

山东省花生种植区耕层土壤残膜赋存特征

王学霞, 宋宁宁, 薛颖昊, 王甲辰, 梁丽娜, 李梦佳, 刘淑丽, 刘东生

引用本文:

王学霞, 宋宁宁, 薛颖昊, 等. 山东省花生种植区耕层土壤残膜赋存特征[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(8): 1729–1737.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2021-0059>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

张掖绿洲农田地膜残留量分布特征及影响因素

杜泽玉, 孙多鑫, 杨荣, 苏永中

农业环境科学学报. 2020, 39(12): 2789–2797 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0690>

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>

捡拾方式对绿洲棉田地膜残留和棉花产量的影响

马兴旺, 赵靓, 李磐, 杨涛, 冶军, 闵伟, 侯振安

农业环境科学学报. 2020, 39(10): 2489–2494 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0956>

我国西北覆膜农田土壤微塑料数量及分布特征

程万莉, 樊廷录, 王淑英, 李尚中, 张建军, 赵刚, 王磊, 党翼

农业环境科学学报. 2020, 39(11): 2561–2568 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0505>

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>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

王学霞, 宋宁宁, 薛颖昊, 等. 山东省花生种植区耕层土壤残膜赋存特征[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(8): 1729–1737.

WANG X X, SONG N N, XUE Y H, et al. Occurrence characteristics of residual film in cultivated soil of peanut planting area in Shandong Province, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2021, 40(8): 1729–1737.



开放科学 OSID

山东省花生种植区耕层土壤残膜赋存特征

王学霞¹, 宋宁宁², 薛颖昊³, 王甲辰¹, 梁丽娜¹, 李梦佳², 刘淑丽⁴, 刘东生^{1*}

(1. 北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100097; 2. 青岛农业大学资源与环境学院, 山东 青岛 266109; 3. 农业农村部农业生态与资源保护总站, 北京 100125; 4. 禹城市农业农村局, 山东 禹城 251200)

摘要:通过对山东省花生典型种植区耕层土壤地膜残留量分布特征及影响因素的调查研究,准确评估花生种植农田系统地膜残留污染现状,为该地区农田地膜污染防治措施的提出提供科学依据。选择覆膜年限为1~15 a的18个农田为研究对象,调查土壤质地、地膜使用情况等指标,同时分析不同耕层土壤中地膜残留量和残片数量。结果表明,覆膜1~15 a的4个典型花生种植区耕层(0~30 cm)土壤残膜量在2.48~46.01 kg·hm⁻²,不同区域间差异不明显,均低于我国农田残留量限值。随着覆膜年限的增加,耕层土壤中残膜的含量和数量均呈逐年上升趋势。残膜含量和残片数量随土壤深度增加而逐渐降低,分布在0~10 cm土层内的残膜显著高于10~20 cm和20~30 cm土层,随着覆膜年限增加,残膜呈现向深层土壤下移的趋势。>25、4~25 cm²和<4 cm²残片数均随土壤深度的增加而降低。随覆膜年限增加,耕层(0~30 cm)土壤中小面积残膜数量和比例不断提高,且在20~30 cm深层土壤<4 cm²的小残片呈明显增多趋势,加大了长期覆膜农田的残膜回收难度,可能对耕层土壤环境造成长期影响。因此,采取适当措施增加地膜回收,以减少该地区地膜污染,对保护该地区花生生产地健康有积极作用。

关键词:土壤残膜;残膜含量;残片数;覆膜年限;残膜回收

中图分类号:X71 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2021)08-1729-09 doi:10.11654/jaes.2021-0059

Occurrence characteristics of residual film in cultivated soil of peanut planting area in Shandong Province, China

WANG Xuexia¹, SONG Ningning², XUE Yinghao³, WANG Jiachen¹, LIANG Lina¹, LI Mengjia², LIU Shuli⁴, LIU Dongsheng^{1*}

(1. Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Agricultural Forestry Academy Sciences, Beijing 100097, China; 2. School of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 3. Rural Energy and Environment Agency, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 4. Yucheng Agricultural and Rural Bureau, Yucheng 251200, China)

Abstract: The distribution characteristics and influencing factors of residual film amounts were investigated to accurately evaluate regional plastic film pollution in the peanut cultivated farmland system of Shandong Province, which can provide a scientific basis for preventing and reducing of farmland plastic film pollution in this area. The soil texture, use of plastic film, and other indicators were investigated in 18 farmland samples with 1~15 years of film mulching. The amount and quantity of residual film in different soil layers were analyzed. Results

收稿日期:2021-01-15 录用日期:2021-04-20

作者简介:王学霞(1982—),女,山东淄博人,助理研究员,主要从事土壤生态监测与评价研究。E-mail:wxx0427@163.com

*通信作者:刘东生 E-mail:LLSLDS@163.com

基金项目:农业农村部农业生态环境保护专项(13200214);北京市农林科学院创新能力建设项目(KJCX20200419);北京市农林科学院改革与发展计划项目(YZS202001)

