

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.

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

唐文雪¹, 马忠明^{2*}, 魏 焘¹

(1.甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2.甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:随着地膜用量和覆盖面积的不断增加,在作物产量提高的同时,田间残膜残留量也随之增加,加剧了农业地膜污染。本论文以连续4年(2011—2014)长期定位试验为依托,探明完全捡拾、常规捡拾及不捡拾3个处理对地膜残留量、残留系数及玉米产量的影响。结果表明:0~10 cm 土层地膜残留最多,不捡拾处理残膜量显著高于常规捡拾,完全捡拾与常规捡拾差异不显著;10~20 cm 土层地膜残留量其次,不捡拾处理残膜量与常规捡拾差异不显著,完全捡拾则显著少于常规捡拾;20~30 cm 土层地膜残留最少,处理间差异不显著;0~30 cm 土层,完全捡拾处理下,面积>25 cm²、4~25 cm²中大块残膜片数显著少于常规捡拾和不捡拾处理,而面积<4 cm²残膜片数与常规捡拾和不捡拾差异不显著;2014年玉米收获后,常规捡拾、完全捡拾及不捡拾处理下地膜残留量分别为80.85、52.71 kg·hm⁻²及152.65 kg·hm⁻²,地膜残留系数分别为8.53%、-9.45%及54.42%;3种捡拾处理对玉米茎粗、穗长、穗粗、穗行数、行粒数及百粒重均有影响,随捡拾度增加,各指标均呈增加趋势;与常规捡拾相比,不捡拾处理下4年平均减产15.08%,完全捡拾处理下平均增产4.70%。综合分析不同捡拾方式对地膜残留量、残留系数及玉米产量的影响,建议在没有适宜的残膜回收机械的情况下,应采用农民常规捡拾方式,但从长远发展来看,须尽快研发推广适宜的残膜回收机械。

关键词:不同捡拾方式;地膜残留量;残留系数;玉米;绿洲灌区

中图分类号:X53

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2017)02-0102-06

doi: 10.13254/j.jare.2016.0190

Effects of Adopting Different Kinds of Collecting Method for Years on Film Residual Coefficient and Maize Yields

TANG Wen-xue¹, MA Zhong-ming^{2*}, WEI Tao¹

(1.Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2.Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Wide usage of mulching technology has increased crop yields, but the large amounts of mulching film residue resulting from widespread use of plastic film in China has brought about a series of pollution hazards. Based on a 4-year (2011—2014) long-term experiment, the effects of different kinds of collecting method (zero plastic film residues, conventional plastic film residues, whole plastic film residues remained) on plastic film residues, residual coefficient and maize yield were explored. Plastic film residues mainly remained in 0~10 cm, 10~20 cm soil layers. In 0~30 cm soil layers, the two types of mulch residues (>25 cm², 4~25 cm²) under zero plastic film residues treatment were much less than conventional plastic film residues and whole plastic film residues remained treatments, no significant differences were observed in the mulch residues(<4 cm²) among 3 treatments. After maize harvest, the amount of plastic film residues under zero plastic film residues, conventional plastic film residues and whole plastic film residues remained treatments were 52.71, 80.85 kg·hm⁻² and 152.65 kg·hm⁻², respectively, the residual coefficient for zero plastic film residues, conventional plastic film residues and whole plastic

收稿日期:2016-08-09

基金项目:甘肃省国际科技合作专项(1504WKCA077);甘肃省科技支撑计划项目(144NKCA053);公益性行业(农业)科研专项(20100314-7)

作者简介:唐文雪(1967—),女,副研究员,主要从事作物栽培与节水农业研究。E-mail:gstwx@163.com

*通信作者:马忠明 E-mail:mazhming@163.com

film residues remained treatments were -9.45%, 8.53% and 54.42%, respectively. The stem diameter, ear length, ear width, ear row number, grain number per row and 100-grain weight of maize decreased with the increase of residual film amount. Compared with the conventional plastic film residues, the mean grain yield of whole plastic film residues remained treatment decreased by 15.08%, whereas the zero plastic film residues treatment increased by 4.70%. The plastic film residues, residual coefficient and maize yield were comprehensively analyzed, the conventional plastic film residues practice should be adopted currently without appropriate plastic film residues collector. But from the long-term development, we should speed up the research, development and application of plastic film residue collector.

