

地膜残留量对河西绿洲灌区玉米田土壤理化性状的影响

唐文雪¹, 马忠明², 魏 焘¹, 连彩云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: 为探究残留地膜对土壤理化性状的影响, 以玉米品种沈单 16 为指示品种, 在半膜覆盖平作栽培条件下, 于 2015 年 4 月至 2020 年 10 月在河西绿洲灌区模拟设置 5 个地膜残留量水平(0、110、220、440、660 kg/hm²), 测定不同残膜水平下土壤容重、土壤紧实度、土壤水分、土壤养分含量等指标。结果表明, 随地膜残留量增加, 0~30 cm 土层土壤容重呈逐渐增加趋势, 且玉米拔节前 0~10 cm 土层土壤温度提高 0.14、0.25、0.28、0.43 ℃。残膜的存在能够减少土壤表层水分蒸发, 提高播前土壤含水量, 但在玉米苗期由于残膜阻碍水分的下渗, 导致 30~40 cm 土层土壤含水量分别比地膜残留量为 0 kg/hm²降低 0.11%、1.89%、6.07%、5.93%。当地膜残留量为 660 kg/hm² 时, 土壤有机质、全氮、矿质氮、Olsen-P 养分含量显著均著低于地膜残留量为 0 g/hm², 降幅分别为 15.57%、10.53%、18.89%、36.32%。长期残膜作用使土壤容重增加、通透性降低, 并会降低土壤有机质、全氮、矿质氮及 Olsen-P 含量, 引起土壤质量退化。

关键词: 地膜残留量; 玉米田; 土壤容重; 土壤紧实度; 土壤水分; 土壤养分; 西绿洲灌区

中图分类号: S513; Q142

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2022)06-0082-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2022.06.020

Effects of Film Residual Levels on Soil Physical and Chemical Properties of Maize Fields in Hexi Oasis Irrigated Area

TANG Wenxue¹, MA Zhongming², WEI Tao¹, LIAN Caiyun¹

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

Abstract: To investigate the effects of residual plastic film on soil physical and chemical properties, Shendan 16 was chosen as indicator variety with semi-film mulching and flatten cultivation applied, 5 residual levels (0, 110, 220, 440 and 660 kg/ha) were mimicked, soil bulk densities, soil compaction degrees, soil moisture and soil nutrient contents were determined for different residual levels. Results showed that compared with that of the control, with the increase of residual level, soil bulk densities at the depth of 0 to 30 cm were increased, soil temperatures before jointing at the depth of 0 to 10 cm were increased by 0.14, 0.25, 0.28 and 0.43 ℃, respectively. Film residues were able to reduce the evaporation from soil surface which would increase the soil water content before sowing, but water infiltration was obstructed by film residues during the seedling stage which led to reduction of soil water content at the depth of 30 to 40 cm, with the increase of residues, the reduction levels, compared with the soil water of level 0 kg/ha at the depth of 30 to 40 cm, were 0.11%, 1.89%, 6.07% and 5.93%, respectively. At the residual level of 660 kg/ha, contents of soil organic, soil total nitrogen, soil mineral nitrogen and soil Olsen-P were significantly lower compared with that of the level 0 kg/ha, with reduction levels of 15.57%, 10.53%, 18.89% and 36.32%, respectively. Long-term utilization of film mulching could lead to increased soil bulk density, reduced soil perviousness, reduced contents of soil organic, soil total nitrogen, soil mineral nitrogen and soil Olsen-P, which would lead to soil degradation.

Key words: Film residue; Maize; Soil bulk density; Soil compaction degree; Soil moisture content; Soil nutrient; Hexi oasis irrigated area

地膜已经成为我国农业生产的重要物质资料之一, 农业生产中地膜覆盖栽培规模大、涉及的

收稿日期: 2022-02-28; 修订日期: 2022-03-30

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0800806); 中国农业农村部公益性行业(农业)科研专项(201503125-02); 甘肃省科技计划项目(21YF5NA145); 甘肃省农业科学院科技创新专项(2019GAAS12)。