Project supported: The Special Project to Protect Agricultural Eco-environment of Ministry of Agriculture and Rural Affairs (13200214); The Innovation Capacity Building Project of Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences (KJCX20200419); The Reform and Development Plan of Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences (YZS202001)

showed that the amount of residual film was 2.48~46.01 kg·hm⁻² in the soil layers (0~30 cm) of four typical peanut planting areas in Shandong Province, lower than the limit of residual film in China. The difference was not as evident among different areas. The quantities of residual film increased with the increase of film mulching years. The residual films were mainly found in the 0~10 cm soil layer, significantly higher than that in the 10~20 cm and 20~30 cm soil layers. The amount of residual film significantly decreased with the increase in depth; the residual film tended to move into deep soil with the increase in film mulching years. The film quantity residuals >25 cm², 4~25 cm², and <4 cm² significantly decreased with soil depth. The quantity and ratio of small residuals increased with the increase in mulching years; in particular, the film residuals <4 cm² increased in the 20~30 cm soil layer, making it difficult to recover film residue in long-term mulched farmland; this may have long-term effects on the soil environment. Therefore, mitigation measures should be taken to increase the recovery of plastic film to reduce plastic film pollution, which can play a positive role in protecting the health of peanut production in this region.

Keywords: soil residual film; residual film amounts; residual film quantity; film mulching years; recovery of plastic film

地膜覆盖栽培在提高农田水分利用率、增加作物产量和提升农业生产力等方面效果显著,同时在改善农业种植格局、扩大农作物种植区域等方面亦起到积极作用,已成为当前国内外广泛使用的农业技术,在我国现代农业生产中发挥了重大作用^[1-3]。截至2019年全国农膜使用总量达到240.8万t,其中地膜137.9万t,地膜覆盖种植面积达到1 762.8万hm²,约占耕地总面积的12.1%^[4]。地膜作为一种高分子聚合物在自然条件下短期内很难降解,其不合理的应用导致我国农田生态环境出现严重的“白色污染”问题^[5]。随着土壤中地膜残留量日益增加,土壤团聚体稳定性降低^[5-6],土壤水分与养分的正常运移受阻^[7],作物产量下降^[2,8];地膜和残膜中增塑剂、抗氧化剂等添加剂直接释放到土壤中成为有机污染物造成二次污染^[7,9-10];残膜在土壤中进一步破碎形成微塑料,与土壤中的重金属、有机污染物形成复合污染物对生态环境造成不良影响^[11-12]。地膜在土壤中长期残留对农田产地环境健康造成严重负面影响,不利于我国农业可持续发展。

当前,我国农田的残膜污染比较严重,大部分农田耕层土壤均存在不同程度的地膜残留污染,一般农田残留量可达60~300 kg·hm⁻²,少数地块甚至超过450 kg·hm⁻²^[3,13]。由于农膜使用总量和种植模式存在明确的区域特征,导致残膜地域分布差异很大^[11,13-14]。新疆、甘肃、内蒙古等地区由于气候干旱、水资源紧缺,地膜用量大、覆盖面积广,导致这些地区残膜污染较严重^[1,3,14],已经成为这些区域农业面源污染防治中不可回避的问题;山东、河南、四川等地区为保墒、防虫草害亦大量使用地膜,导致这些区域也出现残膜污染问题^[15];上海、天津、北京等地区耕地少、设施农业比重高,地膜使用强度大,导致这些区域也出现不同程度的残膜污染^[11,13]。随着我国地膜覆盖面积逐年

增加,农田残膜造成的“白色污染”已经成为农业产地环境的重大威胁之一^[1,16]。

相关学者已对农田地膜残留特征做了大量研究,显示残膜在土壤耕作层中的分布和形态状况受覆膜年限、耕作方式、覆膜方式等的影响^[13,16-19]。覆膜年限是影响土壤中地膜残留量的主要因素,农田残膜量与覆膜年限之间一般呈现正相关关系^[15-20]。何文清等^[21]和严昌荣等^[16]对国内农田残膜数据综合分析发现,随覆膜时间的增长,残膜量和残片数逐渐增多。杜泽玉等^[14]对河西走廊张掖绿洲105个农田样地调查分析表明,覆膜年限是地膜残留量空间变异的主要因素,连续覆膜10 a以上,农田地膜残留量显著增加。此外,覆膜方式也是影响残膜含量的重要因素之一。董合干等^[17]通过调查新疆棉田土壤残膜污染情况,发现连续覆膜25 a后,残膜密度和残片数分别达405 kg·hm⁻²和1 376万片·hm⁻²,农田残膜的总质量和数量均随覆膜年限的增长而直线增加,残膜密度和残片数以每年13.66 kg·hm⁻²和40.02万片·hm⁻²的速度递增。胡灿等^[19]发现残膜在农田耕层土壤中总的趋势是上层和中层残膜量高于下层残膜量,受深耕、旋耕等耕作方式的影响,随覆膜年限的增加而逐年下移。贺怀杰等^[22]研究发现,新疆棉田土壤残膜主要集中分布在0~15 cm土层内,面积大于30 cm²,随着覆膜年限和旋耕次数的增加,逐渐下移到15 cm以下土层内,且面积和质量较小的残膜在35~40 cm深层土壤中明显增多。

