

捡拾方式对绿洲棉田地膜残留和棉花产量的影响

马兴旺, 赵靛, 李磐, 杨涛, 冶军, 闵伟, 侯振安

引用本文:

马兴旺, 赵靛, 李磐, 等. 捡拾方式对绿洲棉田地膜残留和棉花产量的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2020, 39(10): 2489–2494.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0956>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

地膜厚度对作物产量与土壤环境的影响

张丹, 王洪媛, 胡万里, 杨虎德, 徐钰, 马兴旺, 赵沛义, 刘宏斌

农业环境科学学报. 2017, 36(2): 293–301 <https://doi.org/10.11654/jaes.2016-1008>

降解地膜对新疆棉田土壤水热及棉花产量的影响

吴凤全, 林涛, 祖米来提·吐尔干, 邓方宁, 尔晨, 何文清, 汤秋香

农业环境科学学报. 2018, 37(12): 2793–2801 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0740>

新疆棉花转产区土壤和农产品中邻苯二甲酸酯(PAEs)污染分析和评价

彭伟, 赵玉杰, 王璐, 贺泽英, 张艳伟, 耿岳, 刘潇威

农业环境科学学报. 2018, 37(12): 2678–2686 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0173>

PBAT型全生物降解地膜对新疆棉花和玉米产量及土壤理化性质的影响

王斌, 万艳芳, 王金鑫, 孙九胜, 王新勇, 槐国龙, 孔立明

农业环境科学学报. 2019, 38(1): 148–156 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0259>

地膜降解特征对土壤水热效应和玉米产量的影响

唐文雪, 马忠明

农业环境科学学报. 2018, 37(1): 114–123 <https://doi.org/10.11654/jaes.2017-0500>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

马兴旺, 赵靓, 李磐, 等. 捡拾方式对绿洲棉田地膜残留和棉花产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(10): 2489–2494.

MA Xing-wang, ZHAO Jing, LI Pan, et al. Located researching effects of plastic film picking-up methods on soil residual film and cotton yield in oasis[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2020, 39(10): 2489–2494.



开放科学 OSID

捡拾方式对绿洲棉田地膜残留和棉花产量的影响

马兴旺¹, 赵靓², 李磐¹, 杨涛¹, 冶军², 闵伟², 侯振安^{2*}

(1. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所/农业农村部西北绿洲农业环境重点实验室, 乌鲁木齐 830091; 2. 石河子大学农学院, 新疆 石河子 832003)

摘要:为研究不同捡拾方式对绿洲棉田地膜残留量和棉花产量的影响,2016—2018年开展田间定位试验,设不捡拾、部分捡拾和彻底捡拾地膜3个捡拾方式处理。结果表明:捡拾后0~30 cm土壤地膜残留量明显减少,彻底捡拾处理减少量多于部分捡拾处理,0~20 cm残膜量增减占总增减量的57.1%~80.0%,连续3 a棉花产量高低依次是彻底捡拾、部分捡拾、不捡拾处理。研究表明,土壤地膜残留量存在“危害阈值”,超过阈值后棉花产量迅速大幅降低。每年进行多次残膜回收并持续若干年,能遏制棉田地膜残留或根除土壤残留地膜。

关键词:捡拾方式;地膜残留量;棉花;绿洲灌区;定位研究

中图分类号:X71;S562 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2020)10-2489-06 doi:10.11654/jaes.2020-0956

Located researching effects of plastic film picking-up methods on soil residual film and cotton yield in oasis

MA Xing-wang¹, ZHAO Jing², LI Pan¹, YANG Tao¹, YE Jun², MIN Wei², HOU Zhen-an^{2*}