作者简介: 唐文雪(1967—), 女, 甘肃临夏人, 研究员, 主要从事农业面源污染防治与节水农业研究工作。Email: 961921915@qq.com。

通信作者: 马忠明(1963—), 男, 甘肃民勤人, 研究员, 博士, 主要从事农业节水高产栽培理论与技术的研究工作。Email: mazhming@163.com。

作物种类多。地膜覆盖技术的应用对保障我国粮食安全做出了重大贡献, 尤其在高寒冷凉、干旱及半干旱地区玉米、油菜等作物生产中发挥了显著的增产作用^[1-3]。河西绿洲灌区是甘肃省商品粮基地, 玉米是河西绿洲灌区的主要粮食作物, 由于受水资源缺乏和积温不足的影响, 生产中主要采用覆膜栽培技术, 呈现覆盖面积大、覆盖年限长、使用强度大的特点。玉米生产中地膜投入量占主要农作物地膜投入总量的 56.06%, 其中玉米平作栽培方式下的地膜残留量最大, 年残留量高达 21.3 kg/hm², 使农田土壤中地膜残留量呈逐年增加趋势^[4-6]。一般情况下, 残膜可在土壤中存留 200~400 a^[7]。大量地膜残留在土壤中, 对土壤环境、对作物的生长发育和产量均产生负面影响^[8-10]。为探明残留地膜对土壤、作物生长发育的影响机理, 前人将残膜对土壤物理性状、水热效应、土壤环境等影响进行了大量研究^[11-12], 但针对河西灌区的研究还鲜见报道。为此, 我们在河西绿洲灌区设置地膜残留量模拟试验, 研究不同地膜残留量对玉米田土壤理化性状的影响, 旨在为地膜的科学使用和残膜防治提供理论指导。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验于 2015 年 4 月至 2020 年 10 月在甘肃省农业科学院张掖节水农业试验站进行。试验站地处甘肃省西北部, 河西走廊中段, 黑河中上游, 海拔 1 570 m。区域干旱少雨, 年降水量不足 130 mm, 属于典型的大陆性草原荒漠气候。年均气温 7℃, 无霜期 153 d。土壤属轻壤土, 200 cm 土层土壤平均容重 1.38 g/cm³, 含有机质 7.9 g/kg、速效磷 24.7 mg/kg、速效钾 82.0 mg/kg。

1.2 供试材料

指示玉米品种为沈单 16。地膜选用宽 70 cm、厚 0.010 mm 的普通白色地膜。供试氮肥为尿素(含 N 46.4%), 磷肥为重过磷酸钙(含 P₂O₅ 44%)。

1.3 试验方法

采用随机区组设计, 小区面积 31.2 m², 重复 3 次。据试验及多点调查, 玉米半膜覆盖平作栽培覆膜量平均为 40 kg/(hm²·a), 残膜不回收条件

下地膜残留系数高达 54.4%^[6], 残片面积大于 25 cm² 占 12.4%、4~25 cm² 占 29.4%、小于 4 cm² 占 58.2%^[4]。根据地膜投入量及残留系数确定 0、5、10、20、30 a 地膜残留水平, 模拟设置 5 个残留量处理, 分别为 0 kg/hm²(CK)、110 kg/hm²(处理 A)、220 kg/hm²(处理 B)、440 kg/hm²(处理 C)、660 kg/hm²(处理 D)。将不同面积的地膜碎片按比例混合后与土壤揉搓, 然后均匀撒于小区内并翻耕, 翻耕深度为 30 cm。

各试验处理均施 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 225 kg/hm²。全部磷肥及氮肥的 40% 作基肥。在玉米大喇叭口及吐丝期各施氮肥的 30% 作追肥。生育期灌水量 4 500 m³/hm²。分别于拔节期、大喇叭口期、吐丝期和灌浆中期灌水 4 次, 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。

采用宽窄行(80 cm+40 cm)平作栽培方式, 窄行覆膜。带幅 120 cm, 行距 40 cm。密度 8.34 万株/hm²。播种前 7 d 在窄行覆盖宽 70 cm 的薄膜。每年 4 月中下旬播种, 10 月上旬收获。

1.4 测定项目和方法

2020 年 4—10 月测定土壤含水量、容重、土壤温度及土壤养分含量等。

1.4.1 土壤含水量 采用烘干法测定。播种前 1 天和苗期灌头水后第 5 天采样。测定深度 100 cm, 每 20 cm 为 1 层。每小区在宽行和窄行各测定 1 个点。

