

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240613003

黄芪中农药残留现状及风险评估研究进展

胡利喆^{1,2}, 胡丹玲^{1,2}, 王星宇¹, 戴小枫¹, 陈捷胤¹, 孙永伟^{2*}, 孔志强^{1*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193; 2. 内蒙古大学生命科学学院, 呼和浩特 010021)

摘要: 黄芪作为药食两用的传统中药, 是中医药治疗和食品加工的主要原材料。近些年, 随着社会的发展和人民保健意识的增强, 黄芪需求不断增长, 野生黄芪资源难以满足市场需求, 人工种植是目前黄芪的主要来源。在种植过程中, 由于农药的不合理使用, 导致中药材中农药残留现象时有发生。因此, 本文针对黄芪中农药登记进展、农药残留现状、限量标准制修订情况、风险评估以及农药残留检测样品前处理技术进行系统综述, 以期药食同源产品农药残留相关标准制修订提供参考, 为黄芪绿色高效生产提供技术支撑。

关键词: 黄芪; 药食同源; 农药残留; 风险评估

Research progress on pesticide residues and risk assessment in *Astragalus membranaceus*

HU Li-Zhe^{1,2}, HU Dan-Ling^{1,2}, WANG Xing-Yu¹, DAI Xiao-Feng¹,
CHEN Jie-Yin¹, SUN Yong-Wei^{2*}, KONG Zhi-Qiang^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

2. College of Life Sciences, Inner Mongolia University, Huhehot 010021, China)

ABSTRACT: *Astragalus membranaceus*, as a traditional Chinese medicine used for both medicinal and food purposes, is a major raw material for traditional Chinese medicine treatment and food processing. In recent years, with the development of society and the enhancement of people's awareness of health care, the demand for *Astragalus membranaceus* has shown a growing trend, and it is difficult to meet the market demand by relying only on the wild *Astragalus membranaceus* resources, therefore, the main source of *Astragalus membranaceus* is artificial cultivation. In the process of planting, due to the irrational use of pesticides, the phenomenon of pesticide residues in Chinese medicinal materials often occurs. This paper provided an overview of pesticide registrations, pesticide residues in *Astragalus membranaceus*, domestic limit standards, risk assessment, and pesticide residue detection sample pretreatment techniques, and made recommendations, so as to provide reference for the government to formulate relevant *Astragalus membranaceus* pesticide residue policies and standards, so as to contribute to the enhancement of the quality and safety of *Astragalus membranaceus* and the development of *Astragalus membranaceus* industry.

KEY WORDS: *Astragalus membranaceus*; food and medicine homology; pesticide residues; risk assessment

基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-21)

Fund: Supported by the China Agriculture Research System of Ministry of Finance and Ministry of Agriculture and Rural Affairs (CARS-21)

*通信作者: 孙永伟, 博士, 副教授, 主要研究方向为分子生物学研究。E-mail: sunyongwei@imu.edu.cn

孔志强, 博士, 副研究员, 主要研究方向为中药质量安全评价研究。E-mail: kongzhiqiang@caas.cn

*Corresponding author: SUN Yong-Wei, Ph.D, Associate Professor, College of Life Sciences, Inner Mongolia University, No.24 Zhaogun Road, Yuquan District, Hohhot 010021, China. E-mail: sunyongwei@imu.edu.cn

KONG Zhi-Qiang, Ph.D, Associate Professor, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences No.2 Yuanmingyuan West Road, Haidian District, Beijing 100193, China. E-mail: kongzhiqiang@caas.cn

0 引言

黄芪原名黄耆，又名戴椹、戴糝、百草，是豆科植物蒙古黄芪 [*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao] 或膜荚黄芪 [*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge.] 的干燥根^[1]。作为我国著名的大宗药材，药用历史十分悠久，始载于《神农本草经》中，被列为上品^[2]，素有“十药八芪”的美称。黄芪作为一种重要的传统补益类中药，既有调节免疫^[3]、抗氧化^[4]、抗炎、抗病毒^[5]、降血糖等多种药用价值^[6]，又可以当做食物被加工为保健饮料，保健茶和功能性酸奶^[7]，因此在临床应用和食品保健领域都得到了广泛的应用。

2023 年 11 月国家卫生健康委发布的《关于党参等 9 种新增按照传统既是食品又是中药材的物质公告》中，黄芪被正式纳入药食同源的名单中。由于黄芪药食两用的特性，使得近些年黄芪的需求日趋增加，有调查显示，仅 2022 年上半年，我国黄芪消费量就高达 7.54 万 t^[8]。野生黄芪已难以满足市场需求，目前市场上的黄芪主要以人工种植为主。黄芪在种植过程中常常面临着不同病虫害的侵袭，常见的病害有根腐病、白粉病、立枯病^[9-11]等，虫害主要有蚜虫、黄芪种子蜂、豆野螟^[12]等。农药作为作物病虫害防治的重要手段，在提高作物产量和品质方面起着重要作用。然而，由于当前中药材中农药登记产品缺乏，农药的盲目和不合理使用使得黄芪农药残留问题愈发严重。农药的污染不仅给环境造成危害还会影响人类健康，例如有机磷农药可以损害人体的神经系统，而一些有机氯农药的超标则会损伤人体的肝脏，影响儿童的生长。因此，农药残留问题已经越来越引起人们的广泛关注。