花生是一种重要的油料作物和经济作物,2018年全国花生播植面积为461.97万hm²,在我国种植业结构中占有重要地位。山东省是我国花生传统种植区域,2018年种植面积达到91.33万hm²,占全国种植面积的19.77%^[4]。花生是山东地膜覆盖技术应用较早的作物,覆膜面积达到70%以上^[23]。长期和大面积覆膜种植,导致该区域花生耕地土壤农膜不断积累,

残膜含量达到 $23.98 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ [20,23],可能会对该地区花生种植土壤生态环境造成影响。当前关于山东农田残膜赋存情况研究大多集中在农膜残留分布特性调查及影响因素分析方面 [13,20,23],但这些研究大多样本量较少且没有针对花生种植体系。因此,亟待增加调查区域与样本量,对山东花生典型种植区地膜使用、地膜残留空间分布及污染状况进一步翔实了解。因此,本次研究采用问卷与实地调查相结合的方法,分别对山东省四大花生主产区(胶东半岛、鲁中南山区、鲁西平原和鲁北平原)地膜使用、回收与残膜污染现状进行了调研,并对相关样地土壤样品取样,分析地膜残留量、残片数量及在土壤中的空间分布特征,旨在为该地区花生田地膜的科学使用及残膜回收提供相应的数据支持,同时为全国花生种植耕地土壤残膜污染评价提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验样地

选择山东省胶东半岛(青岛胶州市、烟台栖霞

市)、鲁中南山区(临沂莒南县)、鲁西平原(聊城高唐县、德州宁津县)和鲁北平原(滨州惠民县、滨州沾化县)四大花生主产区作为残膜调查的代表性区域。样地选择首要标准是连续覆膜种植花生农田,此外,考虑到覆膜年限、地膜用量、土壤质地等影响因素,每个典型区域选择4~5个样地作为调查对象,共计18个样地(图1和表1)。

1.2 残留地膜样品采集

2019年4月,为防止影响花生种植,在花生整地播种前进行残膜样品采集,每个样地随机选取3个样方,采样面积为 1 m^2 ($100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$)。首先剥离表层地膜,以10 cm为一层,分别按照0~10、10~20 cm和20~30 cm 3个土层取土,分别过10目筛,拣出肉眼可见残留地膜,残膜收集后,尽量恢复土壤原貌。

1.3 残膜样品处理

将收集到的残膜带回实验室,先用自来水冲洗残膜带有的大部分土壤和杂物,然后用超声清洗仪(BRANSON 5800)进一步洗涤30 min,之后用滤纸吸干残膜上水分,小心展开卷曲的残膜(防止残膜破裂),



图1 地膜采样点分布

Figure 1 Location of the sampling sites

表1 花生种植区域地膜使用及回收情况(2019年)

Table 1 Input and recovery of plastic film in peanut planting area(2019)

地区 Regions	样地 Sampling sites	覆膜年限 Years of film mulching/a	覆膜量 Input of plastic film/ (kg·hm ⁻²)	地膜厚度 Film thickness/mm	回收量 Recovery of plastic film/ (kg·hm ⁻²)	土壤质地 Soil texture	回收方式 Recovery style
胶东半岛	S1	1	75	0.010	58.85	黏土	人工捡拾
	S2	5	75	0.010	53.85	黏土	人工捡拾
	S3	10	60	0.008	42.35	壤土	人工捡拾
	S4	5	75	0.010	52.04	壤土	人工捡拾
	S5	15	60	0.008	44.42	壤土	人工捡拾
鲁中南山区	S6	2	75	0.010	56.43	壤土	人工捡拾
	S7	6	75	0.010	59.36	壤土	人工捡拾
	S8	11	60	0.008	53.01	壤土	人工捡拾
	S9	15	60	0.008	46.33	壤土	人工捡拾
鲁西平原	S10	5	75	0.010	54.36	壤土	人工捡拾
	S11	10	60	0.008	46.26	壤土	人工捡拾
	S12	3	75	0.010	52.46	砂土	人工捡拾
	S13	15	60	0.008	44.65	砂土	人工捡拾
鲁北平原	S14	6	75	0.010	58.63	砂土	人工捡拾
	S15	10	60	0.008	53.62	砂土	人工捡拾
	S16	12	60	0.008	50.32	砂土	人工捡拾
	S17	15	75	0.010	68.05	砂土	人工捡拾
	S18	1	75	0.010	59.84	砂土	人工捡拾

注:覆膜量表示调查样地花生种植时覆膜的质量。
Note: The amount of plastic film mulching indicate the quality of plastic film mulching during peanut planting in the sampling sites.

