

黄土高原不同耕作方式对土壤理化性质及作物产量的影响

郁鑫, 王旭东* (西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 黄土高原属干旱、半干旱雨养农业区, 过去以传统耕作方式为主。作物秸秆不还田以及对耕地直接进行翻耕, 导致耕地表土裸露, 因而加快了土壤有机质的矿化速率。土壤侵蚀、土壤养分流失、耕地质量下降, 为此, 以保护环境、提高水肥资源高效利用和实现农业可持续发展为目的保护性耕作在该地区逐渐展开。比较分析深松、免耕、传统翻耕等不同耕作方式对土壤理化性质、作物产量的影响, 以期为该区域创建合理有效的耕作方式提供理论指导。

关键词 耕作方式; 土壤性质; 作物产量; 水肥利用效率; 黄土高原

中图分类号 S344 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)05-0144-03

Effects of Different Tillage Methods on Soil Physical-chemical Properties and Crop Yield in Loess Plateau

YU Xin, WANG Xu-dong (College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100)

Abstract The Loess Plateau is an arid and semi-arid rain-fed agricultural area. In the past, the traditional tillage methods were the main ones. Crop straws were not returned and the arable lands were directly ploughed, which caused the top soil to expose and accelerated the mineralization of soil organic matter. Soil erosion and nutrient loss were increased, and the quality of cultivated land was declined. Therefore, conservation tillage methods have been gradually taken in this region in order to protect the environment, improve the efficiency of water and fertilizer use and achieve sustainable development of agriculture. In this paper, we analyzed the effect of different tillage methods such as subsoiling tillage, no-tillage and conventional tillage on soil physical, chemical properties and crop yield, and some theoretical guidances were provided to establish reasonable tillage methods.

Abstract Tillage method; Soil properties; Crop yield; Water and fertilizer use efficiency; Loess Plateau

耕作方式影响土壤物理性质和化学性质, 进而决定了土壤质量变化的方向和程度^[1-2]。黄土高原地区过去普遍采用传统翻耕技术, 近年来免耕、深松等保护性耕作技术逐渐兴起^[3-6]。不少地区农田也相继采用了保护性耕作措施^[7-9]。保护性耕作可在一定程度上改善土壤肥力, 但在不同地区的研究中, 由于气候、土壤等差异, 导致改善效果存在很大差异。传统耕作模式在防止农田杂草和病虫害方面具有积极作用, 但也引起了土壤风蚀、水蚀、土壤贫瘠化等一系列问题, 还增加了土壤水分的无效蒸发等^[10]。土壤不合理耕作导致土壤质量明显下降, 土壤自我调控功能失调。近 10 年来, 我国机械耕作活动加强, 但土壤退化、沙尘暴猖獗、机械化作业成本上升也已成不争的事实^[11]。保护性耕作是对农田采取免耕、深松、作物秸秆覆盖等措施, 取消铧式犁翻耕, 在保留地表覆盖物的前提下免耕播种, 以保留土壤自我保护机能和营造机能, 在蓄水保墒、培肥地力、防止扬尘、减少侵蚀、保护环境、节本增效、增加农民收入等方面表现出其他耕作方式不可替代的作用, 产生良好的社会、经济和生态效益^[12]。但任何耕作都有一定的地域适应性, 通过阐述黄土高原地区不同耕作方式对土壤理化性质和作物产量的影响, 进而为探明该地区最适耕作方式提供指导。

1 不同耕作方式对土壤物理性质的影响

1.1 对土壤容重的影响 土壤容重是土壤的重要物理性质, 其影响土壤的孔隙度及孔隙的大小分配, 是研究土壤及作物对机械化作业的反应参数, 是衡量土壤质量的重要指标