(1. Institute of Soil, Fertilizer and Agricultural Water-saving, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Northwest Oasis Agricultural Environment of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Urumqi 830091, China; 2. School of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: Soil plastic film residues and cotton yield in an oasis cotton field were location-researched for three consecutive years with no picking (CK), partial picking (Cp) and thorough picking (Cf). The results showed that the amount of residual film decreased after picking; the decrement of Cf was larger than that of Cp, the amount of residual film of 0~20 cm and 20~30 cm decreased in the same proportion, and the increment or decrement of 0~20 cm soil level accounted for 57.1%~80.0% of the total increase and decrease of the 0~30 cm residual film. The descending order of residual amounts of 0~30 cm plastic film in the three consecutive years was no picking-up, partial picking-up and thorough picking-up. Under different plastic film picking degrees, the cotton yield in the first year was different and the yield was in the descending order of thorough picking and partial picking. The difference in cotton yield will increase among these treatments if these methods are continued. In conclusion, if the picking method is effective, the plastic film residue can be eliminated, and the picking intensity is strong enough, the soil residual plastic film can be eradicated for several years. Moreover, if a theoretical threshold value of film residues exists, the cotton yield would decrease significantly if the plastic film concentration were more than the threshold.

Keywords: picking up method; plastic film residues; cotton; oasis irrigated area; location research

收稿日期:2020-08-14 录用日期:2020-09-23

作者简介:马兴旺(1970—),男,宁夏隆德人,博士,研究员,主要从事养分资源高效利用、面源污染防治研究。E-mail: maxw@xaas.ac.cn

*通信作者:侯振安 E-mail: hzhe_agr@shzu.edu.cn

基金项目:国家重点研发计划项目“绿洲灌区棉田地膜污染与氮磷淋溶综合防治模式示范”(2018YFD0800804)

Project supported: National Key R&D Program of China "Demonstration of Comprehensive Control Model of Plastic Film Pollution and Nitrogen and Phosphorus Leaching in Cotton Field in Oasis Irrigation Area" (2018YFD0800804)

随着覆膜种植技术的广泛应用,土壤地膜残留日渐增多,其对作物生长和环境的危害引起了大家的广泛关注。西北地区是我国地膜用量最大的区域,农田土壤地膜残留量也最多。研究表明新疆覆膜20 a棉田的地膜残留量达到300~340 kg·hm⁻²^[1-2],甘肃覆膜20~30 a玉米农田的地膜残留量为30.78 kg·hm⁻²^[3],且地膜残留量随着覆膜种植年限的增加而增加。华北平原^[4]、南方平原^[5],甚至水热条件相对较好的云南^[6]、海南^[7]农田土壤也存在不同程度的地膜残留。总之,地膜残留已经成为全国性的农田土壤污染问题^[8]。

防治地膜污染的途径包括源头管控和残膜回收。源头管控的措施有:使用标准厚度地膜,使用可降解地膜^[9],在水热条件好的地方减少或不再使用地膜^[10],在水热条件差的地方探索通过改进农艺措施减少甚至不使用地膜^[11]。在当前土壤残留地膜持续增加的情况下,残膜回收是减少地膜残留、防治地膜污染的关键途径。近年来,国内外学者针对残膜回收开展了大量研究,研发了多种原理不同类型的残膜回收机具^[12-13],并且制定了地膜残留量限值及测定的国家标准^[14]、残膜回收机具的国家标准^[15]等。

新疆是我国棉花的主产区,2019年的棉花种植面积占全国60%以上,产量占全国总产量80%以上。覆膜种植是新疆棉花高产稳产的关键措施,但这也导致了严重的地膜残留问题。地膜污染已成为新疆农田生态环境改善和棉花产业绿色发展的关键障碍因子。2019年以来,我国农业农村部也将“棉花采摘及残膜回收机械化技术”作为引领性农业技术进行示范推广。有研究发现,不同捡拾方式对玉米农田地膜残留系数影响较大^[16]。但是,目前关于残膜回收方式对膜下滴灌棉田土壤地膜残留影响的研究还很缺乏。本文以新疆绿洲棉田残留地膜为对象,定位研究不同捡拾方式下土壤地膜残留情况以及对棉花产量的影响,以便为确定适宜的地膜回收方式提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验位于天山北坡扇缘带下游的新疆生产建设兵团某连。该区域光热资源较丰富,全年日照时数2 526~2 874 h,生长季日照时数为1 900~2 000 h,≥0℃的活动积温3 900~4 100℃,无霜期160 d左右。试验地已连续覆膜种植棉花13 a,土壤0~20 cm和20~30 cm地膜残留量分别为163.6 kg·hm⁻²和60.1 kg·hm⁻²。土壤为灌耕灰漠土,壤土,土壤耕层有机质含