1.4.2 土壤容重 采用环刀法测定。玉米收获后每个小区在窄行和宽行各选择 3 个点, 采用环刀每 10 cm 为 1 层采集原状土壤样品, 测定深度 30 cm。

1.4.3 土壤紧实度 采用 Field Scout TM SC900 土壤紧实度仪测定。玉米苗期灌头水后的第 8 天, 按照 2.5 cm 间距依次测定 40 cm 深度土壤紧实度。每小区随机测定 15 个点。

1.4.4 土壤温度 采用 WQG-16 曲管地温计测定。玉米播种后在小区内播种行将曲管地温计按 5、10 cm 深度分 2 层埋设, 两层的平均值为 0~10 cm 土层土壤温度。从玉米播种至大喇叭口期连续 60 d, 每天测定 8:00 时、14:00 时和 18:00 时的土壤温度。

1.4.5 土壤养分含量 采用常规的土壤农化分析方法测定^[13]。10月份作物收获后,各小区选定5个点采集0~20 cm耕层土样。将多点样品混合并分成2份,1份保存冰箱用以测定硝态氮(NO₃⁻-N)、铵态氮(NH₄⁺-N)。另1份风干测定土壤有机质、全氮、Olsen-P含量。

1.5 数据处理与分析

用SPSS及Excel软件对试验数据进行整理和相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同地膜残留量对土壤容重及紧实度的影响

图1、图2可反映出地膜残留量与土壤容重、土壤紧实度的关系。土壤容重是一个缓慢变化的过程,从图1看出,在0~30 cm土层中,处理A、处理B、处理C、处理D的土壤容重分别比CK增加0.45%,1.04%、2.19%、2.65%。虽然增幅较小,

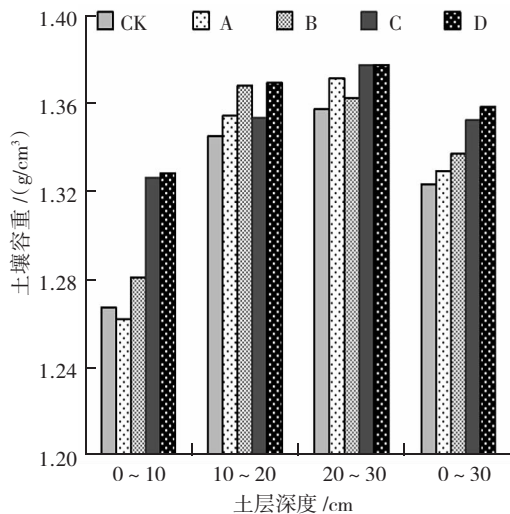


图1 地膜残留量对土壤容重的影响

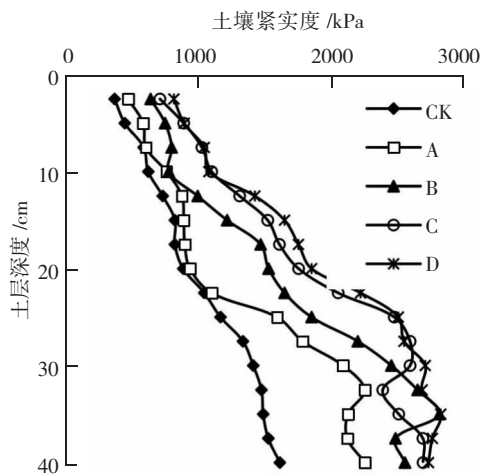


图2 地膜残留量对土壤紧实度的影响

处理间差异不显著,但随地膜残留量增加,土壤容重增加的趋势明显,这与赵素荣等^[8]、严昌荣等^[14]、尉海东等^[15]的研究一致。从图2看,在0~40 cm土层,随地膜残留量增加,土壤紧实度总体表现为处理D>处理C>处理B>处理A>CK。土壤容重、土壤紧实度是土壤物理状态的直观反映,而残留地膜可提高土壤容重,增加土壤紧实度,使土壤通透性等物理性状恶化,影响作物生长发育环境。

