

绿洲棉田长期连作下残膜分布及对棉花生长的影响

刘建国¹, 李彦斌², 张 伟¹, 孙艳艳¹

(1.新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 石河子大学, 新疆 石河子 832003; 2.新疆五家渠市气象局, 新疆 五家渠 831300)

摘 要:通过田间调查和长期连作定点微区试验相结合,研究了长期连作棉田,集中连续使用地膜后,地膜在土壤中的累积、空间分布和形态变化,及其残膜对土壤物理性状、棉花根系生长及产量的影响。结果表明:随着地膜使用年限增加土壤中残膜平均每年以 $11.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 速率增加,长期连作棉田残膜主要分布在 0~30 cm 土层,占到了 85%,在耕作层(0~30 cm)以下随着根层深度的增加,残膜量减少;大于 50 cm^2 残膜在土壤中平均占 30%, $10 \sim 50 \text{ cm}^2$ 占 36.5%,小于 10 cm^2 占 33.4%,随连作年限增加,在 0~15 cm 土层残膜量减少,15~30 cm 土层残膜量逐渐增加,残膜破碎度提高。土壤孔隙度、田间持水量随着地膜残留量增加而增加,而土壤容重下降。棉田中残膜阻碍棉花主根垂直生长,使根系形态呈现鸡爪型和丛生型等畸形,但对棉花产量未造成影响。

关键词:棉田;连作;地膜残留;污染

中图分类号:X705 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2010)02-0246-05

The Distributing of the Residue Film and Inffluce on Cotton Growth Under Continuous Cropping in Oasis of Xinjiang

LIU Jian-guo¹, LI Yan-bin², ZHANG Wei¹, SUN Yan-yan¹

(1.Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang BINTUAN, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2.Wujiaqu Meteorological Bureau, Wujiaqu 831300, China)

Abstract: Accumulation, distribution and shape change of residue film in soil, its effect to soil physical character, the growth of cotton's root and yield of cotton were studied by field investigation and fixed-point trial in the continuous cropping field. The result showed that amount of residue film was increased with $11.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, residue film was mostly distributed in 0~30 cm in long-term continuous cropping cotton field, accomunting for 85%, proportion of residue film was continually decreased with the root-layer adding below 0~30 cm. More than 50 cm^2 film was 30%, from 10 to 50 cm^2 was 36.5%, and less than 10 cm^2 film was 33.4%. With increasing of continuous cropping years, number of residue film was dropped accordingly in 0~15 cm, and it was gradually increased in 15~30 cm and the shatter ratio of residue film was enhanced. The soil porosity and field capacity were increased with the content of residue film increasing, but the soil bulk density was decreased. The Residue film in soil can inhibit the vertical growth of the roots and force it to form okra roots and cluster roots, but it didn't affect cotton's yield.

Keywords: cotton field; continuous cropping; plastic film residue; contamination

地膜覆盖技术在我国农业生产中已有 20 多年的应用历史,是促进农作物增产和农业现代化的重要措施之一,是在有限的耕地面积上增加农作物产量的有效途径^[1]。地膜的广泛应用极大地推动了农田覆盖栽培的发展和作物产量的提高,但由于其抗分解的特

性使得残留于土壤或进入周围环境中的地膜很难自然降解,造成土壤污染。许多研究已证明,随着残留地膜在土壤中的大量积累,显著降低了土壤的通气透水性,土壤的理化性状和生物学性状恶化,进而影响作物种子的发芽和出苗以及作物的正常生长发育,最终造成作物产量的降低^[2-4]。当前,对地膜污染研究限于对土壤物理性状、作物生长、产量的影响及防治措施^[5-10],而对地膜长期使用在农田中积累后空间结构变化、形态变化及对作物生长的长期影响缺乏系统跟踪调查。

收稿日期:2009-06-23

基金项目:“973”计划前期研究专项(2006CB708401);石河子大学“自然科学与技术创新”项目(ZRKX2008028)