量14.84 g·kg⁻¹、全氮1.12 g·kg⁻¹、速效磷22.83 mg·kg⁻¹、速效钾236 mg·kg⁻¹、pH 7.88、容重1.23 g·cm⁻³。

1.2 试验设计

设3个地膜捡拾方式处理:(1)不捡拾地膜(CK);(2)部分捡拾地膜(Cp, Partial picking),即只在秋翻地前进行一次人工捡拾残留地表可见的地膜;(3)彻底捡拾地膜(Cf, Thorough picking),即结合每次土壤翻耕,人工捡拾地表可见的残膜,直到春季播种前停止捡拾。每个处理重复3次,共9个试验小区,随机区组设计,小区面积为667 m²。于2016—2018年进行连续3 a定位试验监测,每年进行同样的捡拾地膜作业。

供试作物为棉花(新陆早36号),聚乙烯农用地膜覆盖栽培,一膜4行,行距为(30 cm+50 cm+30 cm)+50 cm,株距10 cm,播种密度2.5×10⁵株·hm⁻²。地膜宽度为1.45 m,厚度为0.008 mm。灌溉方式为膜下滴灌,一膜两管,滴灌带间距80 cm。每年4月中旬播种,采用“干播湿出”方式,即播种后滴出苗水。全生育期灌水9次,总灌溉量450 mm。试验中氮肥全部作追肥,施用量为N 360 kg·hm⁻²,按照棉花生长发育规律在棉花生育期间分5次随水滴施。磷肥和钾肥作基肥,在播种前一次性施入,施用量为P₂O₅ 105 kg·hm⁻²、K₂O 60 kg·hm⁻²。其他栽培管理措施参照当地大田生产。

1.3 土壤地膜残留量调查

分别在2016—2018年春季播种前,在监测地块内用蛇形取样法选择6个不在同一播幅上、规格为200 cm×100 cm(即面积为2 m²)的样方,采集0~20、20~30 cm两个土层的残留地膜。每次采样时做好样方标记,避免前后几次的采样位置重复。

土壤残膜量测定:划定采样样方后,边挖土边清捡残留地膜。首先去除附着在残膜上的杂物,然后带回实验室用超声波清洗仪进行洗涤,洗净后用吸水纸吸干残膜上的水分,小心展开卷曲的残膜,防止残膜破裂,放在干燥处自然阴干,万分之一的电子天平称质量。

1.4 棉花产量测定

分别于每季棉花成熟时,对各小区棉花进行实收记产。

2 结果与分析

2.1 不同捡拾方式下0~20 cm和20~30 cm土壤地膜残留量变化

70%的残留地膜在表层0~20 cm土壤中(表1)。

试验开始前,0~20 cm 土层地膜残留量占0~30 cm 残留量的73.1%,20~30 cm 占26.9%。3个处理连续3 a 监测,0~20 cm 土层地膜残留量约占总残留量的72.6%~73.4%,20~30 cm 土层约占26.5%~27.4%。经过3 a 的连续捡拾,不同处理各土层残膜量占总残留量的比例没有明显变化。

与不捡拾处理(CK)相比,捡拾处理(Cp、Cf)土壤0~20 cm 和20~30 cm 的残膜量明显减少(表1)。第一年,Cp 处理0~20 cm 和20~30 cm 残膜量较CK 分别减少12.2% 和12.5%; Cf 较CK 分别减少26.7% 和27.1%。第二年和第三年也均类似减少。Cf 捡拾程度比Cp 高,0~20 cm 和20~30 cm 残膜量减少比例也相应大于Cp,且每个处理上下两层以相近的比例减少。

捡拾后0~20 cm 土壤残膜减少量多于20~30 cm 减少量(表1)。第一年捡拾后,CK、Cp、Cf的0~20 cm 残膜量分别增加11.1、-10.2、-35.6 kg·hm⁻²,分别占0~30 cm 增减量的73.9%、71.4%、72.6%;而20~30 cm 残膜量分别增加3.9、-4.1、-13.4 kg·hm⁻²,分别占26.1%、28.5%、27.4%。第二年和第三年也有类似变