2.2 不同地膜残留量对土壤温度影响

图3为播种(4月下旬)至玉米大喇叭口期(6月下旬)不同残膜水平下0~10 cm土层温度动态变化。可以看出,在玉米播种至拔节期,随着地膜残留量的增加,各处理土壤温度呈增加趋势。处理A、处理B、处理C、处理D土壤平均温度较对照分别提高0.14、0.25、0.28、0.43℃。玉米拔节期后,不同处理间温度差异变小。杜利等^[16]研究认为残膜阻碍土壤水分下渗并降低了土壤的通透性和导热性。还有研究认为残膜会降低土壤比热容,加快土壤热传递,使土壤降温加快^[9-11]。

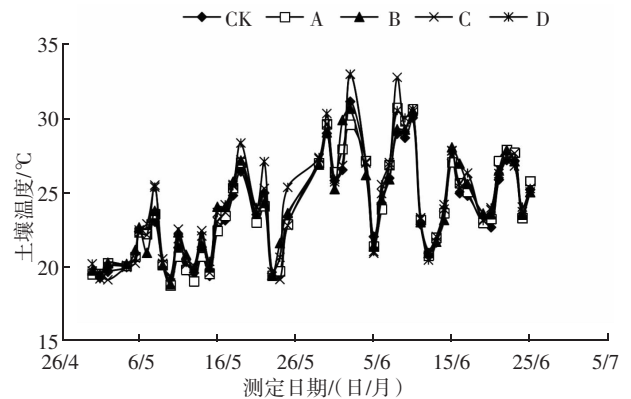


图3 地膜残留量对土壤温度的影响

2.3 不同地膜残留量对土壤水分的影响

图4为玉米播前0~100 cm土层土壤含水量。可以看出,随地膜残留量的增加,各土层土壤含水量呈增加趋势。与CK相比,处理A、处理B、处理C、处理D土壤平均含水量分别提高7.95%、13.56%、18.94%、19.88%。图5为玉米苗期灌溉头水第5天土壤含水量。可以看出,随地膜残留量的增加,各土层土壤含水量与播前土壤含水量变化相反。在0~100 cm土层,各残膜处理土壤含水量分别为23.26%、22.36%、21.89%、21.15%,分别比CK降低4.24%、7.93%、9.85%、12.88%。

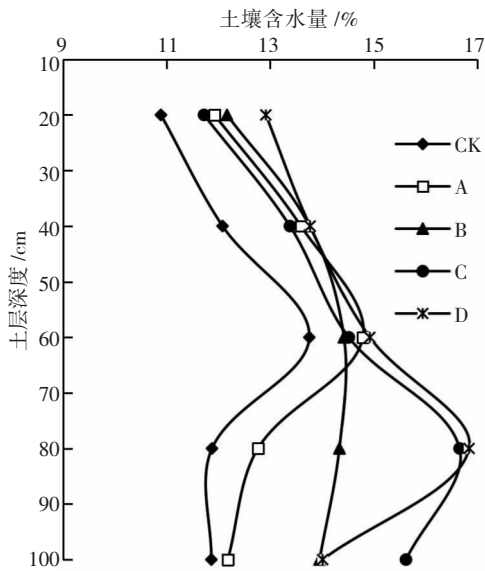


图4 播种前土壤含水量

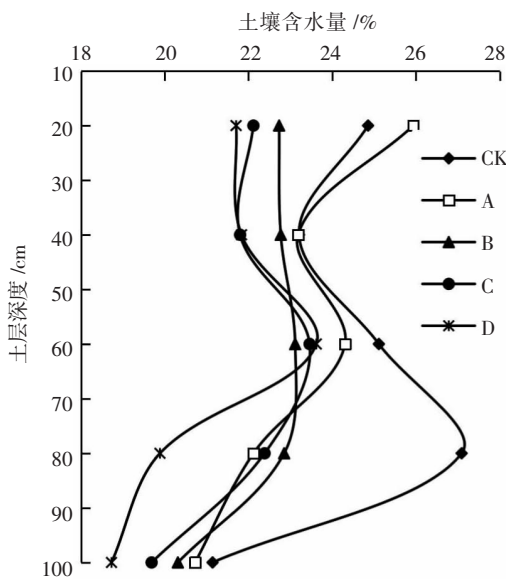


图5 头水第5天土壤含水量

且在 20~40 cm 土层, 处理 A、处理 B、处理 C、处理 D 的土壤含水量分别为 23.18%、22.77%、21.80%、21.83%, 分别比 CK 降低 0.11%、1.89%、6.07%、5.93%。