之一^[6]。近年来, 有关不同耕作方式对土壤容重的影响较多^[13-15]。研究表明, 免耕可增加土壤容重^[14]。严洁等^[16]研究表明, 与保护性耕作相比, 传统翻耕土壤容重明显高。但赵洪利等^[17]研究发现, 在免耕、深松、翻耕 3 个处理间, 免耕处理的土壤硬度和土壤容重都大于深松和翻耕处理。其原因是免耕处理不进行土壤耕作, 在降水和自身重力影响下, 容重大于深松和翻耕处理。有研究认为, 免耕与传统翻耕相比可提高土壤容重, 且表层土壤容重增高尤为明显^[18]。但张志国等^[19]研究发现, 耕地经过长期免耕处理后, 其土壤容重并没有增加。土壤容重是土壤质地、土壤结构、土壤有机质含量以及各种自然因素综合作用的结果, 长期免耕并未对土壤容重产生显著的影响, 而是随着土壤有机质的提高和结构的改善, 在一定年限后土壤容重降低。研究表明, 不同土层深度、免耕处理对土壤容重的影响不一致, 免耕处理表层 0~5 cm 的土壤容重明显大于传统耕作, 但是深层土壤容重基本没有变化。说明免耕仅使土壤表层容重增加, 下层土壤变化不大^[20]。在进行免耕处理水稻耕作试验时, 其土壤容重指标显著降低, 甚至小于传统耕作方式^[21]。

1.2 对土壤孔隙度和土壤团聚体的影响 土壤孔隙与耕作方式有密切联系。战秀梅等^[22]研究表明, 对土壤进行深松、深耕处理, 其下层土壤孔隙度有显著提高, 深松、深耕处理结合秸秆还田可有效改善表层土壤的孔隙度。高建华等^[23]研究表明, 保护性耕作措施对调节土壤孔隙度有显著作用。土壤孔隙的良好分布将显著调节土壤水分、土壤气体、土壤生物活性等土壤状况问题。土壤团聚体是土壤养分和土壤水分的重要储存库, 土壤团聚体的大小及数量反映土壤肥力的高低。赵洪利等^[17]研究不同耕作方式对黄土高原旱地麦田土壤物理性质的影响, 指出免耕有促进土壤团聚体形成的作用, 且形成的团聚体有较高的水稳性。翻耕加快了耕层内有

基金项目 农业部行业专项“旱地合理耕层构建技术指标研究”(201503116)。

作者简介 郁鑫(1991—), 女, 甘肃兰州人, 博士研究生, 研究方向: 土壤污染及防治。* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事土壤与环境化学研究。

收稿日期 2017-11-30

机质矿化速度,减少了有机无机复合胶体数量,使土粒间黏合力下降,水稳性团聚体数量显著降低。严洁等^[16]研究表明,随着免耕年限的增加,土壤团聚体数量成逐年增加的趋势,进行5年保护性耕作,其土壤团聚体比进行2、3年保护性耕作的土壤团聚体数量明显增加。保护性耕作及其轮耕可提高耕层团聚体的稳定性^[24]。程科等^[25]研究表明,免耕/深松与深松/翻耕和翻耕/免耕2种轮耕模式相比,免耕/深松轮耕方式更有利于大团聚体的形成。长期采取土壤保护性措施,可明显提高土壤物理微环境,特别是改善了土壤微环境中土壤团聚体的物理性质。

1.3 对土壤水分的影响 黄土高原旱作农业区,应以增加休闲期自然降水入渗量、提高土壤含水量、减少土壤蒸发量为主要目标,从而提高耕地土壤质量。土壤水分受耕作方式和秸秆覆盖度的影响较大。郭贤仕等^[26]研究表明,免耕加秸秆覆盖处理的土壤年平均含水量比传统耕作处理高1个百分点,免耕秸秆不覆盖处理与传统耕作处理的土壤年平均含水量差异不明显。

不同层次的土壤水分受耕作方式的影响较大。传统耕作由于播种时对土壤的扰动较大,表层土壤水分散失较快,对墒情较差的土壤影响较大,将严重影响出苗率;但20~40 cm土层水分下降较慢,这与毛管孔隙的阻断有关系。免耕处理的土壤表层水分下降较慢,但整个耕作层土壤水分下降却快于传统耕作处理,播种后持续干旱也能使耕作层土壤水分下降到很低的水平。覆盖免耕处理耕作层水分下降较慢,各层次均保持较高的水分含量。国外研究表明,在免耕条件下,0~20 cm土层的饱和导水率为4.20 cm/h,翻耕为2.06 cm/h,免耕显著高于翻耕。免耕土壤饱和导水率高,渗水快,主要与免耕条件下形成的良好土体结构有关^[27]。