化。捡拾后,0~20 cm 残膜增减量占0~30 cm 残膜增减量的57.1%~80.0%,20~30 cm 残膜增减量仅占20.0%~42.9%。

2.2 不同捡拾方式下0~30 cm 土壤地膜残留量变化

捡拾后0~30 cm 土壤地膜残留量明显减少(图1)。第一年,Cp 和Cf 土壤地膜残留量较CK 低12.3% 和26.8%,第二年和第三年有类似比例的降低(表2)。相对于CK,Cf 地膜残留量降低较Cp 更多,说明只要简单捡拾一次地表可见残膜,地膜残留量就会减少,多次捡拾则残膜减少得更多。

不同捡拾方式处理0~30 cm 土壤地膜残留量随年限的增加均呈增加趋势(表2)。第一年,CK、Cp、Cf 处理0~30 cm 地膜残留量分别为238.7、209.4、174.7 kg·hm⁻²,较捡拾前分别增加15.0、-14.3、-49.0 kg·hm⁻²,增加了6.7%、-6.4%、-21.9%。第二年,CK、Cp、Cf 地膜残留量较前一年分别增加12.0、9.3、4.0 kg·hm⁻²,增加了5.0%、4.4%、2.3%。第三年各处理土壤地膜残留量继续增加。第一年是在之前没有进行过捡拾的棉田开展捡拾,捡拾处理Cp 和Cf 的地膜残留量有所减少,但之后连续2 a 不同捡拾方式下土壤地膜残

表1 不同捡拾方式下0~20 cm 和20~30 cm 的地膜残留量

Table 1 Plastic film residues of different picking methods in 0~20 cm and 20~30 cm level

年度 Year	深度 Soil level/cm	地膜残留量 Plastic film residues/(kg·hm ⁻²)			当年与对照相比 Compared with the control/%		与前一年相比 Compared with the previous year/(kg·hm ⁻²)		
		CK	Cp	Cf	Cp	Cf	CK	Cp	Cf
2015	0~20	163.6							
	20~30	60.1							
2016	0~20	174.7a	153.4b	128.0c	-12.2	-26.7	11.1	-10.2	-35.6
	20~30	64.0a	56.0b	46.7c	-12.5	-27.1	3.9	-4.1	-13.4
2017	0~20	182.7a	158.7b	130.7c	-13.1	-28.5	8.0	5.3	2.7
	20~30	68.0a	60.0a	48.0b	-11.8	-29.4	4.0	4.0	1.3
2018	0~20	192.0a	169.4b	140.0c	-11.8	-27.1	9.3	10.7	9.3
	20~30	70.7a	62.7a	50.7b	-11.3	-28.3	2.7	2.7	2.7

注:不同小写字母表示同一年度的处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: The different lowercase letters indicate significant differences among treatments in same year ($P<0.05$). The same below.

表2 不同捡拾方式下0~30 cm 土壤地膜残留量

Table 2 Plastic film residues of different picking methods in 0~30 cm level

年度 Year	地膜残留量 Plastic film residues/(kg·hm ⁻²)			当年与对照相比 Compared with the control/%		与前一年相比 Compared with the previous year/(kg·hm ⁻²)		
	CK	Cp	Cf	Cp	Cf	CK	Cp	Cf
2015	223.7							
2016	238.7a	209.4b	174.7c	-12.3	-26.8	15.0	-14.3	-49.0
2017	250.7a	218.7b	178.7c	-12.8	-28.7	12.0	9.3	4.0
2018	262.7a	232.0b	190.7c	-11.7	-27.4	12.0	13.3	12.0

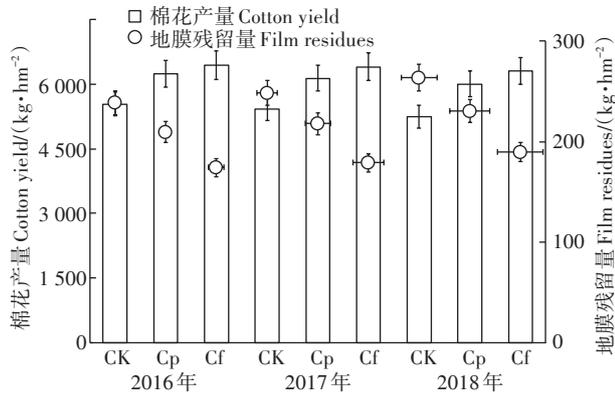


图1 不同地膜捡拾方式下的地膜残留量和棉花产量

Figure 1 Cotton yield and film residues with different picking methods of plastic film