本文从黄芪中农药登记使用情况、农药残留情况、农药残留分析检测方法、农药残留标准体系建设和风险评估等方面进行综述，以期对黄芪种植过程中农药的规范使用和保障黄芪的质量安全提供借鉴和参考。

1 黄芪中农药登记进展

农药登记对加强我国农药管理，确保我国农药使用的科学性、有效性和安全性，保证我国农产品和生态环境安全具有重要作用^[13]。截止 2024 年 6 月 1 日，黄芪在中国

农药信息网上^[14]登记的农药类别共有 3 种，登记的农药产品共 47 个。登记农药的详细信息如表 1 所示，3 种农药均为单剂，其中戊唑醇登记数量较多，占登记农药产品的 55.3%，而吡虫啉登记数量较少，仅占登记农药产品 17%。总体来看，目前我国在黄芪上登记的农药种类和数量相对有限，且由于农药的获取途径广泛，一些尚未在黄芪上登记的农药还在使用，使得我国在农药上的统一管理仍然存在困难。

2 黄芪中农药残留现状

目前，我国仍然是全球最大的农药生产和使用国之一^[15-16]，据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)在 2020 年公布的全球农药用量数据表明，中国农药使用量已达 27 万 t，占全球农药使用量的 10%，排在世界第 3 位。农药的过量使用必然导致部分农药会进入到环境中，造成环境和人体污染^[17]。农药残留问题已经成为影响黄芪质量安全问题的主要因素之一，对此国内的学者们针对黄芪中农药残留情况开展了长期的监测和研究。王智民等^[18]对来自我国内蒙古和甘肃的 82 份黄芪样品进行了 33 种禁用农药的含量检测，其中有 6 份黄芪样品检测到甲基异柳磷，检出量在 20~140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。甲基异柳磷作为一种高毒性农药，具有神经毒性，能刺激人体的中枢神经系统，严重时还能致癌、致畸、致突变^[19]，因此在《中华人民共和国农业部公告第 199 号》和 2020 版中国药典中均规定此类农药不得在中药材上检出(不得超过定量限)；崔丽丽等^[20]从内蒙古黄芪种植区的 12 份鲜黄芪样品中共检出 α -六六六、 β -六六六、 γ -六六六 3 种农药，检出量在 11~13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，该检测结果与孟辉等^[21]对丹东市黄芪中 8 种有机氯农药的检测结果相类似。六六六和滴滴涕作为最早投入中药材生产种植的有机氯类农药，虽然我国早在 1983 年起就相继出台了禁止生产和使用有机氯农药的相关规定，但由于其化学结构稳定，很难降解，所以在中药材上残留情况时有发生^[22]；王倩等^[23]对河南省食品药品检验所提供的 6 批黄芪饮片进行了 69 种农药残留检测，其中有 3 批黄芪检测到杀虫脒和氯菊酯，检出量在 17.1~117.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。部分黄芪中农药残留情况见表 2。

表 1 我国黄芪农药登记基本情况

Table 1 Basic information of pesticide registration of *Astragalus membranaceus* in China

农药名称	登记数量/个	剂型	农药类别	毒性	施用方法	防治对象	推荐使用剂量
戊唑醇	26	悬浮剂	杀菌剂	低毒	喷雾	白粉病	15~20 mL/亩
阿维菌素	13	微乳剂	杀虫剂	中等毒	灌根	根结线虫	400~600 mL/亩
吡虫啉	8	可湿性粉剂	杀虫剂	低毒	喷雾	蚜虫	20~30 g/亩

表 2 不同检测技术检测黄芪中农药残留情况
Table 2 Detection of pesticide residues in *Astragalus membranaceus* by different detection techniques