免耕由于其对结构和孔隙的影响,进一步影响水分的入渗、径流和土壤侵蚀。赵君范等^[28]对黄土高原区的研究表明,降水强度为85 mm/h时,免耕秸秆覆盖与传统耕作相比,径流出现时间延迟2.16~3.83 min,径流量降低18.4%~34.7%,入渗量增加20.5%~38.6%,土壤侵蚀量减少86.5%~166.0%。武际等^[29]研究麦稻轮作下耕作模式对土壤理化性质和作物产量的影响,指出免耕处理的土壤含水量明显降低。郭晓霞等^[30]研究表明,采用秸秆覆盖加免耕的保护性耕作措施的耕地,其土壤水分的保蓄能力显著提高。

1.4 对土壤温度的影响 耕作方式对土壤温度的影响受广大学者的关注。陈继康等^[31]认为,耕作影响土壤温度的主要原因之一是耕地土壤秸秆覆盖度。郭晓霞等^[30]发现,留茬覆盖能有效调节土壤温度,土壤温度在0~5 cm土层变化幅度较大,且随土层深度的增加土壤温度变化趋势呈逐渐降低的趋势。

不同生长季节,免耕覆盖表现出“降温效应”和“增温效应”的双重效应。免耕在冬季可以提高土壤温度,降低冻害,而在春季会导致土壤温度不能快速升温甚至影响到作物的返青等。这主要是由于免耕对土壤水分的影响及表层覆盖

等对吸收太阳辐射、土壤温度散失影响的综合结果^[32]。

2 不同耕作方式对土壤化学性质的影响

2.1 对土壤养分的影响 免耕是否有助于土壤肥力的提高,该争论已在学术界存留已久。研究指出,免耕处理0~5 cm耕层土壤全氮含量显著高于翻耕处理,而5~10、10~20 cm耕层全氮含量明显低于翻耕处理^[33]。关于土壤速效养分的变化,冯跃华等^[34]认为,免耕0~5 cm土层的土壤速效氮、速效钾含量均高于翻耕处理。研究指出,免耕处理与翻耕处理相比较,耕层中速效钾含量显著较高,且免耕年限越久,速效磷、速效钾含量呈现出不断上升的趋势^[35]。

耕作引起的土壤养分变化与土壤有机质变化关系密切。研究发现,多年免耕后土壤有机质含量高于常规耕作。张志国等^[19]研究发现,长期免耕秸秆覆盖和犁耕相比,表层有机质和有机碳均显著增加,并且随氮肥施用量的增加而增加^[36]。李友军等^[37]研究认为,深松覆盖和免耕覆盖均能提高土壤有机质含量,表层土壤全氮和碱解氮含量均增加显著。与翻耕相比,深松覆盖和免耕覆盖在0~20 cm土层的有机质含量分别提高6.02%和3.99%,土壤全氮含量分别提高28.72%和22.34%^[37]。

2.2 对土壤pH的影响 耕作处理对土壤酸碱性有一定的影响。免耕处理土壤的pH显著低于传统耕作处理,这是由有机质分解过程中产生的中间产物和终极产物导致的。秸秆还田免耕处理土壤耕层pH明显低于传统翻耕土壤^[13]。

3 不同耕作方式对土壤酶活性及微生物多样性的影响

土壤酶是土壤肥力的重要贡献者,其受耕作方式、秸秆覆盖等不同人为管理措施的影响较大。土壤耕作方式的选择直接影响土壤酶的活性。王芸等^[38]研究表明,深松加秸秆还田后,土壤脲酶、蔗糖酶活性显著提高,土壤氮及土壤碳的转化也受到显著影响。保护性耕作加秸秆还田能够显著提高土壤微生物量碳和活跃微生物量^[38]。张丽华等^[39]在黄土高原地区的研究表明,免耕结合秸秆覆盖后,土壤纤维素分解菌的数量显著提高,比传统耕作高出39.7%~95.2%;免耕秸秆覆盖土壤微生物量磷,比传统耕作增加29.1%。刘跃光等^[40]研究发现,蚯蚓数量随着对土壤扰动的减少和作物残茬数量的增加而上升。何玉梅等^[41]在黄土高原地区的研究表明,免耕秸秆覆盖能改善土壤真菌群落结构组成,影响土壤真菌群落的多样性和均匀性,有利于有益真菌的大量繁殖。