2.4 不同地膜残留量对土壤养分的影响

2.4.1 对土壤有机质及全氮含量的影响 从图 6、图 7 看出, 地膜残留量显著地影响了土壤有机质含量和全氮含量。土壤有机质含量和地膜残留量呈线性负相关关系, 随地膜残留量增加, 土壤有机质含量显著降低。地膜残留量为 220 kg/hm² 时, 土壤有机质含量为 19.61 g/kg, 比 CK 显著降低 7.55%; 地膜残留量为 660 kg/hm² 时, 土壤有机质

含量最低, 仅为 17.91 g/kg, 比 CK 显著降低 15.57%。土壤全氮也表现随地膜残留量增加而显著降低趋势, 地膜残留量为 660 kg/hm² 时, 土壤全氮含量为 0.85 g/kg, 比 CK 显著降低 10.53%。

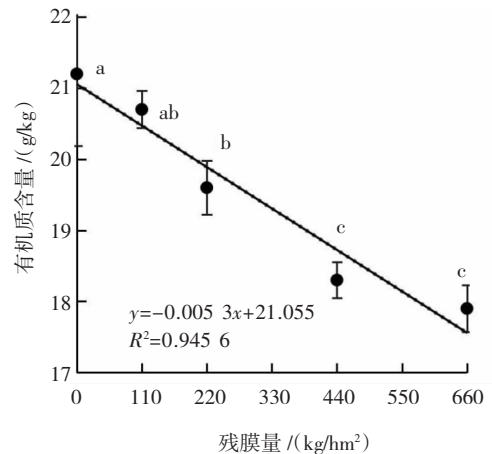


图6 地膜残留量对土壤有机质含量的影响

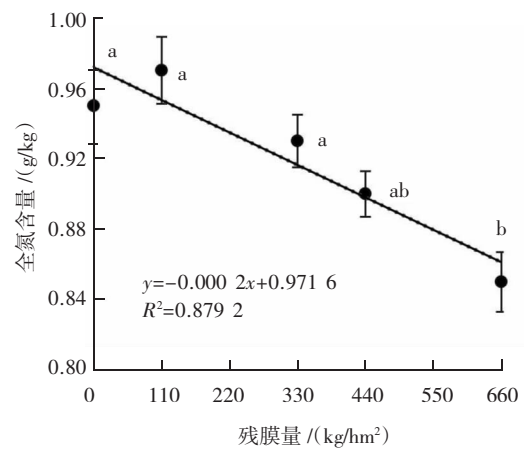


图7 地膜残留量对土壤全氮含量的影响

2.4.2 对土壤矿质氮及 Olsen-P 含量的影响 如图 8、图 9 所示, 不同处理间土壤矿质氮、速效磷含量存在显著差异。矿质氮含量、Olsen-P 含量均随着地膜残留量的增加呈先增加后降低趋势。处理 A 矿质氮含量最高, 比 CK 提高 1.48%, 差异不显著, 随地膜残留量增加, 随后土壤矿质氮含量开始降低; 处理 B、处理 C 矿质氮含量分别为 6.95、6.92 mg/kg, 与 CK 差异不显著; 处理 D 含量为 6.01 mg/kg, 显著低于 CK。处理 A Olsen-P 含量最高, 比 CK 提高 6.62%, 差异显著, 随地膜残留量增加随后降低; 处理 B、处理 C、处理 D 的 Olsen-P 含量分别降低为 9.31%、31.43%、36.32%, 显著低