检测技术	检测内容	残留农药	残留量 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	检出限 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	定量限 /($\mu\text{g}/\text{kg}$)	文献
GC-MS/MS	100 种有机磷农药	ND	-	-	5~10	[24]
GC-MS/MS	6 种农药	ND	-	3	10	[25]
GC-MS/MS LC-MS/MS	33 种禁用农药	甲基异柳磷	20~140	GC-MS/MS (6~15) LC-MS/MS (0.03~1)	GC-MS/MS (20~100) LC-MS/MS (20~100)	[18]
GC-MS/MS	19 种禁用农药	甲基异柳磷	<20	-	10~50	[26]
GC-MS	21 种农药	α -硫丹	0.3~1.5	0.2~10.6	10	[27]
GC-MS	16 种农药	α -六六六、 β -六六六、 γ -六六六	11~13	1~11	2~35	[20]
GC-MS/MS	69 种农药	杀虫脒、氯菊酯	17.1~117.4	0.5~4	1.7~13.3	[23]
HPLC-MS/MS	25 种有机磷杀虫剂	ND	-	-	2~120	[28]
GC-ECD	8 种有机氯农药	γ -666、 δ -666、 o'p'-DDT	2~9	0.4~4	-	[21]
GC-Q-TOF/MS	27 种除草剂	ND	-	2.2~23.9	-	[29]
GC-ECD	9 种有机氯农药	六六六、五氯硝基苯	1~50	0.061~0.175	-	[30]
GC-ECD	毒杀芬	ND	-	5	50	[31]
GC-FPD	41 种有机磷农药	ND	-	0.9~22.5	3~75	[32]
UPLC-MS/MS	25 种有机磷农药	ND	-	0.2~25	2~120	[33]
LC	4 种有机氮农药	ND	-	1.2×10^{-11} ~ 5.3×10^{-10}	-	[34]
GC-MS/MS	42 种农药	α -硫丹、对硫磷、甲 基对硫磷、硫环磷、 氯氰菊酯、氰戊菊酯	8~403	2~10	5~30	[35]

注释: ND 表示未检出; -表示文献中没有提供; GC (gas chromatography)表示气相色谱法; LC (liquid chromatography)表示液相色谱法; LC-MS/MS (liquid chromatography-tandem mass spectrometry)表示液相色谱-串联质谱法; GC-MS/MS (gas chromatography-tandem mass spectrometry)表示气相色谱-串联质谱法; GC-ECD (gas chromatography electron capture detector)表示气相色谱-串联电子捕获检测器法; GC-FPD (gas chromatography flame photometric detector)表示气相色谱-串联火焰光度检测器法。

3 黄芪中农药残留检测样品前处理技术

在黄芪农药残留检测过程中由于其复杂的基质及农药种类和理化性质的多样性,常常会给农药残留检测带来困难,而样品前处理技术是消除复杂基质中干扰物质和将农药残留浓缩到低浓度的关键,因此样品前处理技术是黄芪农药残留检测中重要的组成部分。合理的样品前处理方法将极大的提高检测结果的灵敏度和准确度。目前黄芪中农药残留分析常用的前处理方法主要有固相萃取法(solid-phase extraction, SPE)、超临界流体萃取(supercritical fluid extraction, SFE)和 QuEChERS 法。

3.1 固相萃取法

固相萃取法是利用具有高选择性吸附能力的固体材料来提取被分析物或去除样品基质中的干扰物质的一种方法。该方法具有回收率高,重现性好,适用范围广,可同时快速完成样品的富集与净化等优点。例如常利民等^[27]利用装有亲水亲油平衡材料固相萃取柱和气相色谱串联质谱结合建立了测定黄芪中 19 种禁用农药的检测方法,结果表

明,该方法在 0.003~0.200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的浓度范围内线性关系良好,添加回收率在 61.9%~115.1%,相对标准偏差在 1.0%~9.6%之间,说明固相萃取法在保证净化效果的同时,能够满足黄芪中禁用农药残留测定的需求。

3.2 超临界流体萃取

超临界流体萃取是利用超临界流体作为萃取剂将待测物从固体或者半固体样品中分离出来的技术。超临界流体萃取的应用克服了液相萃取法中大量使用有机溶剂污染环境缺点,迄今为止,二氧化碳已被认为是从固体中提取各种农药最广泛使用的超临界流体。李欢欣等^[25]利用超临界流体萃取法建立了黄芪中 12 种有机氯农药的检测方法,该方法添加回收率在 74.0%~104.7%,相对标准偏差在 0.75%~5.7%之间,方法性能良好,可以为根茎类中药材质量检测和控制提供依据。

3.3 QuEChERS 法

以快速(quick)、简便(easy)、经济(cheap)、有效(effective)、耐用(rugged)及安全(safe)为名的 QuEChERS 方法已经逐步成为当前黄芪农药检测前处理方法的首选。与

传统的前处理方法相比, QuEChERS 方法的步骤更为便捷, 成本低, 更经济实用。如何旭峰等^[24]基于 QuEChERS 的前处理方法建立了包括黄芪在内的 5 种中药材的 100 种有机磷农药的检测方法, 该方法分析速度快、分离效率高、灵敏度高, 同时可以对其他中药材中有机氯类农药残留测定提供参考和中药材质量安全监督提供技术保障。田丽等^[36]对传统的 QuEChERS 方法进行优化, 采用 1%冰醋酸溶液和乙腈溶液对样品提取后再用无水硫酸镁 600 mg, N-丙基乙二胺 200 mg, 十八烷基硅烷键合硅胶 200 mg 和硅胶 200 mg 混合净化材料净化。该方法可对黄芪中 42 种农药残留进行检测。