作者简介:刘建国(1968—),男,教授,博士,主要从事农田生态环境与农作制度研究。E-mail:l-jianguo@126.com

新疆目前已成为我国最大的地膜污染区。新疆使用地膜的农作物主要有棉花、玉米、小麦、番茄、甜菜、瓜、蔬菜等,其中棉花用量最大占85%以上。南疆使用地膜是为了土壤保墒,北疆主要用于提高前期地温和保墒。新疆自20世纪90年代中期开始大面积实行地膜植棉,至今棉田铺膜率达100%。由于种植面积大,产区集中,连作现象非常普遍^[1],大量残留农膜污染着农田,对新疆农业发展带来的潜在危害已日益显露出来^[12-13]。本文旨在探讨新疆绿洲在当前栽培技术条件下,地膜长期积累后在土壤中的空间分布变化及对土壤物理性状、棉花根系生长和产量的影响,为新疆棉花生产的可持续发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验方法

试验分为大田取样与定点小区试验相结合。大田取样点设在石河子市石河子总场三分场2连,该场自1987年起开始地膜植棉,一直使用白色聚乙烯地膜,地膜厚度0.005~0.008 mm,试验选择连作1、5、10、15、20 a棉田各2块,于2005年春季棉花播种前选取面积0.36 m²,采用5点取样法,分层(0~15 cm、15~30 cm、30~45 cm、45~60 cm)取土、过筛,仔细拣出残膜,洗净后晾干称重,同时测定不同连作年限棉田土壤容重,土壤孔隙度、田间持水量并取土样测定土壤养分含量。小区试验设在石河子大学农学院试验站长期连作定点微区试验田,该试验田于2005年在上述取样点选择连作1、5、10、15、20 a棉田,分0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm分层取土,按原层次填充入微区试验田,四周用厚塑料膜隔开,每处理1.5 m×1.5 m,重复3次。供试品种为新陆早13号,在棉花吐絮期不同连作年限棉田各取100株,调查根系形态、株高、果枝数、单株铃数、单株产量。

1.2 测定方法

土壤容重、土壤孔隙度、田间持水量测定采用环刀法,土壤碱解氮用碱解扩散法,速效磷用Olsen法测定,速效钾用中性NH₄AC浸提、火焰光度法测定。

2 结果与分析

2.1 不同连作年限土壤地膜残留量分析

2.1.1 残膜在不同连作年限土壤耕层中的分布

通过对不同连作年限土壤不同耕层地膜残留状况调查(见图1)表明,残膜主要集中在耕作层土壤,0~30 cm占到了85%,在耕作层以下随着耕层深度的

增加,残膜量减少。在土壤中分布最多的是在15~30 cm,占残膜总量的49.7%~60.1%,其次是0~15 cm,占26.1%~36.4%,45 cm以下显著减少,所占比例不足1%。随连作年限增加,残膜在不同层次土壤中重新分布,在0~15 cm土层,连作1、5、10、15和20 a棉田残膜所占比例由36.4%分别下降为32.75%、30.45%、26.15%和27.1%;15~30 cm土层连作5、10、15和20 a残膜所占比例分别比种植1 a增加9.05%、16.95%、20.93%和15.69%,表现为15~30 cm土层残膜量逐渐增加,0~15 cm土层残膜量相应减少,而其余层次土壤残膜量变化不大。主要是因为随着连作年限增加,地膜在土壤中的残留逐渐增加,而所采取的一系列减少地膜污染的措施如地膜机回收、播前人工捡拾、耙地等只能减少表层土壤中残膜,而对深层土壤中地膜积累影响不大。

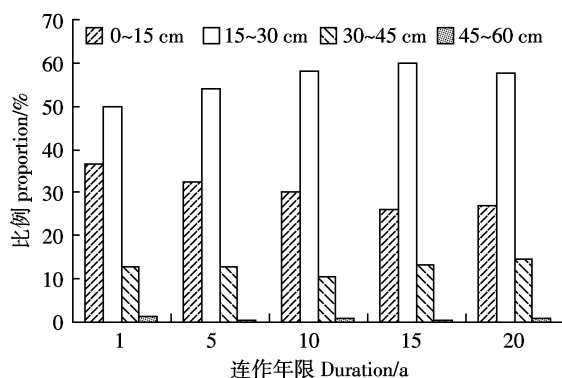


图1 不同连作年限土壤耕层残膜分布

Figure 1 Distributing of residue film in cotton fields under different years of continuous cropping