放在干燥处自然风干后,用万分之一电子天平称其质量,计算地膜残留量;再将展开的残膜置于带网格(1 cm×1 cm)的A4纸张上,分别以残膜面积<4、4~25 cm²和>25 cm²为标准,分类统计所收集残膜的数量。

1.4 问卷调查

取样检测的同时,对拥有地块的农户进行问卷调查。调查内容包括覆膜年限、覆膜量、地膜厚度、回收量、回收方式、土壤类型。由表1可知,调查样地花生种植覆膜年限在1~15 a,地膜每年使用量为60~75 kg·hm⁻²,地膜厚度0.008~0.010 mm,其中0.010 mm的膜占50%以上,每年地膜回收率77%以上,鲁北平原回收率达到84.38%。

1.5 数据分析

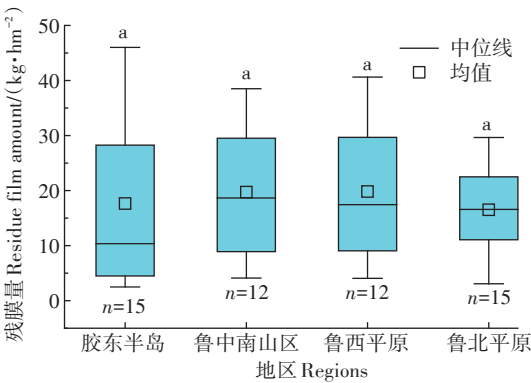
基于SPSS 22.0,运用单因素方差分析(One-way ANOVA)进行各项指标之间的差异性分析。文中数据均为平均数±标准误,用Origin 2020作图。

2 结果与分析

2.1 典型花生种植区残膜分布特征

4个典型区域残膜分布情况如图2所示。花生耕

层土壤中残膜平均含量在16.51~19.84 kg·hm⁻²,4个区域差异不明显。胶东半岛农田土壤残膜量为2.48~46.01 kg·hm⁻²,鲁中南山区残膜量为4.11~38.50 kg·hm⁻²,鲁西平原残膜量为4.05~40.61 kg·hm⁻²,鲁北平原残膜量为3.07~29.65 kg·hm⁻²。对比《农田地膜残留量限值及测定》(GB/T 25413—2010),农田地膜残



不同字母表示不同区域之间差异显著(P<0.05)
Different letters indicate significant differences among regions(P<0.05)

图2 不同区域土壤残膜含量

Figure 2 The film residual amount of different regions

10~20 cm 和 20~30 cm 层残片数分别显著降低了 75.2% 和 90.8% ($P<0.001$)。6~10 a 样地, 与 0~10 cm 层相比, 10~20 cm 和 20~30 cm 层残片数分别显著降低了 70.6% 和 86.8% ($P<0.001$)。11~15 a, 与 0~10 cm 层相比, 10~20 cm 和 20~30 cm 层残膜含量分别显著降低了 69.9% 和 82.7% ($P<0.01$)。

土壤残片主要分布在 0~10 cm 层, 残片数随深度增加而逐渐降低, 随种植年限增加, 残片呈现向深层土壤下移趋势 (图 5B)。0~10 cm 残膜所占比例为 67.82%~74.66%, 表现为 11~15 a<6~10 a<1~5 a, 其中与 1~5 a 相比, 11~15 a 所占比例显著降低 ($P<0.05$)。10~20 cm 所占比例为 18.48%~20.62%, 不同覆膜年限之间差异不显著。20~30 cm 所占比例为 6.86%~

11.72%, 与 1~5 a 相比, 11~15 a 残片数所占比例显著增加 ($P<0.01$)。

随覆膜年限增加耕层土壤中小面积残片数量和比例有增加趋势, 随深度增加小面积残片比例有增加趋势 (表 2 和表 3)。1~5、6~10、11~15 a 样地 >25 cm² 残片数量和比例均显著低于 4~25 cm² 和 <4 cm² ($P<0.01$) (表 2)。>25、4~25 cm² 和 4 cm² 残片数均呈现随覆膜年限增加而增加, 而其所占比例分别表现为随覆膜年限增加而降低、变化不明显和增加趋势。不同大小残片主要集中在土壤浅层 (0~10 cm), 且均随土壤深度的增加而降低, 3 个土壤深度均表现为 >25 cm² 残片数显著低于 4~25 cm² 和 <4 cm² 残片 ($P<0.01$) (表 3)。0~10 cm 层 >25 cm² 残片比例显著高于 4~25 cm² 和 <4