4 黄芪中农药残留标准体系建设

4.1 国内农药残留限量标准

中药材中农药残留标准体系的制定, 对完善中药材中农药残留监管体系具有重大意义, 同时也是保证中药材用药安全的重要举措^[37]。当前, 国内在黄芪上的农药残留限量标准主要有 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》、《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)和 WM/T2—2004《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》, 以及一些黄芪的道地产区制定的地方标准。

GB 2763—2021 是我国农业农村部、国家市场监督管理总局和卫生健康委员会共同发布并统一规定的食品中农药最大残留限量(maximum residue limit, MRL)的强制性国家标准^[38]。最新实施的 GB 2763—2021 中对枸杞、人参等 9 种药食两用的中药材中的 56 种农药的 MRL 做了进一步的补充规定, 但不包含黄芪。因此, 黄芪的限量标准按照 GB 2763—2021 中对药用植物统一规定的 43 种农药的 MRL 执行, 具体信息如表 3 所示。《中国药典》是由国家药品监督管理局会同国家卫生健康委员会共同审批颁布施行。在 2010 版《中国药典》中, 首次对黄芪中有机氯农药(六六六、滴滴涕、五氯硝基苯)的 MRL 进行规定。在最新发布的 2020 版《中国药典》中新增了药材及饮片上 33 种禁用农药的限量标准, 具体信息如表 4 所示。WM/T2—2004 是由中华人民共和国商业部发布的, 是我国药用植物及制剂在对外经济贸易活动中的重要质量标准之一。该标准规定了药用植物原料、饮片、提取物、制剂中 4 种农药残留的限量标准, 其中六六六、滴滴涕、五氯硝基苯的 MRL 为 0.1 mg/kg, 而艾氏剂的 MRL 为 0.02 mg/kg。此外, 各地方根据当地实际情况也对黄芪中农药残留限量做了规定, 例如黑龙江省卫生健康委员会分别对干制黄芪茎叶和干制黄芪花中农药残留限量做了规定, 其他地方标准信息详情如表 5 所示。综上所述, 我国关于黄芪农药残留限量标准的规定尚不完善, 涉及的农药种类还较少, 加快建立和完善我国黄芪农药残留标准体系刻不容缓。

表 3 GB 2763—2021 中关于药用植物中农药最大残留限量的规定
Table 3 Regulations on maximum residue limits of pesticides in medicinal plants in GB 2763—2021

农药名称	最大残留限量/(mg/kg)
草枯醚、草芽畏、毒虫畏、毒菌酚、二溴磷、氟除草醚、格螨酯、庚烯磷、环满酯、甲拌磷、甲氧滴滴涕、氯酞酸甲酯、茅草枯、灭螨醌、杀虫畏、特乐酚、戊硝粉、烯虫炔酯、烯虫乙酯、消螨酚、茚草酮、氯酞酸	0.01
巴毒磷、丙酯杀螨醇、丁硫克百威、甲磺隆、甲基异柳磷、克百威、三氯杀虫螨、溴甲烷胺苯磺隆、乐果、乐杀螨、硫丹、氯苯甲醚、氯磺隆、灭草环、三氟硝草醚、杀扑磷、抑草蓬、乙酰甲胺磷、乙酯杀虫螨、速灭磷	0.02
	0.05

表 4 2020 版中国药典关于中药材中 33 种禁用农药规定
Table 4 Provisions of the 2020 edition of the Chinese pharmacopoeia on 33 kinds of banned pesticides in Chinese herbal medicines

农药种类	农药名称	最大残留限量/(mg/kg)
有机磷类	甲胺磷	0.05
	甲基对硫磷	0.02
	对硫磷	0.02
	久效磷	0.03
	磷胺	0.05
	苯线磷	0.02
	地虫硫磷	0.02
	硫线磷	0.02
	蝇毒磷	0.05
	治螟磷	0.02
	特丁硫磷	0.02
	甲拌磷	0.02
	甲基异柳磷	0.02
	内吸磷	0.02
灭线磷	0.02	
有机氯类	水胺硫磷	0.05
	硫环磷	0.03
	甲基硫环磷	0.03
	氯唑磷	0.01
	六六六	0.10
	滴滴涕	0.10
磺酰脲类	艾氏剂	0.05
	狄氏剂	0.05
	三氯杀螨醇	0.20
	硫丹	0.05
氨基甲酸酯类	氯磺隆	0.05
	胺苯磺隆	0.05
苯基吡唑类	甲磺隆	0.05
	克百威	0.05
脘类	涕灭威	0.10
	氟虫腈	0.02
醚类	杀虫脒	0.02
	除草醚	0.05