2.1.2 不同大小残膜在连作棉田土壤中的分布

留存在土壤中的残膜由于受土壤耕作和其他外力的影响,残片面积差异较大,随连作年限的不同而异(见表1)。大于100 cm²的残膜数量在连作5、10、15和20 a分别比种植1 a下降40%、66.19%、66.67%和77.14%;连作5、10、15和20 a 50~100 cm²的残膜数量分别为种植1 a的86.71%、58.04%、50.35%和47.55%;而<10 cm²的残膜连作5、10、15和20 a分别是种植1 a的1.59倍、2.37倍、2.94倍和3.64倍,残膜在土壤中呈不规则状,大于50 cm²的残膜平均占30%,50 cm²以下占70%。不同连作年限间表现为随连作年限增加,破碎度提高,主要原因是由于棉花连作中,每年的翻耕、中耕、圆盘耙切割等工作措施和根系的穿插分割及地膜本身的自然分解作用所致。

表 1 不同大小残膜在连作棉田土壤中分布(%)

Table 1 Proportion of residue film of different area in cotton fields under different years of continuous cropping

残膜面积/cm ² Areas of residue film	占比例/% Proportion					
	1a	5a	10a	15a	20a	平均 Average
>100	21	12.6	7.1	7	4.8	10.5
50~100	28.6	24.8	16.6	14.4	13.6	19.6
10~50	35.7	39.2	41.4	35.4	30.8	36.5
<10	14.7	23.4	34.9	43.2	53.5	33.4

2.2 残膜对土壤理化化学性状的影响

2.2.1 地膜残留量及对土壤物理性状的影响

土壤中地膜残留量随棉花连作年限延长而增加(表 2),年增长量平均为 11.2 kg·hm⁻²,年增长幅度呈上升趋势,连作 1~5 a、连作 5~10 a、连作 10~15 a 和连作 15~20 a 残膜年增长量分别为 9.16、9.32、12.06 和 14.26 kg·hm⁻²。与过去相比,地膜残留量逐渐降低,主要是由于各级政府及农工对地膜污染的认识逐渐深入,通过行政措施加大了对地膜回收的力度。在新疆棉区,地膜覆盖植棉经历了窄膜、宽膜到超宽膜的变化,种植方式由过去的“四膜八行”,到“三膜九行”发展到现在的“两膜十行”、“两膜八行”,地膜田间覆盖度分别由 47.37%、67.74%,增加到 72.2%^[14],地膜覆盖度的增加地膜使用量相应增加,当前在新疆棉区推行的膜下滴灌技术进一步加大了地膜回收的难度,常规地膜植棉一般在头水前(6 月中旬)破膜中耕施肥,生产中一般要求人工揭膜,回收率可达 85%^[15],而膜下滴灌采用随水施肥,不需揭膜,同时地膜后期保墒作用增强,到棉花收获后才开始揭膜,经过 7、8 月的高温及高光照,地膜柔韧性减弱,同时由于雨水泥糊,机械、人工作业等造成地膜破损严重,一次性揭膜率大大下降,致使当前地膜残留量仍保持在 8.98 kg·hm⁻²,残留率达 14.6%。

不同连作年限下,随着残膜量增加,土壤容重下降(表 2),与地膜残留量成反比例关系,但不同连作

年限间差异不显著,仅为±(0.01~0.08)。造成这些差异的原因主要与残膜量和地膜比重有关^[4]。在不同残膜量土壤中孔隙度的变化与土壤容重变化不同,呈上升趋势,不同连作年限土壤中土壤田间持水量增加,连作 5、10、15 和 20 a 分别比种植 1 a 增加 13.14%、6.29%、22.85%和 26.86%。与赵素荣^[16]研究随着土壤残膜数量增加土壤容重增加、土壤孔隙度下降结论不同,可能因本研究中土壤残膜量较少,不足以影响土壤物理性状,反而由于长期实行棉秆还田,增加了土壤有机质含量,改善了土壤物理性状。