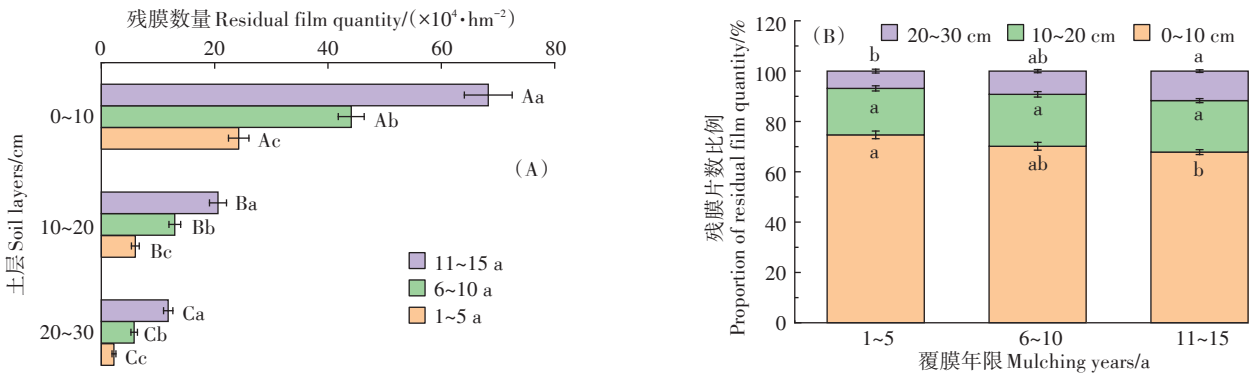


图5 不同覆膜年限土壤残膜数量空间分布特征

Figure 5 Spatial distribution characteristics of soil residual film quantity in different mulching years

表2 不同覆膜年限不同面积残膜分布特征

Table 2 The residual film quantity of different sizes in different mulching years

残膜大小 Film size/ cm ²	1~5 a		6~10 a		11~15 a	
	片数	比例	片数	比例	片数	比例
	Quantity of film/($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	Percentage/%	Quantity of film/($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	Percentage/%	Quantity of film/($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	Percentage/%
>25	7.58±0.56b	22.29±1.07b	11.73±0.88b	18.28±1.48b	16.28±1.21b	17.19±0.83c
4~25	14.03±1.37a	41.26±2.48a	27.40±1.68a	41.50±1.02a	36.61±2.58a	38.67±1.00b
<4	12.39±1.03a	36.44±2.74a	26.40±1.75a	40.22±1.85a	41.78±2.76a	44.13±1.41a

注:不同小写字母代表残膜大小之间差异显著($P<0.05$)。下同。
Note: Different lowercase letters indicate significant differences among different sizes of residual films ($P<0.05$). The same below.

表3 不同深度残片分布特征

Table 3 Spatial distribution characteristics of residual film quantity in different layers

残膜大小 Film size/ cm ²	0~10 cm		10~20 cm		20~30 cm	
	片数	比例	片数	比例	片数	比例
	Quantity of film/($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	Percentage/%	Quantity of film/($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	Percentage/%	Quantity of film/($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	Percentage/%
>25	8.96±0.59b	79.43±1.04a	1.93±0.28b	17.11±0.87b	0.39±0.09b	3.46±0.21b
4~25	19.35±1.33a	73.49±2.36b	4.78±0.49a	18.15±1.41ab	2.20±0.27a	8.36±0.69a
<4	18.52±1.54a	68.11±2.62b	5.76±0.45a	21.18±1.29a	2.91±0.22a	10.70±0.48a

cm^2 ($P<0.01$), 而 $10\sim 20$ 、 $20\sim 30\text{ cm}$ 层 $>25\text{ cm}^2$ 残片比例显著低于 $<4\text{ cm}^2$ ($P<0.01$)。

2.3 土壤农膜残留含量影响因素分析

由图6可知,花生耕层地膜残留量与覆膜年限、种植过程中覆膜总量呈现显著正相关性 ($R^2=0.865$ 和 $R^2=0.844$, $P<0.001$), 而与残膜回收率之间关系不显著, 与地膜厚度呈现显著负相关关系 ($R^2=0.606$, $P<0.001$)。可见,覆膜量、覆膜年限及地膜厚度是影响花生耕层土壤残膜含量的关键因子。因此,适当控制覆膜量、使用厚度较高的地膜对减少花生种植土壤残膜积累起到积极作用。

3 讨论

3.1 典型花生种植区残膜分布特征及影响因素

本研究对山东典型花生种植地区18个样地土壤耕层 ($0\sim 30\text{ cm}$) 的残膜调查发现,残膜含量介于 $2.48\sim 46.01\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 远低于新疆和甘肃覆膜农田残膜含量^[14-15, 19, 24], 与徐钰等^[23]和郝西等^[25]对华北花生田残膜研究结果一致, 低于张丹等^[20]调查的华北农田土壤耕层地膜残留分布范围 ($0.2\sim 82.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)。主要原因是该区域花生种植中使用的地膜厚度在 0.008 mm 以

上, 有利于地膜回收, 地膜年回收率在 77% 以上, 有效减少农田中土壤残膜累积。地膜残留量是农田残膜污染的最主要衡量指标, 反映了长期覆膜种植下土壤中的残膜量化值^[15, 17]。对比《农田地膜残留量限值及测定》(GB/T 25413—2010), 农田地膜残留量限值为 $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 山东典型花生种植地区所有调查样地土壤残膜未超过国家农田残膜限值标准。由此, 山东花生种植区残膜污染状况较轻。