Keywords: different kinds of collecting method; plastic film residues; residual coefficient; crop; oasis irrigated area

地膜覆盖技术可提高粮食单产 20%~30%，对保障我国粮食安全作出了重大贡献^[1]。随着地膜应用范围扩大，大量残膜累积在土壤中，不仅污染土壤，妨碍耕作，破坏耕作层土壤结构，而且阻碍水肥输导，影响土壤通透性和作物生长发育^[2]。玉米是甘肃河西走廊的主要粮食作物，由于受水资源缺乏和积温不足的影响，在生产中普遍采用地膜覆盖栽培技术，呈现覆盖面积大、覆盖年限长、使用强度大、地膜残留量大的特点^[3]。目前，甘肃省农田残膜回收机械处于研发阶段^[4-5]，由于残膜回收技术和回收机具研发严重滞后无法满足农业生产的实际需要，因此，在生产中残膜回收主要采用人工捡拾方式，人工捡拾的比例高达 74%^[4]。虽然国内有些科学家在地膜污染方面开展了一些工作，但主要集中在对局部地区残膜数量、分布及对土壤、作物生长危害^[6-7]等方面。残膜捡拾方式对地膜残留量、残留系数及作物产量的影响目前还鲜见报道。为此，本文研究不同捡拾方式对地膜残留系数及玉米产量影响，旨在为农田地膜污染控制研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2011—2014 年在甘肃省农业科学院张掖节水农业试验站进行。试验站位于甘肃省河西走廊中部，土壤属轻壤土，0~200 cm 平均土壤容重 1.376 g·cm⁻³，有机质含量 7.9 g·kg⁻¹，速效磷 24.7 mg·kg⁻¹，速效钾 82 mg·kg⁻¹。平均年蒸发量 2 075 mm，年降水量不

足 130 mm，干旱指数达 15.96，属于典型的无灌溉就无农业的干旱灌溉地区，具有西北绿洲灌溉农业区的典型特征。

1.2 试验设计与方法

试验为大区设计，不设重复，各处理随机排列。小区面积 97.5 m²。残膜捡拾方式设 3 个处理：(1)不捡拾、(2)完全捡拾、(3)常规捡拾。具体捡拾方法见表 1。2011 年播前地膜基础残留量为 67.5 kg·hm⁻²。

各处理不施有机肥，施 N 300 kg·hm⁻²，P₂O₅ 225 kg·hm⁻²。氮素用量的 40%、全部磷肥作基肥。在玉米大喇叭口及吐丝期各施氮素的 30%作追肥。氮肥为尿素(46.4% N)，磷肥为重过磷酸钙(44% P₂O₅)。生育期灌水量 4 200 m³·hm⁻²。全生育期灌水 4 次，分别于拔节期、大喇叭口期、吐丝期和灌浆中期灌水，每次灌水量占灌溉定额的比例为 20%、30%、30%、20%。采用水表量水灌溉。

宽窄行平作种植，宽行 80 cm，窄行 40 cm。行距 40 cm，株距 20 cm，播深 2.0~2.5 cm。播种密度 83 300 株·hm⁻²。玉米播种前 1 周覆盖宽 70 cm 的地膜。每年 4 月下旬播种，10 月上旬收获。

玉米品种为沈单 16。地膜采用新疆巴州皓天农业科技开发有限生产普通聚乙烯地膜，地膜厚度为 0.008 mm，从覆膜到收获 160 d 降解率为 3.14%。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 地膜铺设量测定

试验铺膜前将地膜先称重，铺完后再称重，算出的差值为试验地膜铺设量。

表 1 残留地膜捡拾方法

Table 1 The collecting method of plastic film residues

处理	具体捡拾方法
不捡拾	每年玉米成熟收获至第二年播种前，部分残留地膜随玉米根茬、翻耕机械及风力带出试验区，不专门花费人工捡拾残膜
完全捡拾	每年玉米成熟收获至第二年播种前，残留地膜除玉米根茬、翻耕机械及风力带出试验区外，人工在土壤翻耕、耙耱镇压等农事操作同时专门将残膜多次捡拾并带出试验区，直到土壤表面看不见残膜为止
常规捡拾	按当地农户习惯捡拾，即每年玉米成熟收获至第二年播种前，部分残膜随玉米根茬、翻耕机械及风力带出试验区外，在土壤翻耕、耙耱镇压等农事操作过程中随手将大块残膜捡拾并带出试验区