2.2.2 地膜对土壤养分的影响

棉花连作情况下随着棉田残膜量增加,土壤有效养分含量发生变化(见表 2),土壤碱解氮含量随残膜量增加而增加,连作 5、10、15 和 20 a 分别是种植 1 a 的 1.48 倍、1.58 倍、1.78 倍和 2.52 倍。土壤有效磷含量随残膜量增加而下降,连作 10、15 和 20 a 仅为种植 1 a 的 70.86%、77.91%和 61.66%,有效钾含量呈现先增加后减少的趋势。研究认为^[8]当大量残膜进入农田后,在不同深度的耕作层土壤内形成了塑料薄膜隔离层,影响了作物根系的发育与均匀分布,从而阻碍了对养分、水分的吸收,同时,破坏了土壤理化性状,进一步影响到土壤微生物正常活动,降低土壤肥力水平。但是,新疆绿洲连作棉田土壤养分含量的变化是否由于残膜量增加所引起,缺乏直接证据,需进一步研究。

2.3 地膜残留对棉花根系形态和产量的影响

2.3.1 地膜残留对棉花根系形态的影响

由于土壤中残留地膜对棉花根系生长的阻碍作用,使棉花根系形态发生变化,在连作棉田中根系呈现出 3 种典型形态:直根型(未受残膜影响呈正常直根系);丛生型(苗期受根下部团聚体残膜或平展残膜的阻碍作用,影响主根系生长,根基部膨大,刺激侧根发达,数量增多粗度加大);鸡爪型(苗期根系受土壤中斜向残膜影响,根系沿残膜倾斜角度斜向生长,形

表 2 残膜对不同连作年限棉田土壤理化性状的影响

Table 2 The influence of the residue film on physical and chemical properties of cotton field soil under different years of continuous cropping

连作年限/a Duration	残膜量/kg·hm ⁻² Quantity of residue film	容重/g·cm ⁻³ Bulk density	孔隙度/% Porosity	田间持水量/% Capacity	碱解氮/mg·kg ⁻¹ Alkali-hydrolyzable	有效磷/mg·kg ⁻¹ Available P	有效钾/mg·kg ⁻¹ Available K
1	8.8 e	1.396 a	45.3 ab	17.5 d	47.26 d	32.6 b	182.5 a
5	54.6 d	1.374 b	45.7 b	19.8 bc	70.05 c	40.8 a	183 a
10	101.2 c	1.382 ab	46.4 b	18.6 cd	74.55 c	23.1 c	110.3 b
15	161.5 b	1.352 c	46.3 ab	21.5 ab	84.06 b	25.4 c	65.5 c
20	232.8 a	1.328 d	47.1 a	22.2 a	119.08 a	20.1 c	72.6 c

如鸡爪)^[4]。试验调查表明(图 2)。随着棉花连作年限增加,直根型棉株先下降后又增加,连作 5、10、15 和 20 a 分别是种植 1 a 的 65.8%、69.4%、75.7% 和 78.5%。在不同连作棉田中直根型平均占 60.9%,丛生型占 16.5%,鸡爪型占 22.6%。其中连作 5 a 和 10 a 根系异常型(即丛生型和鸡爪型)所占比重较高,分别为 48.5%和 45.7%,连作 15 a 和 20 a 有所下降,主要是由于连作 5 a 和 10 a 土壤中大于 10 cm² 有效残膜比重较高。

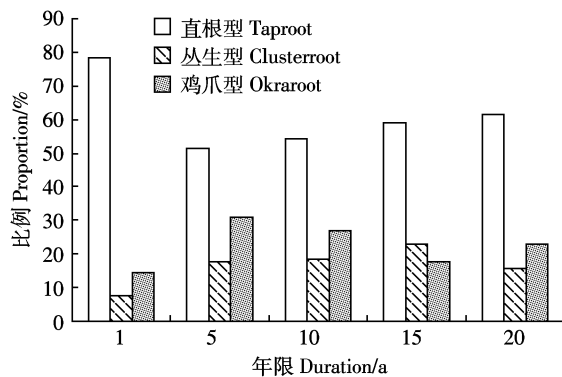


图 2 不同形态根系在不同连作年限棉田中比例

Figure 2 The proportion of diffience form root in different years of continuous cropping