国内外众多研究表明农田地膜残留量与地膜质量、覆膜年限、回收方式、耕作、土壤质地等因素密切相关^[13, 16, 26], 本研究区域地膜残留量与地膜质量、覆膜年限密切相关(图6)。地膜厚度作为地膜质量的重要标志, 是影响大田农膜残留的主要因素。张丹等^[27]和徐钰等^[23]研究均证实, 农田土壤地膜残留量与地膜厚度成反比, 这与本文研究结果一致。究其原因是地膜越薄, 其强度越低, 地膜越容易破碎, 不易捡拾, 回收率就越低, 导致土壤中地膜残留量增加。覆膜年限和覆膜量是决定农田地膜残留的最关键因素, 对新疆^[19, 24]、甘肃^[14]及华北^[20, 26]等地区的残膜调查研究均表明随着覆膜年限的增长, 地膜残留量也逐渐增加, 本研究区也得出相同结论(图3和图6), 随着覆膜年

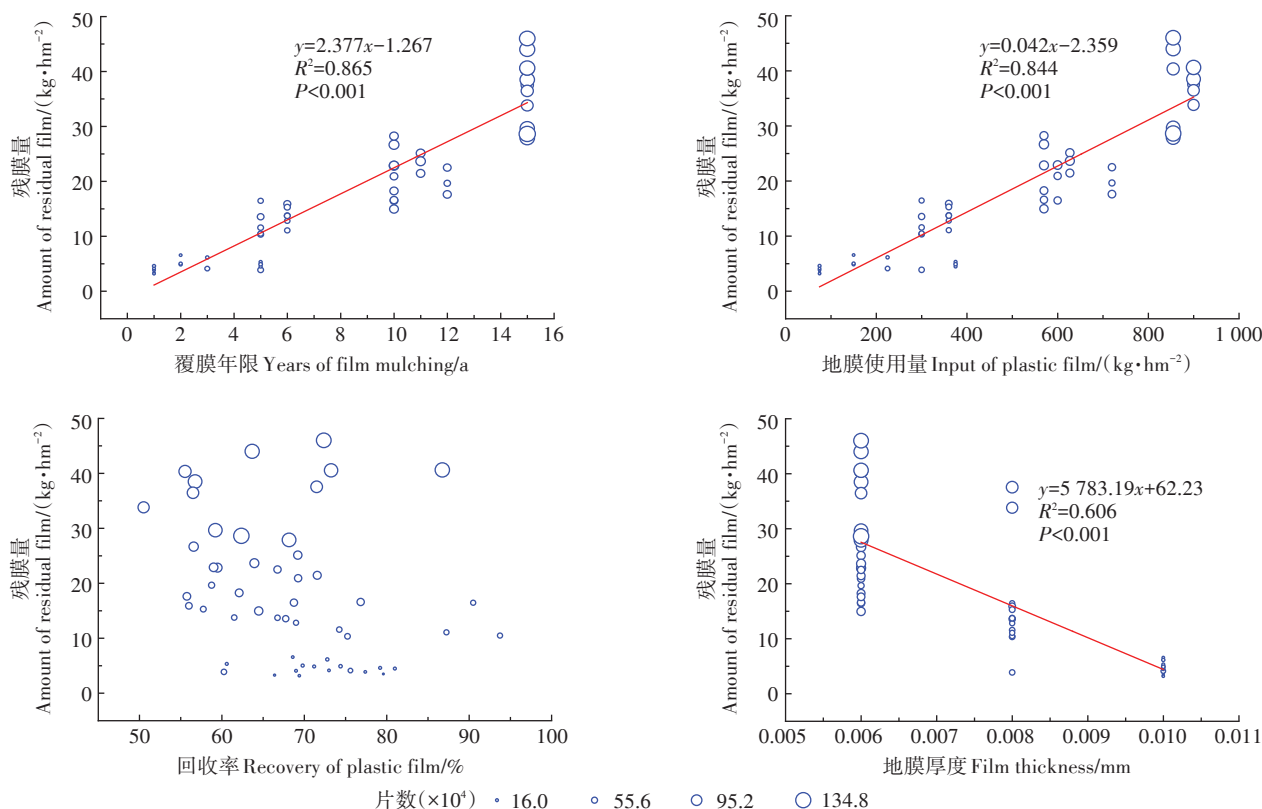


图6 残膜含量与覆膜年限、覆膜量、回收率和地膜厚度关系

Figure 6 Relationship between residual film amount and mulching years, mulching amount, recovery rate and film thickness

限增加,花生耕层土壤中残膜数量及残膜含量逐渐上升。前人研究表明,地膜回收率对减少残膜累积有积极作用^[16,23,25-26],但本研究没有直接得出残膜积累量与地膜回收之间的关系,这是由于地膜调查回收率仅代表该区域2019年地膜回收情况,而调查区域每年的残膜回收率有差异,因此残留量与回收量之间关系不明显。土壤质地也是造成残膜含量差异的重要因素之一^[23,25]。本研究中胶东半岛最高地膜残留为 $46.01 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,高于鲁北平原的 $29.65 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,这可能是两个地区耕地土壤质地差异造成的。本调查中所选鲁北平原的样地均是砂土(表1),利于残膜捡拾,残膜回收率高,而胶东半岛调查样地以黏土和壤土为主,不利于残膜捡拾,残膜回收率稍低^[23]。在覆膜量和覆膜年限相同条件下,砂土的地膜残留量少,残留风险低。因此,山东典型花生种植区地膜残留受地膜厚度、覆膜年限、覆膜量和土壤质地的综合影响。