留量均有所增加,只是增加量有差异。

土壤地膜残留量随覆膜种植年限增加呈显著的线性增长关系。回归分析表明(表3),CK在年际间地膜残留量增加幅度最大,平均年增加量为 $12.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,Cp为 $10.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,Cf增幅最小,为 $7.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.3 不同捡拾方式下的棉花产量

不同地膜捡拾方式处理下,棉花产量差异明显(图1)。第一年棉花产量表现为 $Cf > Cp > CK$,且随着试验年限的延长,不同捡拾方式处理间棉花产量的差异逐渐增大。与第一年相比,CK棉花产量第二年和第三年分别降低2.9%和5.4%,Cp降低3.0%和3.6%,Cf降低1.1%和3.1%。可见,地膜捡拾程度越低,棉花减产幅度也越大。

2.4 棉花产量与土壤地膜残留量的关系

棉花产量与土壤地膜残留量有显著线性相关性。棉花产量与土壤地膜残留量的线性回归方程表明(表4),棉花产量随地膜残留量增加呈降低趋势(图1)。地膜不同捡拾方式导致地膜残留量在年际间的增加量决定了棉花产量降低的幅度,CK棉花产量降低幅度最大,Cp次之,Cf最小。由此可见,地膜残留量显著影响棉花产量,随地膜残留量增加,棉花产量显著降低。合理控制土壤地膜残留量,对棉花增产具有重要作用。

3 讨论

3.1 棉田地膜使用量与残留量

按照试验区当时情况,本试验用厚度为 0.008 mm 地膜,使用量 $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,如果完全不捡拾地膜,全部残留于土壤,当年新增残膜量理论上也应当是 $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 左右。本研究显示,完全不捡拾处理0~30 cm 年新增残膜 $12.0 \sim 15.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,远低于理论残留

表3 土壤地膜残留量Y与覆膜种植年限X的关系

Table 3 Relationship between plastic film residues Y and film mulching years X

处理 Treatments	回归方程 Regression equations	决定系数 R^2
CK	$Y=12.640X+60.907$	0.987 1
Cp	$Y=10.756X+57.947$	0.988 6
Cf	$Y=7.906X+62.482$	0.954 2

表4 地膜不同捡拾方式下棉花产量Y与土壤地膜残留量X的关系

Table 4 Relationship between cotton yield Y and film residues X with different plastic film picking methods

处理 Treatments	回归方程 Regression equations	决定系数 R^2
CK	$Y=-11.639X+8\ 319.0$	0.974 4
Cp	$Y=-10.702X+8\ 472.3$	0.968 7
Cf	$Y=-8.303X+7\ 886.1$	0.957 7

量,但与前人调查的新疆棉田耕层残膜量每年增加 $11.2^{[17]}$ 、 $13.66^{[18]}$ 、 $16.47 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2[19]}$ 的结果相似。在20世纪90年代推广棉花覆膜种植后,地膜残留污染问题即引起关注,并开始研制残膜回收机械,但多处于研究示范阶段^[20]。自2012年国家在新疆实施农业清洁生产示范项目、大面积开展地膜回收行动前,甚至之后一段时间内地膜回收率只有10%~30%^[21]。所以分别于2005、2011、2016年多地点调查得出新疆棉田耕层残膜量每年增加 $11.2^{[17]}$ 、 $13.66^{[18]}$ 、 $16.47 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2[19]}$ 的结果就是没有回收地膜时的残膜增加量。

没有回收地膜但残膜量低于理论预期的主要原因可能有:碎裂的地膜在收获时会被人随手或随秸秆带出田间,收获后、犁地后会被风吹出田间,耕地时被翻入30 cm 以下土壤等。所以在农村能见到飘落在树木、道路、渠沟、庭院的废旧塑料,有混入棉花中形成的“三丝”,有碎膜夹杂在饲草料中被牲畜误食等。因此,当年使用地膜的残留量受多种因素影响,并不完全决定于回收强度。本试验中,不同捡拾方式处理土壤地膜残留量的变化在年度间存在一定差异,可能也与此有关。