于CK。

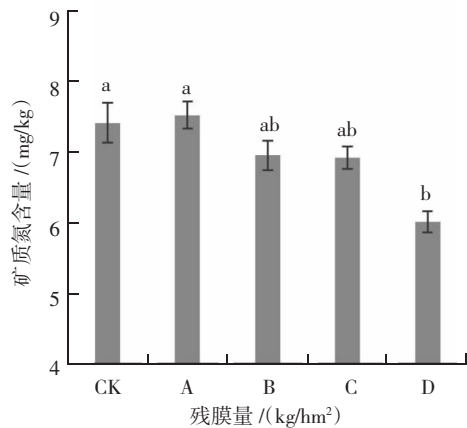


图8 地膜残留量对矿质氮含量的影响

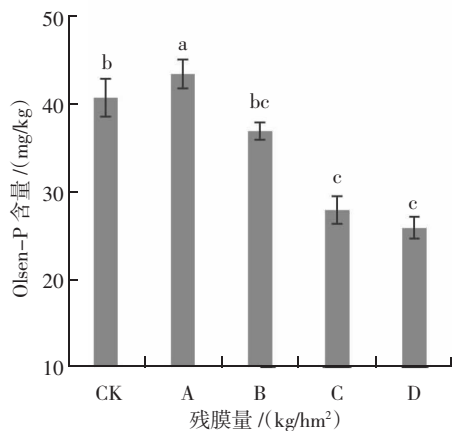


图9 地膜残留量对土壤 Olsen-P 含量的影响

3 小结与结论

以沈单16为指示品种,在玉米半膜覆盖平作栽培条件下,于2015年4月至2020年10月在河西绿洲灌区进行了地膜残留量模拟试验。结果表明,①残膜可增加土壤容重和土壤紧实度。在0~30 cm土层中,地膜残留量为110、220、440、660 kg/hm²时土壤容重比地膜残留量为0 kg/hm²分别增加0.45%、1.04%、2.19%、2.65%。在0~40 cm土层,土壤紧实度总体表现为地膜残留量为660 kg/hm²的处理>地膜残留量为440 kg/hm²的处理>地膜残留量为220 kg/hm²的处理>地膜残留量为110 kg/hm²的处理>地膜残留量为0 kg/hm²。残留地膜可使土壤通透性等物理性状恶化,影响作物生长环境。②残膜能影响土壤温度和土壤水分。地膜残留量为110、220、440、660 kg/hm²水平时0~10 cm土层土壤平均温度较地膜残留量为0 kg/hm²分别提高0.14、0.25、0.28、0.43℃。关于

残膜对土壤热传导的研究结论不一致,可能与土壤容重、水分含量等变化有关,需进一步研究。残膜的存在能够减少土壤表层水分蒸发,提高土壤含水量,但在作物苗期由于残膜阻碍水分的下渗,导致30~40 cm土层土壤含水量显著低于0~20 cm土层,影响作物根系发育。③残膜对土壤有机质、全氮、矿质氮、Olsen-P等养分含量均有显著影响。随地膜残留量增加,土壤有机质、全氮含量显著降低。当地膜残留量为660 kg/hm²时,土壤有机质、全氮含量仅分别为17.91、0.85 g/kg,显著低于地膜残留量为0 kg/hm²。矿质氮、Olsen-P含量随着地膜残留量的增加呈先增加后降低趋势。当地膜残留量为660 kg/hm²时,土壤矿质氮、Olsen-P含量显著低于地膜残留量为0 kg/hm²,降幅高达18.89%、36.32%。

玉米拔节期后,不同地膜残留量处理间温度差异变小。杜利等^[16]研究认为残膜阻碍土壤水分下渗并降低了土壤的通透性和导热性,还有研究认为残膜会降低土壤比热容,加快土壤热传递,使土壤降温加快^[9-11]。播前及灌水后不同残膜水平下土壤含水量的测定结果说明,播前土壤中残膜的存在会阻碍土壤水分的上移,减少土壤水分蒸发,提高土壤含水量,有利于土壤保墒,这与解红娥等^[9]、李荣等^[17]的研究一致。作物苗期灌水后,由于残膜阻碍水分的下渗,导致土壤30~40 cm土层土壤含水量显著低于0~20 cm土层。董合干等^[18]研究认为,水分下渗量减少会影响作物根系的下扎,影响根系对土壤水分和养分的吸收,进而影响作物的生长发育及产量形成。土壤有机质含量及其动态主要取决于土壤有机质输入与降解之间的平衡^[19]。由于残膜影响作物根系的生长发育,能降低土壤有机质的输入量^[20]。此外,地膜残留量增加导致土壤温度上升、含水量提高,随着土壤温度和湿度的升高,土壤有机质的矿化率和分解速率都随之升高^[21-22],因此土壤地膜残留量和土壤有机质含量呈负相关关系。总氮含量也随地膜残留量的增加而降低,其变化规律与有机质相似,因为土壤中氮素主要来自有机质,而有机质含量降低必然会影响土壤全氮含量^[23]。残膜会严重污染土壤环境和微生物生存环境,会降低土壤微生物量和活力,抑制好氧微生物生理活