3.2 耕层土壤残膜分布规律及影响因素

本研究发现,花生田残膜在土壤中呈现典型层状空间分布特点,主要集中在0~10 cm浅层土壤中,随着土层深度的增加,其残膜含量和残片数量有减小的趋势,且随着覆膜年限增加,土壤深层残膜含量、残片数量尤其是 $<4 \text{ cm}^2$ 的小残片逐渐增加。这与贺怀杰等^[22]在新疆、王志超等^[28]在内蒙古、马辉等^[26]在河北和VINOTH等^[5]在印度农田中的研究结果一致,随着覆膜年限的增加残膜逐渐向深层移动,虽然土壤上层的残膜量高于下层,但其比例在下降,且小面积残片数和残膜比例也逐渐增加。这种现象主要原因可能是随覆膜年限增加,在物理、化学、生物等自然因素及旋耕等人为因素综合作用下,残膜破碎化程度显著加大^[26];当地农民缺乏足够的残膜污染意识,同时受农膜回收时间、成本等问题制约及缺乏相应政策的支持^[29-30],致使大量小面积残膜存留于土壤中;在耕作(深耕、旋耕)和风化等作用下,耕层小面积残膜含量和数量不断增高,且逐渐向深层移动^[22,28]。这将加大长期覆膜农田的残膜回收难度。

3.3 地膜残留防治策略

虽然山东典型花生种植区土壤农膜残留没有超过国家标准,但也不能忽视地膜残留的防治。通过借鉴国内外地膜使用和回收政策、标准^[30-31],可从下列三方面积极探索,为该地区花生种植系统的地膜污染防治提供支撑:一是增加地膜厚度,研究适时揭膜回收技术和装备,加强地膜回收,提高残膜回收率,从根本上减少地膜残留量;二是研发和推广性价比优良的

可降解地膜替代传统的聚乙烯地膜,减少土壤环境中地膜残留;三是建立完整的废旧地膜回收、处理制度和体系,进一步遏制可能出现的地膜污染。

4 结论

(1)山东花生典型种植区耕层(0~30 cm)土壤地膜残留量在 $2.48 \sim 46.01 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,低于我国农田残留量限值。覆膜年限越长耕层残膜含量和残片数量就越多,且残膜量受覆膜年限、地膜厚度、土壤质地的综合影响。

(2)土壤残膜主要集中在0~10 cm,其残膜含量和残片数分别占总量的74.95%~84.08%和67.82%~74.66%;残膜含量和残片数均随深度增加而逐渐降低,随种植年限增加,残膜呈现向深层土壤下移的趋势。 >25 、 $4 \sim 25 \text{ cm}^2$ 和 $<4 \text{ cm}^2$ 残片数均随土壤深度的增加而降低,随覆膜年限增加,深层土壤(20~30 cm)面积较小的残膜呈增加趋势。

(3)建议采取适当措施增加地膜回收及可降解地膜的研发和使用,防止该地区花生种植体系中可能出现的地膜污染。

参考文献:

- [1] LIU E K, HE W Q, YAN C R. 'White revolution' to 'white pollution': agricultural plastic film mulch in China[J]. *Environmental Research Letters*, 2014, 9(9):091001.
- [2] KASIRAJAN S, NGOUAJIO M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review[J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2012, 32(2):501-529.
- [3] YAN C, HE W, TURNER N C. Plastic-film mulch in Chinese agriculture: Importance and problems[J]. *World Agriculture*, 2014, 4(2):32-36.
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook[J]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [5] VINOTH K M, MERLINE S A. Effect of plastic film mulching on the distribution of plastic residues in agricultural fields[J]. *Chemosphere*, 2021, 273:128590.
- [6] SIX J, BOSSUYT H, DEGRYZE S, et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics[J]. *Soil & Tillage Research*, 2004, 79(1):7-31.
- [7] LI Y Q, ZHAO C X, YAN C R, et al. Effects of agricultural plastic film residues on transportation and distribution of water and nitrate in soil[J]. *Chemosphere*, 2020, 242:125131.
- [8] SHARMA P, ABROL V, SANKAR G M. Effect of tillage and mulching management on the crop productivity and soil properties in maize-wheat rotation[J]. *Research on Crops*, 2009, 10(3):536-541.
- [9] JIANG X J, LIU W, WANG E, et al. Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the Minq-