4 不同耕作方式对作物产量的影响

不同耕作方式引起土壤的物理、化学和生物学性质发生变化,从而对产量产生重要影响。余海英等^[42]研究认为,免耕有利于作物增产,这是由于免耕可降低土壤容重、促进土壤团聚体形成,从而提高土壤蓄水能力和水分利用率,进而促进作物增产。王育红等^[43]研究表明,连续2年深松处理冬小麦比传统耕作平均增产18.8%。方日尧^[44]研究认为,保护性耕作可提高土壤蓄水保墒能力,具有秋雨春用和增产增收的作用。赵亚丽等^[45]研究得出,深松与秸秆还田均可显著增加冬小麦、夏玉米以及周年作物产量。深松和深耕的周

年作物产量分别比常规耕作提高 10.7% 和 9.8%。冬小麦产量分别提高 9.2% 和 10.3%，夏玉米产量分别提高 12.8% 和 9.3%。张向前等^[46]研究发现，玉米产量与土壤中大部分酶活性和微生物数量都有显著相关关系，这是因为酶活性和微生物数量对土壤肥力的影响较大，进而对农作物产量有显著影响。而深松、深耕、秸秆还田等农业管理措施均可提高土壤酶活性，增加土壤微生物量，降低土壤容重等土壤性质，进而可提高农作物产量。张胜爱等^[47]在对耕地连续进行 3 年免耕的试验中得出，免耕措施并未对小麦的产量造成减产，反而仍能保持小麦产量的较高水平。秦嘉海^[48]通过西北地区不同耕作与覆盖措施对玉米农艺性状的研究发现，与传统耕作处理相比，免耕留茬秸秆覆盖与免耕留茬下玉米穗粒数、穗粒重、百粒重均有所增加。

5 问题与展望

不同耕作方式对土壤的物理、化学以及生物学性质产生很大的影响，进而影响到土壤保水、供水性、养分分布和供应，以及作物生长和产量的高低。但不同耕作对土壤的影响又受土壤、气候特征的影响。少耕、免耕等措施在国外的研究中大多表现出良好的效果，但在我国一些地区，尤其是土壤黏重、有机质含量低的地区，改良土壤及增产效果并不明显，甚至由于病虫害的加重造成减产。近几年，我国一些地区的土壤出现耕层变浅（犁底层上移）、表层土壤紧实、结构退化的问题。土壤表现出自控能力下降现象，降水多则涝，降水少则旱；施肥多易倒伏，施肥少则长势差。土壤中水肥资源利用效率低，土壤抵御气候变化的能力下降。针对我国土壤有机质含量低、土壤结构差、水肥调控能力弱的现实，如何把免耕、深松等保护性耕作与传统翻耕、浅耕等有效结合，根据不同地域的气候土壤特征进行合理的耕作组合或轮耕，是生产、科研中急需思考和解决的问题。