动,降低土壤微生物活性^[24],高量残膜条件下,有机质含量低的土壤中硝化细菌数量少,硝化作用弱^[25],并且土壤微生物活性降低影响了土壤磷酸酶活性,进而影响了土壤有机磷水解过程^[26],最终导致土壤矿质氮及 Olsen-P 含量显著降低。

残膜长期残留在土壤,可使土壤容重增加、通透性降低、影响土壤水分的上移和下渗、并降低土壤养分,引起土壤质量退化,其长期累积造成土壤及环境污染面广的“白色污染”直接威胁着农业的持续发展^[27-28]。因此,应进一步加强研究地膜残留量对土壤理化性状的影响,为河西绿洲灌区残膜防治提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 王喜庆,李生秀,高亚军.地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响[J].作物学报,1998(3):348-353.
- [2] 赵向田,李继强,程红玉.不同覆膜对制种油菜生长及土壤水热的影响[J].灌溉排水学报,2017,36(7):28-32.
- [3] 刘五喜,董博,张立功,等.半干旱区马铃薯不同覆膜方式对土壤水分、温度及产量的影响[J].中国马铃薯,2018,32(1):13-18.
- [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.
- [5] 蒙永军,杨虎德.河西走廊覆膜方式和地块面积对地膜残留量的影响调查[J].甘肃农业科技,2012(10):6-9.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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(S1):153-156.
- [10] 李仙岳,史海滨,吕焯,等.土壤中不同地膜残留量对滴灌入渗的影响及不确定性分析[J].农业工程学报,2013,29(8):84-90.
- [11] 靳伟,张学军,鄢金山,等.新疆棉田残膜残留量及相关特性的测定试验研究[J].安徽农业科学,2015,43(2):238-239;269.
- [12] 魏迎春,唐琳.农用地膜对土壤的污染及其防治探讨[J].西藏农业科技,2010,32(1):39-41;48.
- [13] 鲁如坤.土壤和农业化学分析法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 杜利,李援农,陈朋朋,等.不同地膜残留量对土壤环境及玉米生长发育的影响[J].节水灌溉,2018(7):4-9;14.
- [17] 李荣,侯贤清.深松条件下不同地表覆盖对马铃薯产量及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2015,31(20):115-123.
- [18] 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.
- [19] 黄靖宇,宋长春,张金波,等.凋落物输入对三江平原弃耕农田土壤基础呼吸和活性炭组分的影响[J].生态学报,2008(7):3417-3424.
- [20] 辛静静,史海滨,李仙岳,等.残留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.
- [21] 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.
- [22] 肖辉林.气候变化与土壤有机质的关系[J].土壤与环境,1999(4):300-304.
- [23] 杨丽霞,陈少锋,安娟娟,等.陕北黄土丘陵区不同植被类型群落多样性与土壤有机质、全氮关系研究[J].草地学报,2014,22(2):291-298.
- [24] 毛新颖,张云艳,周明臣,等.残膜对大豆产量和根际土壤微生物影响的初步研究[J].现代农业,2020(11):16-18.
- [25] 于洪艳,王宏燕,韩晓盈,等.培肥方式对松嫩平原黑土土壤微生物的影响[J].中国生态农业学报,2007(5):73-75.
- [26] 沈菊培,陈利军.土壤磷酸酶活性对施肥-种植-耕作制度的响应[J].土壤通报,2005(4):622-627.
- [27] 杨蕊菊,车宗贤,贺春贵,等.农田残膜对耕地土壤质量的影响简述[J].甘肃农业科技,2021,52(12):88-92.
- [28] 任稳江,刘生学,李耀辉,等.会宁县农田地膜使用与残留污染调查研究[J].甘肃农业科技,2016(1):56-62.