3.2 残膜回收与地膜残留量

本研究发现,即使彻底捡拾处理,3 a后土壤地膜残留量仍然明显增加。一方面是因为表层土壤中残膜会向深层转移。土壤中残留的地膜可以按照进入土壤的先后,分为当年新残留和以往残留两部分。当年地膜残留于地表和表层,随着覆膜种植年限的增

加,不断的耕作使表层土壤残膜逐渐向下层土壤转移;下层的残膜也会被翻到表层。最终,残膜会在整个耕层分布^[19];另一方面,以机械为主(或与人工捡拾结合)回收的主要是表层土壤中残膜。近年来,我国相继研制了多种类型的地膜回收机具^[12-13],依据GB/T 25412—2010规定,耕前和播前残地膜回收机表层0~10 cm拾净率≥80%、10~15 cm深层拾净率≥80%即为合格产品^[15]。所以,如果每年只进行一次机械残膜回收,必然会有一定量的地膜残留在土壤中。

因此,每年应开展多次机械残膜回收(或与人工捡拾结合)才能在绝对量上减少地膜残留量,遏制土壤地膜污染。

3.3 土壤地膜残留量与棉花产量

本研究中地膜残留量与棉花产量的关系采用直线回归方程描述,地膜残留量是原位测定值,棉花产量源于残膜以实际状况分布的土壤上的3 a定位试验。也有研究报道了地膜残留量与棉花产量呈直线回归关系,但研究多采用模拟试验的方法,将薄膜剪碎均匀混入土壤来模拟地膜残留^[18,22],这与农田土壤残膜的实际分布状况存在很大差异。土壤中残膜有长条状、片状、团状,以垂直、水平或倾斜分布,面积有很大差别,上下层含量也不同。人为在土壤中掺混碎膜以模拟残留地膜,与以自然过程混入土壤的残留地膜对作物影响必然有一定差别。

分析3个处理3 a的平均地膜残留量与对应的棉花产量数据发现,二次函数比线性函数能更好地描述地膜残留量与棉花产量间的关系(图2)。由二次函数曲线可以看出,地膜残留量在某一阈值范围内,随地膜残留量增加棉花产量降幅较小;当地膜残留量超过阈值后,棉花产量随地膜残留量增加大幅降低,该

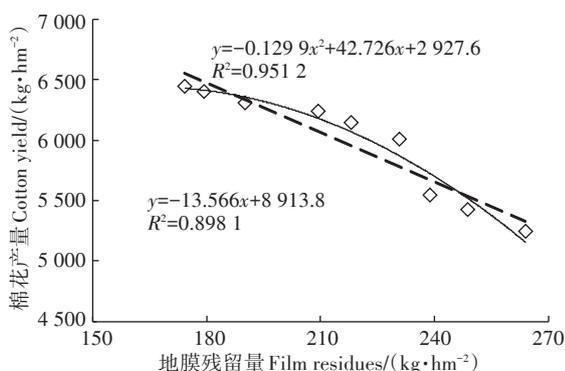


图2 土壤地膜残留量与棉花产量间函数关系

Figure 2 Simulating the relationship between plastic film residues and cotton yield with different functions

阈值即为地膜残留的“危害阈值”,这种趋势有一定的理论依据。有研究表明,随地膜残留量的增加,土壤养分和微生物特征^[23]、土壤体积质量、孔隙度、土壤透气性、土壤酶^[24]、土壤水分运动^[8]等受到的影响逐步增大,进而影响作物生长。

4 结论

(1)对绿洲棉田地表和土壤中的地膜进行捡拾或回收,可有效降低土壤地膜残留量。

(2)一年内进行多次残膜回收,重点是回收表层0~20 cm土壤残留地膜,并持续若干年,能遏制棉田地膜残留甚至根除土壤残留地膜。

(3)棉花产量与土壤地膜残留量有显著负相关性,二次幂函数能较好描述二者关系。理论上残留量存在一个“危害阈值”,即地膜残留量小于该值时,棉花减产幅度较小;当大于该数值时,棉花产量迅速大幅降低。