4.2 国际农药残留限量标准

国外关于黄芪中农药最大残留限量主要以各国药典中对中药材农药残留限量标准为主, 常见的有《欧洲药典》《美国药典》《英国药典》《韩国药典》《日本药典》等。《欧洲药典》(European Pharmacopoeia, EP8.0)和《美国药典》(United States Pharmacopoeia, UPS38)是目前世界上中药材农药残留限量最多的标准^[39], 均制定了包括有机磷、有机氯和拟除虫菊酯类等在内的 70 项共计 105 种农药残留的最大限量标准; 《日本药典》中收录的生药相对完善, 但涉及的农药种类太少仅规定总滴滴涕和总六六六的最大残留量为 0.2 mg/kg; 韩国食药局颁布的《韩国药典》和《韩国草药典》对 500 多种药用植物的质量标准进行规定, 在亚洲国家的药典中比较实用, 对我农药残留标准的制定有一定参考意义; 《英国药典》中对于中药材中农药残留限量的规定相对粗略, 仅规定有机氯农药的最大限量为 0.05 mg/kg, 其他农药的限制为 0.5 mg/kg 或 1.0 mg/kg。

5 黄芪中农药残留风险评估的研究进展

风险评估是指对人类由于接触危险物质而对健康具

有已知或可能的严重不良作用的科学评估^[40]。以风险评估为科学依据, 能够更加全面、有效看待黄芪农药残留安全问题^[41]。目前, 黄芪中农药残留风险评估方式以膳食暴露风险评估为主。慢性膳食风险评估和急性膳食风险评估可以直观的反映短期和长期摄入农药的暴露风险。例如郝佳伟等^[42]对黄芪豆蚜杀虫剂氟啶虫酰胺和除虫菊素进行膳食摄入风险评估, 结果表明当使用 10%氟啶虫酰胺水分散粒剂和 1.5%除虫菊素水乳剂在黄芪上施用 1 次时, 安全间隔期为 21 d, 不会对一般人群造成膳食摄入风险。闫研等^[43]对陈皮、栀子、白芷、当归、金银花等 9 种药食同源中药材中的 15 种有机磷类农药进行急性和慢性膳食风险评估, 发现急性与慢性膳食风险评估结果均在可接受范围内, 但由于药食同源中药材应用广泛, 势必会使农残累积风险加重, 对中药材质量造成影响, 需要引起注意。肖欧丽^[44]通过对枸杞不同加工过程后 5 种杀虫剂的农药残留进行不同人群膳食风险评估, 通过评估发现慢性和急性膳食风险评估在儿童和成人均在可接受范围内, 但对于儿童来说急性膳食风险是成人的 4 倍, 表明需要对儿童等特殊人群的农药残留膳食安全进行重视。

表 5 其他地方标准关于黄芪中农药最大残留限量标准规定

Table 5 Other local standards on the maximum residue limits of pesticides in *Astragalus membranaceus* standard provisions

地方标准名称	地方标准编号	地方标准来源	最大残留限量/(mg/kg)
食品安全地方标准 黄芪	DBS62/008—2021	甘肃省卫生健康委员会	指标应符合 GB 2763—2021 及国家规定
食品安全地方标准 子洲黄芪	DBS61/0023—2022	陕西省卫生健康委员会	应符合 GB 2763—2021 对根茎类蔬菜的规定
食品安全地方标准 黄芪	DBS63/00015—2021	青海省卫生健康委员会	指标应符合 GB 2763—2021 相关规定
食品安全地方标准 干制黄芪茎叶	DBS23/007—2019	黑龙江省卫生健康委员会	六六六 \leq 0.2、滴滴涕 \leq 0.2、噁草酯 \leq 1
食品安全地方标准 干制黄芪花	DBS23/006—2019	黑龙江省卫生健康委员会	六六六 \leq 0.2、滴滴涕 \leq 0.2、
地理标志产品 子洲黄芪	DB61/T 1004—2015	陕西省质量技术监督局	应符合《中华人民共和国药典》相关规定
有机黄芪	T/NAIA 0204—2023	宁夏化学分析测试协会	甲胺磷、甲基对硫磷、对硫磷、久效磷、磷胺、六六六、滴滴涕、杀虫脒、除草醚、艾氏剂、狄氏剂、苯线磷、地虫硫磷、硫线磷、蝇毒磷、治螟磷、特丁硫磷、氯磺隆、胺苯磺隆、甲磺隆、甲拌磷、甲基异柳磷、内吸磷、克百威、涕灭威、灭线磷、氯唑磷、水胺硫磷、硫丹、氟虫腈、三氯杀螨醇、硫环磷、甲基硫环磷、五氯硝基苯, 不得检出 总六六六(α -六六六、 β -六六六、 γ -六六六、 δ -六六六之和) \leq 0.2、总滴滴涕(pp'-滴滴伊、pp'-滴滴滴、op'-滴滴涕、pp'-滴滴涕之和) \leq 0.2、五氯硝基苯 \leq 0.1
子洲黄芪药材质量等级标准	T/CACM 1329.2—2020	中华中医药学会	