参考文献

- [1] 张海林, 高旺盛, 陈阜, 等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(1): 16-20.
- [2] 张飞, 赵明, 张宾. 我国北方保护性耕作发展中的问题[J]. 中国农业科技导报, 2004, 6(3): 36-39.
- [3] 张婧, 张仁陟, 左小安. 保护性耕作对黄土高原农田土壤理化性质的影响[J]. 中国沙漠, 2016, 36(1): 137-143.
- [4] 孔维萍, 成自勇, 张芮, 等. 保护性耕作在黄土高原的应用和发展[J]. 干旱区研究, 2015, 32(2): 240-250.
- [5] 赵如浪, 冯佰利, 蒋树怀, 等. 黄土高原旱地保护性耕作农田土壤团聚体特性变化研究[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(4): 74-79.
- [6] 王改玲, 郝明德, 许继光, 等. 保护性耕作对黄土高原南部地区小麦产量及土壤理化性质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 539-544.
- [7] ASMAMAW D K. A critical review of the water balance and agronomic effects of conservation tillage under rain-fed agriculture in Ethiopia[J]. Land degradation & development, 2017, 28(3): 843-855.
- [8] REICHERT J M, ROSA V T D, VOGELMANN E S. Conceptual framework for capacity and intensity physical soil properties affected by short and long-term (14 years) continuous no-tillage and controlled traffic[J]. Soil & tillage research, 2016, 158: 123-136.
- [9] BAYER C, MARTIN-NETO L, MIELNICZUK J, et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till[J]. Soil & tillage research, 2016, 86(2): 237-245.
- [10] 颜佩凤. 辽西坡耕地不同植物篱对水土流失及土壤养分空间分布的影响[J]. 水土保持应用技术, 2017(2): 4-6.
- [11] 章影, 廖响, 姜庆虎, 等. 丹江口库区土壤侵蚀对土地利用变化的响应[J]. 水土保持通报, 2017, 37(1): 104-111.
- [12] 黄丽芬, 庄恒扬, 刘世平. 长期少免耕对稻麦产量与土壤肥力的影响[J]. 扬州大学学报(自然科学版), 1999, 2(1): 48-52.
- [13] 刘世平, 陈后庆, 聂新涛, 等. 稻麦两熟制不同耕作方式与秸秆还田土壤肥力的综合评价[J]. 农业工程学报, 2008, 25(4): 51-56.
- [14] 李洪勋, 吴伯志. 不同耕作措施对夏玉米土壤结构和养分的影晌[J]. 玉米科学, 2005, 13(3): 91-93.
- [15] MA S Y, YU Z W, SHI Y, et al. Soil water use, grain yield and water use efficiency of winter wheat in a long-term study of tillage practices and supplemental irrigation on the North China Plain[J]. Agriculture water management, 2015, 150(1): 9-17.
- [16] 严洁, 邓良基, 黄剑. 保护性耕作对土壤理化性质和作物产量的影响[J]. 中国农机化, 2006(2): 31-34.
- [17] 赵洪利, 李军, 贾志宽, 等. 不同耕作方式对黄土高原旱地麦田土壤物理性质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 17-21.
- [18] 李娟, 李军, 尚金霞, 等. 轮耕对渭北旱塬春玉米田土壤理化性状和产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(7): 867-873.
- [19] 张志国, 徐琪, BLEVINS R L. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(4): 384-391.
- [20] FERNÁNDEZ-UGALDE O, BESCANSÀ P, BESCANSÀ P, et al. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils[J]. Soil & tillage research, 2009, 106(1): 29-35.
- [21] 王俊, 李凤民, 宋秋华, 等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(2): 205-210.
- [22] 战秀梅, 彭靖, 李秀龙, 等. 耕作及秸秆还田方式对春玉米产量及土壤理化性质的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(3): 204-209.
- [23] 高建华, 张承中. 不同保护性耕作措施对黄土高原旱作农田土壤物理结构的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(4): 192-196.
- [24] 李爱宗, 张仁陟, 王晶. 耕作方式对黄绵土水稳性团聚体形成的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 480-484.
- [25] 程科, 李军, 毛红玲. 不同轮耕模式对黄土高原旱作麦田土壤物理性状的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(18): 3800-3808.
- [26] 郭贤仕, 杨如萍, 马一凡, 等. 保护性耕作对坡耕地土壤水分特性和水土流失的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(4): 1-5.
- [27] SHAVER T M, PETERSON G A, AHUJIA L R. Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management[J]. Soil science society of american journal, 2010, 66(4): 1296-1303.
- [28] 赵君范, 黄高宝, 辛平, 等. 保护性耕作对地表径流及侵蚀的影响[J]. 水土保持通报, 2007, 27(6): 16-19.
- [29] 武际, 郭熙盛, 张祥明, 等. 麦稻轮作下耕作模式对土壤理化性质和作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 87-93.
- [30] 郭晓霞, 刘景辉, 张星杰, 等. 不同耕作方式对土壤水热变化的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2010(5): 11-15.
- [31] 陈继康, 李素娟, 张宇, 等. 不同耕作方式麦田土壤温度及其对气温的响应特征: 土壤温度日变化及其对气温的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2592-2600.
- [32] 周凌云, 周刘宗, 徐梦雄. 农田秸秆覆盖节水效应研究[J]. 生态农业研究, 1996, 4(3): 49-52.
- [33] 徐阳春, 沈其荣, 雷宝坤, 等. 水旱轮作下长期免耕和施用有机肥对土壤某些肥力性状的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 449-552.
- [34] 冯跃华, 邹应斌, 王淑红, 等. 免耕对土壤理化性状和直播稻生长及产量形成的影响[J]. 作物研究, 2004, 18(3): 137-140.
- [35] 王昌全, 魏成明, 李廷强, 等. 不同免耕方式对作物产量和土壤理化性状的影响[J]. 四川农业大学学报, 2001, 19(2): 152-154.
- [36] 张志国, 徐琪, BLEVINS R L. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 384-391.
- [37] 李友军, 黄明, 吴金芝, 等. 不同耕作方式对豫西旱区坡耕地水肥利用与流失的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 42-45.
- [38] 王芸, 韩宾, 史忠强, 等. 保护性耕作对土壤微生物特性及酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 121-123.
- [39] 张丽华, 黄高宝, 张仁陟. 旱作条件下不同覆盖及耕作方式对土壤微生物量磷的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(6): 98-101.
- [40] 刘跃光, 王希昶. 耕作制度对土壤质量及效益的影响[J]. 水土保持科技情报, 2005(5): 30-33.
- [41] 何玉梅, 张仁陟, 张丽华, 等. 不同耕作措施对土壤真菌群落结构与生态特征的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 113-119.
- [42] 余海英, 彭文英, 马秀, 等. 免耕对北方旱作玉米土壤水分及物理性质的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 99-104.

