮 Nitrogen			磷 Phosphorus			钾 Potassium		
	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
JC2	10.33	37.93	108.91	2.96	7.45	11.21	27.24	118.34	31.27
JC4	7.71	37.59	92.58	4.18	19.96	13.51	25.48	142.98	26.03
JC8	10.89	30.32	117.36	3.84	10.68	11.83	29.76	130.31	40.62
JC12	19.01	48.61	162.59	8.23	25.13	17.12	53.61	207.84	50.36
JC16	12.44	41.25	146.33	4.77	21.63	16.54	35.96	153.04	50.08
CK	10.81	31.24	106.46	3.97	14.55	13.01	29.27	125.29	33.55
P4	9.60	34.74	111.82	2.94	15.64	12.55	24.73	131.93	28.17
P8	8.75	28.00	95.24	4.36	15.46	13.25	28.29	135.08	34.83
P12	5.42	30.24	93.07	2.89	10.97	10.62	25.49	106.99	22.74

麻地膜埋入处理的红麻干皮产量均明显高于 CK,并且有随着麻地膜埋入量的增加而提高之势,如 JC2、JC4、JC8、JC12 及 JC16 比 CK 分别增产 17.54%、34.42%、34.58%、41.21%及 38.05%。塑料埋入明显降低了红麻的干皮产量,而且其产量有随塑料埋入量的增加而下降的趋势,P4、P8 和 P12 比 CK 分别减产 5.99%、11.22%及 14.68%。所有处理中 JC12 产量最

高,与 P4、P8 和 P12 差异均达显著水平。

3 讨论

麻地膜是一种以麻类等植物纤维为主要原料的可降解地膜^[3],其降解速度可能与土壤温度以及土壤中微生物生长情况有关。在本试验结果中,温度较高的条件下,麻地膜降解速度较快,而冬季温度低,可能

表 11 不同地膜埋入量对红麻经济性状及产量的影响

Table 11 Effect of residues quantity of different mulching film on output and economic character of the kenaf											
处理 Treatments	株高 Hight of plant/cm			茎粗 Thick of stem/cm			皮厚 Thick of skin/mm			产量 Yield/g·pot ⁻¹	
JC2	147.61	bc	AB	0.6676	ab	AB	0.6225	ab	AB	25.60	abcd
JC4	144.70	bcd	ABC	0.6746	ab	AB	0.6696	a	AB	29.27	abc
JC8	150.32	ab	AB	0.6471	ab	AB	0.6302	ab	AB	29.30	abc
JC12	162.67	a	A	0.7192	a	A	0.6775	a	A	30.75	a
JC16	158.29	ab	A	0.6656	ab	AB	0.6388	ab	AB	30.06	ab
CK	132.93	cde	BC	0.6231	b	AB	0.6256	ab	AB	21.78	abcd
P4	135.24	cde	BC	0.6113	b	B	0.5852	b	B	20.47	bcd
P8	130.09	de	BC	0.6296	b	AB	0.6300	ab	AB	19.33	cd
P12	125.51	e	C	0.6009	b	B	0.6187	ab	AB	18.58	d

影响微生物的生长,所以降解速度非常缓慢,整个冬季基本没有降解,到春季升温时,麻地膜的降解速度开始提高了。

土壤容重受质地、结构性和松紧度等的影响而变化,在土壤质地相似条件下,容重的大小可以反映土壤的松紧度。土壤的孔隙度和三相比数值可以反映土壤的松紧程度和充水、充气程度。常年地膜覆盖的地块,若土壤中的残膜得不到及时拣拾,就会使土壤的容重增加^[20-21]。本试验中,麻地膜埋入降低了土壤容重,能使土壤疏松多孔,改善土壤结构,同时麻地膜埋入对土壤总孔隙度、液相率和气相率均有提高,说明既有一定数量的通气孔隙,也有较多的毛管孔隙,水和气的关系较协调,改善了土壤结构,这有利于作物的生长发育(表 3)。

土壤中养分含量的高低以及土壤酸碱度与作物的生长发育及产量的高低密切相关。麻地膜本身具有一定的养分含量(表 2),因此,当麻地膜在土壤中降解后在一定程度上能够增加土壤中全氮、全磷以及速效氮、磷、钾等养分含量,提高有机质含量,从而导致土壤肥力的提高。然而塑料残膜因残膜的阻隔作用,阻碍雨水垂直渗入,使土壤水分的上下移动速度减慢^[20],导致肥力非常不均匀(表 4),同时也影响到作物对养分的吸收。另外,麻地膜和塑料地膜的埋入均降低了土壤 pH 值,其原因尚不清楚,有待进一步的研究。

有研究表明^[5],残膜量与土壤容重呈正相关,这与本试验研究结果相一致,而土壤容重影响着土壤微生物活动。随着土壤容重的变小,土壤中好气性微生物数量增加,厌氧型微生物急剧减少^[22],土壤微生物多为有机营养型,土壤养分是微生物生活的必要条件。由于麻地膜本身又是很好的天然有机肥料(表2),为