1.3.2 地膜残留量测定

在 2011 年覆膜前在试验区选择 5 个采样点测定残留地膜背景值,2014 年玉米收获后每小区选择 3 个采样点测定各处理地膜残留量。采样点位置采用蛇形线方法确定,样方规格为 2.0 m×1.0 m,采样深度 30 cm。按照 0~10、10~20、20~30 cm 3 层,分层过筛孔直径为 5 mm 平筛,分层收集土样中残膜,并将收集的残膜样品装袋带回室内分拣清洗,在阴凉干燥处自然凉干后,残膜面积按<4 cm²、4~25 cm²、>25 cm²的标准分类并称重。统计残膜 3 个范围面积的具体方法为,选择颜色与残膜差异明显且易于辨认的纸片,分别画出 2 cm×2 cm、5 cm×5 cm 正方形,将地膜与图形进行比较鉴定其面积大小以统计归类^[1]。

1.3.3 地膜残留系数计算

地膜残留系数%=[(收获后地膜残留总量-铺设地膜前地膜残留量)/地膜铺设量]×100%^[8]

1.3.4 产量测定

成熟期每小区去掉边上 2 行及每行头 3 株后收获测产。

1.4 数据处理与分析

采用 SPSS11.0 和 EXCEL2003 软件对数据进行方差(LSD 法,α=0.05)和相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同捡拾方式对地膜残留量的影响

2.1.1 对地膜残留量的影响

残膜量是衡量土壤污染程度的重要指标,土壤中残留地膜的分布情况是影响农田质量的重要特征之一^[6-7,9-13]。研究结果(表 2)表明,在 0~30 cm 土层内,不同捡拾方式下,地膜残留量差异显著,并且地膜残留量浅层显著多于深层。经过 4 年栽培,常规捡拾、完全捡拾、不捡拾处理残膜量累计为 80.85、52.71、152.65 kg·hm⁻²,残膜量差异显著。从残膜的垂直分布看,0~10 cm 土层残留膜量为总量的 53.60%~75.51%,不捡拾处理残膜量显著高于常规捡拾,完全捡拾与常规捡拾差异不显著;10~20 cm 土层占总量的 17.16%~34.86%,较常规捡拾,不捡拾处理差异不显著,完全捡拾则显著减少;20~30 cm 土层残留量仅占总量的 7.33%~18.47%,不同处理残膜量相近。马辉等^[9]、蔡金洲等^[13]的研究结果显示残留地膜主要分布在 0~20 cm 表层土壤中,与本研究结果一致。

2.1.2 对地膜残留形态的影响

从表 3 看出,在 0~30 cm 土壤中,单块残膜面积<4 cm²的片数占总片数的 61.37%~81.05%之间,4~25 cm²的片数占 14.54%~30.19%,>25 cm²的片数占 4.40%~8.76%,这说明大部分的残膜主要以<4 cm²的小块存在于土壤中。这与严昌荣等^[11]在新疆石河子棉田调查提出的残膜主要以 4~25 cm²的大小存在有出入,这可能与种植过程的农艺措施等不同有关。从表 3 还可看出,经过 4 年栽培,常规捡拾、完全捡拾、不捡拾处理累计残膜片数分别为 819.0、744.3、987.3 片·m⁻²。完全捡拾方式下,面积>25 cm²、4~25 cm²大块残膜显著

表 2 不同捡拾方式 0~30 cm 土层残膜量的空间分布(g·m⁻²)

Table 2 The spatial distribution of plastic film in 0~30 cm field with different treatments(g·m⁻²)

处理	0~10 cm		10~20 cm		20~30 cm		0~30 cm	
	重量/g	比例/%	重量/g	比例/%	重量/g	比例/%	重量/g	比例/%
常规捡拾	4.34±0.17b	53.65	2.82±1.20a	34.86	0.93±0.23a	11.43	8.09±0.80b	100
完全捡拾	2.83±0.63b	53.60	1.47±0.09b	27.84	0.98±0.33a	18.47	5.27±0.21c	100
不捡拾	11.53±1.16a	75.51	2.62±0.15ab	17.16	1.12±0.76a	7.33	15.27±0.25a	100

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。

Note: Different small letters in the same column mean significant difference among treatments at 0.05 level. The same below.