6 总 结

黄芪作为我国重要的药食同源的中药材之一, 是许多经典方剂中常用的药材, 其疗效明确、应用广泛, 被列为国家三级保护植物。当下, 随着“健康中国”战略的深入

推进, 我国对优质黄芪的需求持续增加, 黄芪中的农药残留问题备受关注, 黄芪的质量安全品质已经成为关注的热点。然而, 目前我国在黄芪上登记的农药种类仍然较少, 农药残留限量标准还不够完善, 黄芪中农药残留问题普遍存在, 虽然大多数农药的检出含量在安全范围内, 但依然

有部分农药残留超过 MRL, 需引起注意。

7 展望

7.1 完善黄芪药材的农药登记

目前在黄芪上登记的农药种类匮乏, 农药登记相对滞后, 使得农药在种植黄芪的过程中常常因为“无药可选”而被动选用一些在其他作物上登记的农药产品, 同时由于缺乏科学、合理的用药理论指导, 药农们在黄芪种植过程中的“乱用药, 滥用药”现象普遍存在, 对黄芪的质量安全构成风险的同时也使得黄芪中农药监测工作困难。因此, 本研究参考人参^[45]、枸杞^[46]、金银花^[47]、三七^[48]等中药材的登记现状, 对黄芪中农药登记现状提出以下建议, 以期望为完善黄芪农药产品登记, 保障绿色、安全的黄芪生产和降低农药残留污染提供指导。(1)建议政府部门加大科学用药的宣传和培训, 定时邀请专家和学者做专题讲座, 提高药农科学用药的意识。(2)建议各农药企业之间要加强合作并开展联合实验, 要明确不同类型农药的科学使用剂量和安全间隔期, 为农药的科学合理使用提供理论指导。(3)建议相关的研发机构和企业, 要重视农药的有效成分, 多开发持效时间长, 防治谱广的混剂产品。(4)建议政府部门尽可能的简化农药登记的流程, 缩短登记周期, 降低登记成本。对于一些药效明显、毒性低、残留低的农药以及微生物类的农药产品可以优先登记。

7.2 完善黄芪农药残留标准和制度。

当前我国关于黄芪的农药残留标准和风险评估及评价体系还不健全。由于标准不健全而形成的黄芪出口贸易壁垒仍然存在, 黄芪的农药残留问题是影响我国黄芪进出口的关键因素之一, 因此要针对黄芪出台相应的与国际化接轨的农药残留标准, 打破由于标准不健全而形成的出口贸易壁垒势在必行。目前 GB 2763—2021 制定的农药残留限量对于控制黄芪农药残留风险还远远不够, 由于黄芪药食两用的特性, 建议未来黄芪风险评估及评价体系的完善可以借鉴《食品中农药残留风险评估指南》中的思路, 此外, 黄芪还属于根茎类药材, 因此建议在后续关于黄芪农药残留国家标准的修订过程中可以参考人参、西洋参^[49-50]等根茎类药材的限量标准。