种药剂处理。

表4 6种生物源农药对小蛀果斑螟的田间试验结果

Table 4 Field effect of six bio-pesticides against *Assara exiguella*

药剂 Treatment	浓度 Concentration mg/L	调查总果数 Total number of fruit 个	被害果率 Murder rate of fruit//%	防治效果 Control effect %
0.3%印楝素乳油 0.3% azadirachtin EC	3	1 200	2.00	85.29 a
2.5%鱼藤酮乳油 2.5% rotenone EC	25	1 200	2.60	80.88 b
8 000 IU/mg 苏云金杆菌 1 667 可湿性粉剂 8 000 IU/mg <i>Bacillus thuringiensis</i> WP		1 200	3.00	77.94 c
30%皂烟液剂 30% zaoyan liquid formulation	300	1 200	6.00	55.88 d
10%烟碱液剂 10% nico- tine liquid formulation	200	1 200	7.20	47.06 e
28%茶皂素液剂 28% tea saponin liquid formulation	280	1 200	12.20	10.29 f
清水对照 Water CK	0	1 200	13.60	—

注:同列数据后不同字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences at 0.05 level

3 结论与讨论

室内毒效和田间防治试验均表明,6种生物源农药中,0.3%印楝素乳油和2.5%鱼藤酮乳油对栗实蛾和小蛀果斑螟活性最高、防效最好,田间防效在80%以上;其次为8 000 IU/mg苏云金杆菌可湿性粉剂;而30%皂烟液剂、10%烟碱液剂和28%茶皂素液剂对2种害虫的防效则较低,田间防效均低于70%。

鱼藤酮和印楝素都是生物源农药,具有胃毒和触杀作用,高效、广谱,对环境友好,对人类及动物低毒,对农业生态环境和农产品安全,害虫不易产生抗药性,已被广泛应用于果树、蔬菜、粮食作物、茶叶、花卉等害虫的防治^[17-21]。因此,在生产上防治板栗蛀果害虫时,可使用0.3%印楝素乳油和2.5%鱼藤酮乳油进行喷雾防治,或将其与其他作用方式的低毒杀虫剂配合使用,能有效延缓害虫的抗药性,减少环境污染,保护天敌。同时,要注意鱼藤酮对鱼类高毒,在使用