表 3 不同捡拾方式 0~30 cm 土壤中残膜的形态特点(片·m⁻²)

Table 3 The characteristic of plastic film in 0~30 cm field with different treatments(individual·m⁻²)

处理	>25 cm ²		4~25 cm ²		<4 cm ²		合计	
	数量/片	比例/%	数量/片	比例/%	数量/片	比例/%	数量/片	比例/%
常规捡拾	71.75±3.75b	8.76	205.8±0.25b	25.12	541.75±23.25a	66.12	819.03±25a	100
完全捡拾	32.75±9.75c	4.40	108.3±12.25c	14.54	603.25±30.75a	81.05	744.25±26.67b	100
不捡拾	83.25±5.25a	8.43	298.0±12.86a	30.19	605.75±35.35a	61.37	987.31±32.43a	100

低于常规捡拾和不捡拾处理,而面积为<4 cm²残膜片数与常规捡拾和不捡拾差异不显著。影响残膜形态的因素除自然因素、人为翻耕等,本研究中造成不同处理差异显著的最主要因素为不同捡拾方式。土壤中面积较大的膜块便于捡拾,易被捡拾出去,而<4 cm²残膜的小膜块,不易捡拾,仍残留在土壤中,在完全捡拾、传统捡拾方式下,使土壤中中大膜块占的比例减小,而小膜块数量及所占比例相应增加。

2.2 不同捡拾方式对地膜残留系数的影响

地膜残留系数是指当年地膜残留量在地膜投入量中所占的百分数。通过地膜残留系数的测算,可了解种植业地膜残留特点和规律,对摸清地膜污染底数有重要意义。表 4 结果表明,不捡拾地膜的情况下有超过一半的地膜残留在土壤中,残留系数高达 54.42%。常规捡拾下,地膜残留系数较小,为 8.53%。多次捡拾可保证当年基本无残留且可以清理出 0~30 cm 土壤中往年累积的面积较大的膜块。

2.3 不同捡拾方式对玉米产量的影响

2.3.1 不同捡拾方式对玉米产量构成因素的影响

从表 5 看,虽然不同捡拾方式株高等各项指标差异不显著,但不同捡拾方式对各项指标均有影响。完全捡拾处理下,玉米株高最低,但茎粗、穗长、穗粗、

穗行数、行粒数、百粒重均最大,比常规捡拾增幅分别为 7.49%、4.42%、3.70%、4.92%、8.34%、1.91%;而不捡拾处理株高最高,茎粗、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重比常规捡拾减幅依次为 -1.76%、2.16%、2.41%、0.12%、1.59%、1.53%。

2.3.2 不同捡拾方式对玉米产量的影响

表 6 表明,随着地膜捡拾程度的增加,由于地膜残留量减少,因而使玉米产量呈增加趋势,但各处理间差异不显著。2011 年玉米收获后,在挖根、土壤翻耕过程中才开始采用不同方式捡拾残膜。由于当年不同处理土壤环境一致,因而使玉米产量相近。2012—2014 年,与常规捡拾相比,残膜不捡拾处理减产 10.77%、28.41%、6.84%;而完全捡拾处理则增产 10.49%、2.66%、4.03%。玉米产量关系为:完全捡拾>常规捡拾>不捡拾。

3 讨论

残膜捡拾方式显著影响地膜残留量、残膜形态及残膜系数。在 0~30 cm 土层中,浅层地膜残留最多,不捡拾处理残膜量显著高于常规捡拾与完全捡拾;中层地膜残留量其次,不捡拾处理残膜量与常规捡拾差异不显著,完全捡拾则显著少于常规捡拾,深层残留小,

表 4 不同捡拾方式下地膜残留系数

Table 4 Residual coefficient of different kinds of collecting method

处理	背景值/kg·hm ⁻²	投入量/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹	种植年份/年	残留总量/kg·hm ⁻²	年残留量/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹	残留系数/%
常规捡拾	67.5	39.12	4	80.85±1.59b	3.34±1.99b	8.53±0.01b
完全捡拾	67.5	39.12	4	52.71±0.43c	-3.70±0.53c	-9.45±0.01c
不捡拾	67.5	39.12	4	152.65±0.49a	21.29±0.62a	54.42±0.02a