微生物的生存提供了较为充足的营养和能量,从而促进了微生物的生长繁殖,此过程首先反映在各类微生物数量的增加,进而影响土壤中整个生物学过程的活性和强度;在有机物分解的过程中,各种有机物和无机养分的消长,也必然会引起土壤微生物区系组成的变化,形成了新的土壤微生物区系,进而改变土壤生物学活性。另外,麻地膜在土壤中的降解改善了土壤微生物生存的生态因素,这也有利于土壤微生物的生长。

麻地膜埋入能够促进根系的生长,改善根冠比;日生长量明显高于不使用地膜对照;茎粗、皮厚以及干物质量均高于不覆盖对照,提高了植株的养分积累量。而塑料地膜的残留则恶化了土壤的理化性状,影响了红麻地上部生长;苗期主要表现在出苗慢、不整齐、死苗多;后期表现出株高、皮厚、茎粗等经济性状较差;最终表现出产量的下降。麻地膜埋入明显提高红麻的产量,最终干皮产量显著高于没有地膜埋入的对照。麻地膜埋入对作物的增产效应有随着埋入量增加而加强的趋势。而塑料地膜的埋入则恶化了土壤生态环境,影响了红麻生长发育,造成减产,这与解红娥等^[20]、姜益娟等^[23]研究的农田残膜导致小麦、玉米、棉花等作物减产的结论相一致,并且塑料地膜这些负面影响有其随埋入量的增加而加大的趋势。

4 结论

塑料地膜在土壤中破坏土壤结构,降低土壤肥力,降低作物产量。而麻地膜的埋入能有效改善土壤的理化性状,提高土壤养分含量及微生物含量,均匀的培肥土壤,促进作物生长发育,进而提高产量,这种作用有随麻地膜埋入量的增加而增大的趋势。从长远来看,塑料地膜造成的污染导致的减产幅度将逐步达到和超过其保温、保湿等作用带来的增产幅度。而麻

地膜不仅具有用于覆盖作物的巨大增产作用,而且在使用后埋入土壤还可完全降解,提高土壤肥力,进一步提高作物产量。因此,麻地膜的应用能促进生态系统的良性循环、有利农业持续发展。

参考文献:

- [1] 张文群, 金维续. 降解膜残片与土壤耕层水分运动[J]. 土壤肥料, 1994, 3: 12-15.
ZHANG Wen-qun, JIN Wei-xu. Residual degradable film and movement of water in soil plough layer[J]. *Soil and Fertilizer*, 1994, 3: 12-15.
- [2] 李培夫. 我国降解农膜的研制现状及应用前景[J]. 新疆农垦科技, 1995, 6: 24-25.
LI Pei-fu. Research and development situation and application prospects of agricultural film in China[J]. *Xinjiang Agricultural Reclamation Science and Technology*, 1995, 6: 24-25.
- [3] 杨晓涛. 农膜污染的防治对策[J]. 农业环境与发展, 2000, 17(1): 28-29.
YANG Xiao-tao. Discussion on effects of gesso on the agro-environment[J]. *Agro-environment and Development*, 2000, 17(1): 28-29.
- [4] 徐玉宏. 我国农膜污染现状和防治对策[J]. 环境科学动态, 2003, 2: 9-11.
XU Yu-hong. The pollution of waste agricultural plastic film and the control counter-measures in China[J]. *Environmental Science Trends*, 2003, 2: 9-11.
- [5] 袁俊霞. 农用残膜的污染与防治[J]. 农业环境与发展, 2003, 20(1): 31-32.
YUAN Jun-xai. Pollution and prevention of agricultural residual film[J]. *Agro-environment and Development*, 2003, 20(1): 31-32.
- [6] 高怀友, 赵玉杰. 西部地区农业面源污染现状与对策研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 184-186.
GAO Huai-you, ZHAO Yu-jie. Agricultural non-point source pollution and its countermeasures in the western regions[J]. *Chinese Journal of Eco-agriculture*, 2003, 11(3): 184-186.
- [7] 马占新. 治理白色污染发展生态农业[J]. 中国农机化, 2002, 3: 37-38.
MA Zhan-xin. Controlling "white pollution" and developing eco-agriculture[J]. *Agricultural Mechanization of China*, 2002, 3: 37-38.
- [8] 许香春, 王朝云. 国内外地膜覆盖栽培现状及展望[J]. 中国麻业科学, 2006, 28(1): 6-11.
XU Xiang-chun, WANG Chao-yun. The status and development trend of cultivation mulching film at home and abroad[J]. *Plant Fiber Sciences in China*, 2006, 28(1): 6-11.
- [9] K A M Abd EL-Kader, S F Abdel Hamied. Preparation of poly(vinyl alcohol) films with promising physical properties in comparison with commercial polyethylene film[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2002, 86(5): 1219-1226.
- [10] Farias Larias J, Orozco Santos M. Color polyethylene mulchs increase fruit quality and yield in watermelon and reduce insect pest populations in dry tropics[J]. *Gartenbauwissenschaft*, 1997, 62(6): 255-260.
- [11] Farias Larios J, Orozco Santos M. Effect of polyethylene mulch colour on aphid populations, soil temperature, fruit quality and yield of watermelon under troical conditions[J]. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1997, 25(4): 369-374.
- [12] 刘卫红, 沈晓昆, 马国进, 等. 麻地膜在无公害蔬菜生产上的应用研究[J]. 农业装备技术, 2007, 33(5): 31-33.
LIU Wei-hong, SHEN Xiao-kun, MA Guo-jin, et al. Application research of bast fiber mulching film on pollution-free vegetable[J]. *Agricultural Equipment and Technology*, 2007, 33(5): 31-33.
- [13] 王朝云, 吕江南, 易永健, 等. 环保型麻地膜的研究进展与展望[J]. 中国麻业科学, 2007, 29(增刊 2): 380-384.
WANG Chao-yun, LU Jiang-nan, YI Yong-jian, et al. Progress and prospect of the research of environmental friendly bast fiber mulch film[J]. *Plant Fiber Sciences in China*, 2007, 29(S2): 380-384.
- [14] 金关荣, 傅福道, 王银华, 等. 麻地膜、无纺布在设施园艺生产上的应用效果初步研究[J]. 中国麻业科学, 2006, 28(6): 322-326.
JIN Guan-rong, FU Fu-dao, WANG Yin-hua, et al. Applicational study of bast fiber mulch and non-woven on equipment horticultural production[J]. *Plant Fiber Sciences in China*, 2006, 28(6): 322-326.
- [15] 付登强, 易永健, 汪洪鹰, 等. 环保型麻地膜保水特性研究[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(S1): 73-77.
FU Deng-qiang, YI Yong-jian, WANG Hong-ying, et al. Research of water conserving properties in bast fiber mulching film[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2008, 10(S1): 73-77.
- [16] 王朝云, 吕江南, 欧阳清, 等. 环保型麻地膜的试制[J]. 纺织学报, 2008, 29(3): 42-46.
WANG Chao-yun, LU Jiang-nan, OUYANG Qing, et al. Trial manufacturing of environmental friendly bast fiber mulch film[J]. *Journal of Textile Research*, 2008, 29(3): 42-46.
- [17] 吕江南, 王朝云, 易永健. 农用薄膜应用现状及可降解农膜研究进展[J]. 中国麻业科学, 2007(3): 150-156.
LV Jiang-nan, WANG Chao-yun, YI Yong-jian. The development status of agricultural plastics mulching film and progress on degradable mulching films[J]. *Plant Fiber Sciences in China*, 2007(3): 150-156.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-34, 56-58, 86-87, 106-107.
BAO Shi-dan. Soil chemical analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 30-34, 56-58, 86-87, 106-107.
- [19] 李卓棣, 喻子牛, 何绍江. 农业微生物学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 69-72.
LI Bu-di, YU Zi-niu, HE Shao-jiang. Agricultural microbiology experiment technology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 69-72.
- [20] 解红娥, 李永山, 杨淑巧, 等. 农田残膜对土壤环境及作物生长发育的影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊): 153-156.
XIE Hong-e, LI Yong-shan, YANG Shu-qiao, et al. Influence of residual plastic film on soil structure, crop growth and development in fields[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(S): 153-156.
- [21] 支金虎, 郑德明, 朱友娟. 残膜污染对棉花生产的影响及其治理[J]. 塔里木大学学报, 2007, 19(3): 66-70.
ZHI Jin-hu, ZHENG De-ming, ZHU You-juan. Effect of leftover film contamination on cotton production and its administration[J]. *Journal of Tarim University*, 2007, 19(3): 66-70.
- [22] 严健汉, 詹重慈. 环境土壤学[M]. 武汉: 华中师范大学出版社, 1985.
YAN Jian-han, ZHAN Chong-ci. Environment and soil[M]. Wuhan: Huazhong Pedagogical University Press, 1985.
- [23] 姜益娟, 郑德明, 朱朝阳. 残膜对棉花生长发育及产量的影响[J]. 农业环境保护, 2001, 20(3): 177-179.
JIANG Yi-juan, ZHENG De-ming, ZHU Zhao-yang. Effect of remnant plastic film in soil on growth and yield of cotton[J]. *Agro-Environmental Protection*, 2001, 20(3): 177-179.

[12] 刘卫红, 沈晓昆, 马国进, 等. 麻地膜在无公害蔬菜生产上的应用