时要远离小溪、鱼塘等鱼类生存场所,以保护水生生态系统平衡和谐。

参考文献

- [1] 黄汉杰,陈炳旭,孙娟娟,等. 广东板栗主要病虫害及其关键防治技术[J]. 广东农业科学,2000(1):39-41.
- [2] 严晓素,徐志宏,蒋平,等. 浙江省板栗病虫害种类调查及其名录[J]. 浙江林业科技,2005,25(6):40-49.
- [3] OVCHAROV D, DOYCHEV D, DIMITROVA P. Insects feeding on the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Bulgaria [C]//Sustainable management of sweet chestnut ecosystems. Bulgaria; Balkan Regional Workshop,2007:173-182.
- [4] 中国农业科学院果树研究所. 中国果树病虫害志[M]. 北京:中国农业出版社,1992:343-254.
- [5] 赵丰才,汉延龄. 板栗生产实用技术[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1992:170-254.
- [6] 詹根祥,吴德龙. 江西常见板栗害虫田间检索表[J]. 江西果树,1995(4):32-34.
- [7] 冯明祥,窦连登. 板栗病虫害防治[M]. 北京:金盾出版社,2002:12-33.
- [8] 杨彩虹,付香斌,童永强,等. 豫南板栗栗皮夜蛾的生物学特性和防治研究[J]. 信阳市师范学院学报(自然科学版),2006,19(4):419-421.
- [9] 黄汉杰,陈炳旭,吴洪基. 板栗的一种新害虫——小蛀果斑螟[J]. 广东农业科学,2003(3):37-38.
- [10] 陈炳旭,黄汉杰. 小蛀果斑螟的发生与防治技术研究[J]. 华南农业大学学报,2005,26(3):30-33.
- [11] 吴浙东,朱永健,朱国良,等. 板栗桃蛀螟发生与防治试验[J]. 河北果树,1994(4):17-18.
- [12] 陈黄荣,祝华根,童品璋. 氧化乐果涂干防治板栗桃蛀螟[J]. 浙江林业科技,1995,12(3):325-328.
- [13] 贺国印. 板栗主要害虫综合防治实用技术[J]. 陕西林业,1997(3):27-28.
- [14] 李志齐. 板栗主要害虫的发生与防治[J]. 湖南农业,2000(5):13.
- [15] 徐建平,吴利平,洪旗,等. 苏云金杆菌防治板栗桃蛀螟试验[J]. 江苏林业科技,2002,29(5):31-32.
- [16] 余文杰,胡茵青,胡进锋. 噻螨酮与阿维菌素不同配比对橘全爪螨室内毒力测定[J]. 福建果树,2011(3):51-54.
- [17] 谷文祥,曾鑫年,谢建军. 不同温度对毛鱼藤和西非灰毛豆愈伤组织生长的影响[J]. 华南农业大学学报,1999,20(4):125-126.
- [18] 陈小军,杨益众,张志祥,等. 印楝素及印楝杀虫剂的安全性评价研究进展[J]. 生态环境学报,2010,19(6):1478-1484.
- [19] 张婕妤. 有机杀虫剂双氢鱼藤酮对人浆细胞的促凋亡作用及其机理研究[D]. 苏州:苏州大学,2013.
- [20] 雷世鸣. 2.5%鱼藤酮乳油防治黄守瓜药效研究[J]. 现代农业科技,2016(16):100-101.
- [21] 徐汉虹,赖多,张志祥. 植物源农药印楝素的研究与应用[J]. 华南农业大学学报,2017,38(4):1-11,133.

(上接第146页)

- [43] 王育红,姚宇卿,吕军杰,等. 豫西旱坡地高留茬深松对冬小麦生态效应的影响[J]. 中国生态农业学报,2004,12(2):146-148.
- [44] 方日尧. 渭北旱原不同保护性耕作制度技术研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [45] 赵亚丽,郭海斌,薛质伟,等. 耕作方式与秸秆还田对土壤微生物数量、酶活性及作物产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(6):

1785-1792.

- [46] 张向前,黄国勤,卜新民,等. 间作对玉米品质、产量及土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 生态学报,2012,32(22):7082-7090.
- [47] 张胜爱,马吉利,崔爱珍,等. 不同耕作方式对冬小麦产量及水分利用情况的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(1):110-113.
- [48] 秦嘉海. 免耕留茬秸秆覆盖对河西走廊荒漠化土壤改土培肥效应的研究[J]. 土壤,2005,37(4):447-450.

本刊提示 文稿题名下写清作者及其工作单位名称、邮政编码;第一页地脚注明第一作者简介,格式如下:“作者简介:姓名(出生年—),性别,籍贯,学历,职称或职务,研究方向”。

《安徽农业科学》是全国为数不多各大数据库同时收录的农业刊物之一。面向全国,融学术性、指导性于一体,既刊登作物育种与栽培、植物保护、土壤肥料、园艺、林业、蚕桑、烟草、茶叶、畜牧兽医、水产及其他农业相关科学的研究报告、综述、研究简报;也发表农业经济、农业科技管理、农业发展战略及农业产业化等方面的研究论文、调查报告和对策性文章等。