2.3.2 地膜残留对棉花产量的影响

通过分析不同根系形态棉花生育状况和产量表明(见表 3),不同根系形态棉花株高、果枝数、铃数和铃重之间变化差异不大,直根型、丛生型和鸡爪型产量变异为 2 219.78~2 318.94 kg·hm⁻²,产量之间差异不显著,丛生型根系棉花产量比直根型增加 1.73%,而鸡爪型根系棉花产量比直根型降低 2.62%,说明虽然残膜影响了棉花根系的生长,造成根系形态畸形,但不同根系形态棉花产量并未受到影响。

3 结论与讨论

(1)残膜在耕层中的分布状况受土壤耕作和其他外部因素的影响,随着连作年限增加,在当前新疆绿洲棉花生产管理条件下,残膜量每年平均以 11.2 kg·

hm⁻² 速度增加,残膜在土壤中分布趋势是上、中层多,下层较少,其中 0~30 cm 占到了 85%,随着连作年限增加,残膜在上层(0~15 cm)数量减少,在下层(15~30 cm)分布比重增大。棉花连作过程中由于土壤耕作及根系生长作用,残膜总量虽然增加,但残膜破碎度加大,大于 10 cm² 以上的残膜量下降。程桂荪等^[17]认为,残膜进入土壤的多年积累量要远比一次性投入少,因为残膜是逐年进入并逐年降解的,当残片面积小于 25 cm² 不会影响土壤物理性状,也不会危害作物。

(2)在新疆绿洲棉区现有的栽培技术条件下,残膜积累对土壤物理性状尚未造成负面影响,表现为随着连作年限增加即残膜积累量增加,土壤容重下降,土壤孔隙度、田间持水量增加,这与一般研究结论相反,可能与本地区常年秸秆还田,培肥地力,改善了土壤结构有关。残膜对棉花生长造成的不利影响主要是影响土壤水分下渗,影响种子吸水萌发和幼苗根系生长,死苗率增加^[3]。

(3)残膜阻碍棉花根系生长,使棉花根系形态发生变化,呈现丛生型和鸡爪型等畸变,随着连作年限增加,丛生型和鸡爪型根系形态棉花比例先增加后下降,主要是连作年限延长,残膜破碎度增加,对根系生长有些减弱,分析直根型、丛生型和鸡爪型等根系形态棉花产量结构和产量,它们之间差异不大,说明棉花根系生长具有自我调控能力,根系形态发生变化后,并未影响棉花生长,降低棉花产量。

参考文献:

- [1] 吾甫尔江·托乎提,艾海提·牙生,巴雅尔. 论地膜污染与防治对策[J]. 新疆环境保护, 2000, 22(3): 176-178.
Wpuerjiang. tuohuti, Aihaiti. yasheng, Bayaer. Discussion about mulch film pollution and countermeasure of prevention and contro1[J]. *Environmental Protection of Xinjiang*, 2000, 22(3): 176-178.
- [2] 孙孝贵,刘文江,甘润伟. 新疆棉田残膜危害及其治理对策[J]. 中国棉花, 2005, 33(2): 7-8.
Sun X G, Liu W J, Gan R W. Disserve of the residue film and counter-measures of cotton fields in Xinjiang[J]. *China Cotton*, 2005, 33(2): 7-8.
- [3] 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.