参考文献:

- [1] 严昌荣,王序俭,何文清,等. 新疆石河子地区棉田土壤中地膜残留研究[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3470-3474.
YAN Chang-rong, WANG Xu-jian, HE Wen-qing, et al. The residue of plastic film in cotton fields in Shihezi, Xinjiang[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7): 3470-3474.
- [2] 董合干,刘彤,李勇冠,等. 新疆棉田地膜残留对棉花产量及土壤理化性质的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(8): 91-99.
DONG He-gan, LIU Tong, LI Yong-guan, et al. Effects of plastic film residue on cotton yield and soil physical and chemical properties in Xinjiang[J]. *Transactions of the CSAE*, 2013, 29(8): 91-99.
- [3] 马彦,杨虎德. 甘肃省农田地膜污染及防控措施调查[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(4): 478-483.
MA Yan, YANG Hu-de. Investigation on pollution caused by mulching plastic film in Gansu Province and the countermeasures[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2015, 31(4): 478-483.
- [4] 张丹,胡万里,刘宏斌,等. 华北地区地膜残留及典型覆膜作物残膜系数[J]. 农业工程学报, 2016, 32(3): 1-5.
ZHANG Dan, HU Wan-li, LIU Hong-bin, et al. Characteristics of residual mulching film and residual coefficient of typical crops in North China[J]. *Transactions of the CSAE*, 2016, 32(3): 1-5.
- [5] 蔡金洲,张富林,范先鹏,等. 南方平原地区地膜使用与残留现状调查分析[J]. 农业资源与环境学报, 2013, 30(5): 23-30.
CAI Jin-zhou, ZHANG Fu-lin, FAN Xian-peng, et al. The status quo of film application and residue in the southern plains of China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2013, 30(5): 23-30.
- [6] 张磊,杨俊华,韩永连,等. 德宏州主要覆膜作物地膜使用与残留情况调查[J]. 中国热带农业, 2015(4): 35-37.
ZHANG Lei, YANG Jun-hua, HAN Yong-lian, et al. Investigation on