- in Oasis, Northwestern China[J]. *Soil & Tillage Research*, 2017, 166: 100–107.
- [10] QI Y, OSSOWICKI A, YANG X, et al. Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2020, 387: 121711.
- [11] ZHANG D, NG E L, HU W L, et al. Plastic pollution in croplands threatens long-term food security[J]. *Global Change Biology*, 2020, 26: 3356–3367.
- [12] WANG W, GE J, YU X, et al. Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 708: 134841.
- [13] 严昌荣, 刘恩科, 舒帆, 等. 我国地膜覆盖和残留污染特点与防控技术[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(2): 85–102. YAN C R, LIU E K, SHU F, et al. Review of agricultural plastic mulching and its residual pollution and prevention measures in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(2): 85–102.
- [14] 杜泽玉, 孙多鑫, 杨荣, 等. 张掖绿洲农田地膜残留量分布特征及影响因素[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(12): 2789–2797. DU Z Y, SUN D X, YANG R, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of plastic film residue in Zhangye Oasis[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2020, 39(12): 2789–2797.
- [15] HE H J, WANG Z H, GUO L. Distribution characteristics of residual film over a cotton field under long-term film mulching and drip irrigation in an oasis agroecosystem[J]. *Soil & Tillage Research*, 2018, 180: 194–203.
- [16] 严昌荣, 何文清, 刘爽, 等. 中国地膜覆盖与残留污染防控[M]. 北京: 科学出版社, 2015. YAN C R, HE W Q, LIU S, et al. Application of mulch film and prevention of its residual pollution in China [M]. Beijing: Science Press, 2015.
- [17] 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 H G, LIU T, LI Y G, et al. Effects of plastic film residue on cotton yield and soil physical and chemical properties in Xinjiang[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(8): 91–99.
- [18] 刘超吉, 侯书林, 甄健民, 等. 新疆棉田地膜污染现状及防治途径[J]. 农业工程, 2018, 8(3): 45–51. LIU C J, HOU S L, ZHEN J M, et al. Status quo and control measures for plastic mulch pollution of cotton field in South Xinjiang[J]. *Agricultural Engineering*, 2018, 8(3): 45–51.
- [19] 胡灿, 王旭峰, 陈学庚, 等. 新疆农田地膜污染现状及防控策略[J]. 农业工程学报, 2019, 35(24): 223–234. HU C, WANG X F, CHEN X G, et al. Current situation and control strategies of residual film pollution in Xinjiang[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(24): 223–234.
- [20] 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 D, HU W L, LIU H B, et al. Characteristics of residual mulching film and residual coefficient of typical crops in North China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(3): 1–5.
- [21] 何文清, 严昌荣, 赵彩霞, 等. 我国地膜应用污染现状及其防治途径研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 533–538. HE W Q, YAN C R, ZHAO C X, et al. Study on the pollution by plastic mulch film and its countermeasures in China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(3): 533–538.
- [22] 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 H J, WANG Z H, ZHENG X R, 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.
- [23] 徐钰, 江丽华, 石璟, 等. 山东省典型覆膜作物地膜残留情况解析[J]. 山东农业科学, 2018, 50(8): 91–95. XU Y, JIANG L H, SHI J, et al. Analysis on film residual status of typical mulching crops in Shandong Province[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2018, 50(8): 91–95.
- [24] 林涛, 汤秋香, 郝卫平, 等. 地膜残留量对棉田土壤水分分布及棉花根系构型的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(19): 117–125. LIN T, TANG Q X, HAO W P, et al. Effects of plastic film residue rate on root zone water environment and root distribution of cotton under drip irrigation condition[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(19): 117–125.
- [25] 郝西, 张俊, 臧秀旺, 等. 河南省花生田地膜使用及残膜污染现状分析[J]. 土壤与作物, 2019, 8(1): 43–49. HAO X, ZHANG J, ZANG X W, et al. Analysis of the mulching film utilization and its residue pollution in peanut fields of Henan Province[J]. *Soil and Crop*, 2019, 8(1): 43–49.
- [26] 马辉, 梅旭荣, 严昌荣, 等. 华北典型农区棉田土壤中地膜残留特点研究[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(2): 570–573. MA H, MEI X R, YAN C R, et al. The residue of mulching plastic film of cotton field in North China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2008, 27(2): 570–573.
- [27] 张丹, 王洪媛, 胡万里, 等. 地膜厚度对作物产量与土壤环境的影响[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(2): 293–301. ZHANG D, WANG H Y, HU W L, et al. Effect of film thickness on crop yield and soil environment[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2017, 36(2): 293–301.
- [28] 王志超, 李仙岳, 史海滨, 等. 覆膜年限及灌水方法对河套灌区农膜残留的影响[J]. 农业工程学报, 2017(14): 159–165. WANG Z C, LI X Y, SHI H B, et al. Effects of mulching years and irrigation methods on residual plastic film in Hetao Irrigation District[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017(14): 159–165.
- [29] BRODHAGEN M, GOLDBERGER J R, HAYES D G. Policy considerations for limiting unintended residual plastic in agricultural soils[J]. *Environmental Science & Policy*, 2017, 69: 81–84.
- [30] YA W, JQ B, AMA C, et al. Impact of information acquisition on farmers' willingness to recycle plastic mulch film residues in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 297: 126656.
- [31] 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 T, XUE Y H, ZHANG M M, et al. Research advances in regulations, standards and recovery of mulch film[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2020, 29(2): 411–420.