表 5 不同捡拾方式对玉米产量构成因素的影响

Table 5 Yield and relevant factors of maize under different treatments

处理	株高/cm	茎粗/cm	穗长/cm	穗粗/cm	穗行数/行	行粒数/粒	百粒重/g
常规捡拾	336.57±1.04a	2.27±0.15a	21.29±0.18a	6.22±0.06a	16.67±0.49a	35.85±0.97a	26.17±0.29a
完全捡拾	335.18±8.72a	2.44±0.07a	22.23±2.38a	6.45±0.21a	17.49±0.47a	38.84±3.41a	26.67±0.72a
不捡拾	339.13±5.61a	2.31±0.06a	20.83±0.40a	6.07±0.30a	16.65±0.17a	35.28±2.84a	25.77±1.44a

表 6 不同捡拾方式对玉米产量影响(kg·hm⁻²)

Table 6 Effects of different treatments on maize yield(kg·hm⁻²)

处 理	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	平均
常规捡拾	10 431.7±328.5a	8 744.5±245.2a	10 265.8±715.4a	12 027.4±374.1a	10 367.4
完全捡拾	10 705.4±541.3a	9 661.4±232.3a	10 539.1±630.7a	12 512.2±489.4a	10 854.5
不捡拾	11 011.3±450.8a	7 803.0±334.8a	7 349.4±687.9a	11 204.6±535.2a	9 342.1

各处理差异不显著。地膜残留量在试验前 $67.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 基础上,经过4年栽培,常规捡拾即农民习惯捡拾处理残膜增加量、残留系数仅为 $13.35 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 8.53% ,说明在目前缺乏残膜捡拾机械的情况下,采用农民的习惯捡拾方式也有很好的残膜捡拾效果;而不捡拾处理的残膜增加量、残留系数高达 $85.15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 54.42% ,即投入地膜的一半以上残留在土壤中。完全捡拾处理残膜增加量、残留系数分别为 $-14.79 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 -9.45% ,这两项值出现负值的原因是试验地块进行了多年地膜覆盖栽培,土壤中地膜基础残留量为 $67.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,每年玉米收获后至第二年播种前,结合农事操作多次捡拾残留地膜时,既把当年覆盖的地膜基本捡拾出去,还将往年残留于地表或埋在土壤中的面积 $>25 \text{ cm}^2$ 、 $4 \sim 25 \text{ cm}^2$ 中大块残膜捡拾并带出试验区,使土壤中大中块残膜片数显著低于常规捡拾和不捡拾处理,而面积 $<4 \text{ cm}^2$ 残膜片数与常规捡拾和不捡拾差异不显著。

残膜滞留于农田导致土壤紧实度增加,结构性和通透性变差^[11-12,14]。适宜疏松的土壤环境有利于作物根系的伸展和根量的积累^[15-16]。残留地膜可阻碍根系穿透及养分水分吸收,影响玉米根系的生长发育^[7]。本研究提出,长期采用不同捡拾方式影响地膜残留量,进而影响玉米根系发育,最后影响玉米茎粗、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重,影响玉米产量,这与辛静静等^[7]、张建军等^[17]研究结论“随农用地膜残留量的增加,玉米产量下降”是一致的。本研究还提出,与农民常规捡拾相比,不捡拾处理平均减产 15.08% ,减产幅度较大,而完全捡拾平均增产 4.70% ,增产幅度较小,出现这种情况是不同处理地膜残留量差异造成的。经过4年栽培,不捡拾处理地膜残留量高达 $152.65 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比常规捡拾处理增加了 $71.80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,而完全捡拾处理比常规捡拾仅减少 $28.14 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

4 结论

从地膜残留量、残留系数及玉米产量综合考虑,认为完全捡拾效果最好,但由于捡拾效率低、劳动力成本高而无法大面积应用;不捡拾情况下,地膜残留系数高达 54.42% ,与常规捡拾相比减产 15.08% ;因此在没有适宜的残膜回收机械的情况下,运用农民常规捡拾方式,既有比较好的捡拾效果,并且仅比完全捡拾处理减产 4.49% 。但从长远发展看,必须要尽快研发推广适宜的残膜回收机械。

参考文献:

- [1] 严昌荣,何文清,梅旭荣,等.农用地膜的应用与污染防治[M].北京:科学出版社,2010:76-86.
YAN Chang-rong, HE Wen-qing, MEI Xu-rong, et al. Agricultural application of plastic film and its residue pollution prevention[M]. Beijing: Science Press, 2010: 76-86. (in Chinese)
- [2] 严昌荣,刘恩科,舒帆.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):95-102.
YAN Chang-rong, LIU En-ke, SHU Fan, 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): 95-102. (in Chinese)
- [3] 徐刚,杜晓明,曹云者,等.典型地区农用地膜残留水平及其形态特征研究[J].农业环境科学学报,2005,24(1):79-83.
XU Gang, DU Xiao-ming, CAO Yun-zhe, et al. Residue levels and morphology of agricultural plastic film in representative areas of China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(1): 79-83. (in Chinese)
- [4] 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. (in Chinese)
- [5] 魏万福,尚玉琴.兰州市农田残膜机械回收技术推广现状与发展建议[J].农业工程,2014,4(4):23-25.
WEI Wan-fu, SHANG Yu-qin. Extension situation and development proposals of mechanical recovery technology of farmland residual film in Lanzhou City[J]. *Agricultural Engineering*, 2014, 4(4): 23-25. (in Chinese)
- [6] 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 Hui, MEI Xu-rong, YAN Chang-rong, 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. (in Chinese)
- [7] 辛静静,史海滨,李仙岳,等.地膜对玉米生长发育和产量影响研究[J].灌溉排水学报,2014,33(3):52-54.
XIN Jing-jing, SHI Hai-bin, LI Xin-yue, et al. Effects of plastic film residue on growth and yield of maize[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2014, 33(3): 52-54. (in Chinese)
- [8] 国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室.农田地膜残留系数手册[M].2009:1-41.
First National Pollution Source Census Leading Group Office of the State Council. Coefficient of farmland mulch residual manual[M]. 2009: 1-41. (in Chinese)
- [9] 齐小娟,顾延强,李文重,等.内蒙古农田残留地膜对农作物的危害调查[J].内蒙古农业科技,2001(2):36-37.
QI Xiao-juan, GU Yan-qiang, LI Wen-zhong, et al. The harm of farmland in Inner Mongolia residue mulch on crops[J]. *Inner Mongolia Agricultural Science and Technology*, 2001(2): 36-37. (in Chinese)
- [10] 赵素荣,张书荣,徐霞,等.农膜残留污染研究[J].农业环境与发展,1998(3):7-10.

- ZHAO Su-rong, ZHANG Shu-rong, XU Xia, et al. Study on the pollution by plastic mulch film[J]. *Agro-Environment and Development*, 1998(3): 7-10. (in Chinese)
- [11] 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. (in Chinese)
- [12] 尉海东, 伦志磊, 郭峰. 残留农膜对土壤性状的影响[J]. *生态环境*, 2008, 17(5): 1853-1856.
- WEI Hai-dong, LUN Zhi-lei, GUO Feng. Effects of mulch film residues on soil properties[J]. *Ecology and Environment*, 2008, 17(5): 1853-1856. (in Chinese)
- [13] 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. (in Chinese)
- [14] 李青军, 危常州, 雷咏雯, 等. 白色污染对棉花根系生长发育的影响[J]. *新疆农业科学*, 2008, 45(5): 769-775.
- LI Qing-jun, WEI Chang-zhou, LEI Yong-wen, et al. Influence of white pollution on root growth of cotton[J]. *Xinjiang Agric Sci*, 2008, 45(5): 769-775. (in Chinese)
- [15] 李笃仁, 高绪科, 汪德水. 土壤紧实度对作物根系生长的影响[J]. *土壤通报*, 1982(3): 20-22.
- LI Du-ren, GAO Xu-ke, WANG De-shui. Soil compactness on the effect of crop root growth[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 1982(3): 20-22. (in Chinese)
- [16] 李志洪, 王淑华. 土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响[J]. *土壤通报*, 2000, 31(2): 55-57.
- LI Zhi-hong, WANG Shu-hua. Effects of soil bulk density on soil physical properties and wheat growth[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 31(2): 55-57. (in Chinese)
- [17] 张建军, 郭天文, 樊廷录, 等. 农用地膜残留对玉米生长发育及土壤水分运移的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2014, 33(1): 100-102.
- ZHANG Jian-jun, GUO Tian-wen, FAN Ting-lu, et al. The effect of the agricultural residual plastic film on maize growth and development and soil moisture movement[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2014, 33(1): 100-102. (in Chinese)