表 3 不同根系形态棉花的生育状况和产量

Table 3 The yield and growth state of cotton of diffience root form

根型 Root form	株高/cm Plant heigh	果枝数/个 Number of fruit branch	铃数/个 Number of boll	单株重/g Plant weigh	单铃重/g Boll weigh	产量/kg·hm ⁻² Yield
直根型 Taproot	56.24	7.85	5.67	25.97	4.58 a	2279.52 a
丛生型 Clusterroot	57.11	8.13	5.91	26.42	4.47 a	2318.94 a
鸡爪型 Okaroot	55.73	7.77	5.45	25.29	4.64 a	2219.78 a

- 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(supp):153-156.
- [4] 南殿杰, 解红娥, 高两省, 等. 棉田残留地膜对土壤理化性状及棉花生长发育影响的研究[J]. 棉花学报, 1996, 8(1):50-54.
- Nan D J, Xie H E, Gao L S, et al. Study of the influence of the residue film on soil and cotton growth in the cotton fields[J]. *Cotton Science*, 1996, 8(1):50-54.
- [5] 王 频. 残膜污染治理的对策和措施[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3):185-188.
- Wang P. Measures to reduce the pollution of residual of mulching plastic film in farmland[J]. *Transactions of the CSAE*, 1998, 14(3):185-188.
- [6] 严昌荣, 梅旭荣, 何文清, 等. 农用地膜残留污染的现状与防治[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11):269-272.
- Yang C R, Mei X R, He W Q, et al. Present situation of residue pollution of mulching plastic film and controlling measures[J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(11):269-272.
- [7] 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-zhen, et al. Residue levels and morphology of agricultural plastic film in representative areas of China [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(1):75-83.
- [8] 杨惠娣. 塑料农膜与生态环境保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 33-34.
- Yang H D. The plastic film and ecological environment protection[M]. Beijing: Publishing House of Chemistry Industry, 2000:33-34.
- [9] 杜晓明, 徐 刚, 许端平. 中国北方典型地区农用地膜污染现状调查及其防治对策[J]. 农业工程学报, 2002, 21(增):225-227.
- Du X M, Xu G, Xu R P. Mulch film residue contamination in typical areas of North China and countermeasures[J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(supp):225-227.
- [10] 李付广, 章力建, 崔金杰. 我国棉田生态系统立体污染及其防治对策[J]. 棉花学报, 2005, 17(5):299-303.
- Li F G, Zhang L J, Cui J J. Tridimensional pollution and countermeasures cottonland ecosystems in China[J]. *Cotton Science*, 2005, 17(5):299-303.
- [11] 刘建国, 蒋桂英, 赖先齐, 等. 新疆不同生态区与经济区棉花轮连作模式[J]. 中国棉花, 2001, 8:21-23.
- Liu J G, Jiang G Y, Lai X Q. The pattern in cotton rotation and continuous cropping system of different environment zone in Xinjiang[J]. *China Cotton*, 2001, 8:21-23.
- [12] 薛立民, 张旭辉, 贾玉玲, 等. 连作棉田地膜残留状况的研究 [J]. 新疆农业科技, 1998, 6:14.
- Xue L M, Zhang X H, Jia Y L, et al. Situation of remnant plastic film in cotton of continuous cropping [J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 1998, 6:14.
- [13] 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 Chao-yang. Effect of remnant plastic film in soil on growth and yield of cotton[J]. *Agro-Environmental Protection*, 2001, 21(3):177-179.
- [14] 刘建国, 蒋桂英, 赖先齐, 等. 沙漠边缘绿洲棉田抵御风沙措施研究[J]. 干旱区农业研究, 2005, 23(6):151-153.
- Liu J G, Jiang G Y, Lai X Q. The measures defending sand and protecting seedlings of cotton in edge oasis in desert[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2005, 23(6):151-153.
- [15] 侯书林, 胡三媛, 孔建铭. 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 S L, Hu S Y, Kong J M. The situation of plastic film reclaim machine in China[J]. *Transactions of the CSAE*, 2002, 18(3):186-190.
- [16] 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 S R, Zhang S R, Xu X, et al. Study on the situation of residue pollution of mulching plastic film[J]. *Agricultural Environment and Development*, 1998, 3:7-10.
- [17] 程桂荪, 刘小秧, 高 松, 等. 光降解地膜小残片积累量对土壤性质和作物产量的影响[J]. 土壤肥料, 1993, 2:14-17.
- Chen G X, Liu X Y, Gao S, et al. Influence of photodegradable film on soil character and crop yield[J]. *Soils and Fertilizers*, 1993, 2:14-17.