- the use and residue of plastic film of main mulching crops in Dehong Prefecture[J]. *China Tropical Agriculture*, 2015(4): 35-37.
- [7] 陈蔚林. 不让地膜成“地魔”[N]. 海南日报, 2014-04-19.
CHEN Wei-lin. Do not let plastic film becoming "demons"[N]. *Hainan Daily*, 2014-04-19.
- [8] Zhang D, Ng E L, Hu W, et al. Plastic pollution in croplands threatens long-term food security[J]. *Global Change Biology*, 2020. doi:10.1111/gcb.15043.
- [9] 严昌荣, 何文清, 薛颖昊, 等. 生物降解地膜应用与地膜残留污染防治[J]. *生物工程学报*, 2016, 32(6): 748-760.
YAN Chang-rong, HE Wen-qing, XUE Ying-hao, et al. Application of biodegradable plastic film to reduce plastic film residual pollution in Chinese agriculture[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2016, 32(6): 748-760.
- [10] 靳拓, 薛颖昊, 张明明, 等. 国内外农用地膜使用政策、执行标准与回收状况[J]. *生态环境学报*, 2020, 29(2): 411-420.
JIN Tuo, XUE Ying-hao, ZHANG Ming-ming, et al. Research advances in regulations, standards and recovery of mulch film[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2020, 29(2): 411-420.
- [11] 喻树迅. 无膜棉对中国棉花产业转型升级的意义[J]. *农学学报* 2019, 9(3): 1-5.
YU Shu-xun. The significance of filmless cotton to promote the transformation and upgrading of China's cotton industry[J]. *Journal of Agriculture*, 2019, 9(3): 1-5.
- [12] 侯书林, 胡三媛, 孔建铭, 等. 国内残膜回收机研究的现状[J]. *农业工程学报*, 2002, 18(3): 186-190.
HOU Shu-lin, HU San-yuan, KONG Jian-ming, et al. Present situation of research on plastic film residue collector in China[J]. *Transactions of the CSAE*, 2002, 18(3): 186-190.
- [13] 杨程, 张佳喜, 郭俊先, 等. 残留地膜回收技术与装备的研究现状[J]. *新疆农机化*, 2016(5): 15-19.
YANG Cheng, ZHANG Jia-xi, GUO Jun-xian, et al. Review of recycling technology and equipment of plastic film mulch[J]. *Xinjiang Agricultural Mechanization*, 2016(5): 15-19.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. 农田地膜残留量限值及测定: GB/T 25413—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
Standardization Administration of China. Limit and test method for residual quantity of agricultural mulch film: GB/T 25413—2010[S]. Beijing: China Standard Press, 2011.
- [15] 中国国家标准化管理委员会. 残地膜回收机: GB/T 25412—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
Standardization Administration of China. Mulch film residue collector: GB/T 25412—2010[S]. Beijing: China Standard Press, 2011.
- [16] 唐文雪, 马忠明, 魏焘. 多年采用不同捡拾方式对地膜残留系数及玉米产量的影响[J]. *农业资源与环境学报*, 2017, 34(2): 102-107.
TANG Wen-xue, MA Zhong-ming, WEI Tao. Effects of adopting different kinds of collecting method for years on film residual coefficient and maize yields[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(2): 102-107.
- [17] 刘建国, 李彦斌, 张伟, 等. 绿洲棉田长期连作下残膜分布及对棉花生长的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(2): 246-250.
LIU Jian-guo, LI Yan-bin, ZHANG Wei, et al. The distributing of the residue film and influence on cotton growth under continuous cropping in oasis of Xinjiang[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(2): 246-250.
- [18] 董合干, 王栋, 王迎涛, 等. 新疆石河子地区棉田地膜残留的时空分布特征[J]. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(9): 182-186.
DONG He-gan, WANG Dong, WANG Ying-tao, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of mulch residues in cotton field in Shihezi, Xinjiang[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2013, 27(9): 182-186.
- [19] 贺怀杰, 王振华, 郑旭荣, 等. 典型绿洲区长期膜下滴灌棉田残膜分布现状研究[J]. *灌溉排水学报*, 2019, 38(2): 63-69.
HE Huai-jie, WANG Zhen-hua, ZHENG Xu-rong, et al. Distribution of size and quantity of film residuals in cotton fields under film-mulched drip irrigation in oasis region[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2019, 38(2): 63-69.
- [20] 陈发. 新疆残膜回收机械化技术研究、应用与建议[J]. *新疆农业科学*, 2008, 45(增刊2): 127-134.
CHEN Fa. A study on retrieving the residual plastic film by mechanized techniques and some suggestions on its application in Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45(Suppl 2): 127-134.
- [21] 李亚楠. 白色污染困扰新疆: 近六千万亩农田年使用地膜25.5万吨[N]. *人民日报*, 2016-05-16.
LI Ya-nan. Xinjiang is beset by white pollution: 255 thousand tons plastic film per year mulched on 60 million mu crop land[N]. *People's Daily*, 2016-05-16.
- [22] 祖米来提·吐尔干, 林涛, 王亮, 等. 地膜残留对连作棉田土壤氮素、根系形态及产量形成的影响[J]. *棉花学报*, 2017, 29(4): 374-384.
ZUMILATI·Turgan, LIN Tao, WANG Liang, et al. Effects of plastic film residue on soil nitrogen content, root distribution, and cotton yield during the long-term continuous cropping of cotton[J]. *Cotton Science*, 2017, 29(4): 374-384.
- [23] 张丹, 刘宏斌, 马忠明, 等. 残膜对农田土壤养分含量及微生物特征的影响[J]. *中国农业科学*, 2017, 50(2): 310-319.
ZHANG Dan, LIU Hong-bin, MA Zhong-ming, et al. Effects of residual plastic film on soil nutrient content and microbial characteristics in the farmland[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(2): 310-319.
- [24] 邹小阳, 牛文全, 刘晶晶, 等. 残膜对土壤和作物的潜在风险研究进展[J]. *灌溉排水学报*, 2017, 36(7): 47-54.
ZOU Xiao-yang, NIU Wen-quan, LIU Jing-jing, et al. Potential risks of plastic film residuals on soils and crops: A review[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2017, 36(7): 47-54.