7.3 建立高效、快速、便携的农药残留监测技术。

农药残留分析关乎黄芪安全和人类健康, 传统的色谱质谱技术虽然具有灵敏度高、准确性好等优点, 但存在仪器设备昂贵、样品前处理较烦琐且需要专业的技术人员操作等不足, 无法满足低成本检测与快速实时检测的实际需求, 而近几年发展起来的快速检测技术在黄芪上的应用还相对较少。因此, 不断开发新型高效的农药检测技术, 完善黄芪中农药残留的检测方法, 对保证黄芪产品的质量和安全, 并促进黄芪产业的可持续发展有重要意义。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
China Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: One [M]. Beijing: China Pharmaceutical Science and Technology Press, 2020.
- [2] 王哲, 马定财, 王毛毛, 等. 黄芪及其活性成分防治阿尔茨海默病机制研究进展[J]. 中草药, 2024, 55(6): 2094-2100.
WANG Z, MA DC, WANG MM, *et al.* Research progress on mechanism of *Astragal Radix* and its active ingredients in prevention and treatment of Alzheimer's disease [J]. *Chin Tradit Herb Drug*, 2024, 55(6): 2094-2100.
- [3] ZHENG YJ, REN WY, ZHANG LN, *et al.* A review of the pharmacological action of astragalus polysaccharide [J]. *Front Pharmacol*, 2020, 11: 349.
- [4] YAO J, PENG T, SHAO C, *et al.* The antioxidant action of *Astragali radix*: Its active components and molecular basis [J]. *Molecules*, 2024, 29(8): 1-23.
- [5] LI C, HU M, JIANG S, *et al.* Evaluation procoagulant activity and mechanism of astragalosin [J]. *Molecules*, 2020, 25(1): 177.
- [6] LI RY, HU R, HUANG Y, *et al.* Astragalus polysaccharide alleviates polycystic ovary syndrome by reducing insulin resistance and oxidative stress and increasing the diversity of gut microbiota [J]. *Endocrine*, 2023, 83(3): 783-797.
- [7] 奚佳玉, 苏圆锦, 赵鲲鹏, 等. 黄芪药食同源的研究进展[J]. 华西药学杂志, 2023, 38(6): 718-724.
XI JY, SU YJ, ZHAO KP, *et al.* Research progress in medicinal and homologous of *Astragali radix* [J]. *West China J Pharm Sci*, 2023, 38(6): 718-724.
- [8] 李明泽, 李国锋, 黄玉龙, 等. 黄芪活性成分生理功能及在食品中的应用研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(13): 398-407.
LI MZ, LI GF, HUANG YL, *et al.* Research progress on physiological function of active components of *Astragalus* and their application in food [J]. *Food Ferment Ind*, 2024, 50(13): 398-407.
- [9] QI HX, DUAN XM, XU WH. First report disease of *clonostachys rosea* causing root rot on *Astragalus membranaceus* in China [J]. *Plant Dis*, 2022, 106(6): 1752.
- [10] WANG CB, JIANG N. First report of *Erysiphe astragali* causing powdery mildew on *Astragalus strictus* in Tibet, China [J]. *Australas Plant Pathol*, 2023, 52: 207-214.
- [11] 陈爱昌, 王艳霞, 漆永红, 等. 蒙古黄芪苗期立枯病害及其病原菌鉴定[J]. 农学报, 2021, 11(9): 11-14.
CHEN AIC, WANG YX, QI YH, *et al.* Identification of rhizoctonia solani and Its pathogen in *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* seedling stage [J]. *J Agric*, 2021, 11(9): 11-14.
- [12] 王引来, 夏建红, 贾萍, 等. 陇西县黄芪制种田病虫害与用药情况调查[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(7): 83-85, 92.
WANG YL, XIA JH, JIA P, *et al.* Investigation on diseases, pests and pesticide use in *Astragalus membranaceus* seed production field in Longxi County [J]. *Chin Plant Prot*, 2023, 43(7): 83-85, 92.
- [13] 肖欧丽, 李敏敏, 李瑞理, 等. 中药材中农药残留现状及标准体系建设研究进展[J]. 植物保护, 2022, 48(5): 1-14.
XIAO OL, LI MM, LI RX, *et al.* The status quo of pesticide residues in Chinese medicinal materials and the construction of a standard system [J]. *Plant Prot*, 2022, 48(5): 1-14.
- [14] 中国农药信息网. 农药登记数据[DB/OL]. [2023-10-17]. <http://www.>

- chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml
China Pesticide Information Network. Pesticide registration data [DB/OL]. [2023-10-17]. <http://www.chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml>
- [15] PAN YX, REN YX, LUN P. Factors influencing Chinese farmers' proper pesticide application in agricultural products-A review [J]. Food Control, 2021, 122: 107788.
- [16] LI CJ, ZHU HM, LI CY, *et al.* The present situation of pesticide residues in China and their removal and transformation during food processing [J]. Food Chem, 2021, 354: 129552.
- [17] NEDELJKA R, JOANNE B, MEGAN L, *et al.* The impact of pesticides on local waterways: A scoping review and method for identifying pesticides in local usage [J]. Environ Sci Policy, 2020, 106: 12–21.
- [18] 王智民, 翁玉萍, 肖佳佳, 等. 黄芪中禁用农药残留检测研究[J]. 亚太传统医药, 2024, 20(1): 61–68.
WANG ZM, WENG YP, XIAO JJ, *et al.* Determination research of prohibited pesticides in *Astragalus radix* [J]. Asia-Pacif Tradit Med, 2024, 20(1): 61–68.
- [19] 牛佳钰, 肖纯凌. 有机磷农药的残留危害及检测方法研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(16): 87–89.
NIU JY, XIAO CL. Detection method and residual damage of organophosphorus pesticide [J]. J Anhui Agric Sci, 2016, 44(16): 87–89.
- [20] 崔丽丽, 朴向民, 冯志伟, 等. 多壁碳纳米管 QuEChERS/气相色谱-质谱联用法快速检测黄芪中 16 种农药[J]. 分析测试学报, 2020, 39(8): 1034–1039.
CUI LL, PIAO XM, FENG ZW, *et al.* Determination of 16 pesticides in *Astragalus membranaceus* by multi-walled carbon nanotubes QuEChERS/gas chromatography-mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2020, 39(08): 1034–1039.
- [21] 孟辉, 刘晨明. 中药材黄芪中农药残留量检测方法研究[J]. 辽东学院学报(自然科学版), 2009, 16(1): 23–26.
MENG H, LIU CM. Determination of organochlorine pesticide residues in *Astragalus* [J]. J Liaodong Univ (Nat Sci), 2009, 16(1): 23–26.
- [22] 杨昌贵, 周涛, 张小波, 等. 中药材农药残留现状分析与安全保障建议[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(6): 1421–1426.
YANG CG, ZHOU T, ZHANG XB, *et al.* Pesticide residues in Chinese medicinal materials and suggestions for safety [J]. China J Chin Mater Med, 2022, 47(6): 1421–1426.
- [23] 王倩, 朱艳春, 李婷婷, 等. GC-MS/MS 法同时测定白芍、黄芪、猫爪草和山茱萸中 69 种农药的残留量[J]. 中国药房, 2019, 30(20): 2829–2834.
WANG Q, ZHU YC, LI TT, *et al.* Determination of 69 kinds of pesticide residues in *Paeonia tactiflora*, *Astragalus membranaceus*, *Ranunculus ternatus* and *Cornus officinalis* by GC-MS/MS [J]. China Pharm, 2019, 30(20): 2829–2834.
- [24] 何旭峰, 肖琦, 朱泽兵, 等. GC-MS/MS 法测定 5 种中药材中 100 种有机磷农药的残留量[J]. 华西药学杂志, 2023, 38(6): 687–694.
HE XF, XIAO Q, ZHU ZB, *et al.* Determination of 100 types of organophosphorus pesticide residues in five traditional Chinese medicines by GC-MS/MS [J]. West China J Pharm Sci, 2023, 38(6): 687–694.
- [25] 李欣欣, 赵春杰, 沈艳霞. 超临界流体萃取法净化黄芪中有机氯农药的研究[J]. 中国药理学杂志, 2005(17): 1335–1338.
LI HH, ZHAO CJ, SHENG YX. Purification of organochlorine pesticides in *Astragalus membranaceus* by supercritical fluid extraction [J]. Chin Pharm J, 2005(17): 1335–1338.
- [26] 张春萍, 郭舒岗, 张蕤, 等. 三重四级杆串联气相色谱-质谱联用仪检测黄芪中 6 种农药残留[J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(18): 2210–2213.
ZHANG CP, GUO SG, ZHANG R, *et al.* Detection of six pesticide residues in *Astragalus* by triple quadrupole gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Health Lab Technol, 2023, 33(18): 2210–2213.
- [27] 常利民, 汪春明, 施鹏飞, 等. 气相色谱串联质谱法测定黄芪和西洋参中 19 种禁用农药[J]. 质量安全与检验检测, 2023, 33(2): 6–16.
CHANG LM, WANG CM, SHI PF, *et al.* Determination of 19 banned pesticides in *Astragalus* and *American ginseng* by gas chromatography tandem mass spectrometry [J]. Qual Saf Inspect Test, 2023, 33(2): 6–16.
- [28] 张平, 王晓琳, 马潇, 等. 气相色谱-质谱联用法检测甘草、黄芪、党参中 21 种农药残留[J]. 甘肃中医药大学学报, 2022, 39(4): 28–33.
ZHANG P, WANG XL, MA X, *et al.* Determination of 21 pesticide residues in *Glycyrrhizae radix et rhizomma*, *Astragali radix* and *Codonopsis radix* by GC-MS [J]. J Gansu Univ Chin Med, 2022, 39(4): 28–33.
- [29] 李娜, 邵辉, 刘磊, 等. 中药材黄芪中有机磷农药残留量的超高效液相色谱-串联质谱法研究[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(5): 852–856.
LI N, SHAO H, LIU L, *et al.* Determination of organophosphorus pesticide residues in *Astragali Radix* by UPLC-MS/MS [J]. Chin J Pharm Anal, 2012, 32(5): 852–856.
- [30] 曹桂红, 王兴宁, 黄春青, 等. 气相色谱-四极杆-飞行时间质谱法快速筛查黄芪药材中 27 种除草剂残留[J]. 时珍国医国药, 2018, 29(8): 1833–1836.
CAO GH, WANG XN, HUANG CQ, *et al.* Rapid screening of 27 Herbicides in *Astragalus mongholicus* by gas chromatography coupled with quadrupole-time of flight mass spectrometry [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2018, 29(8): 1833–1836.
- [31] 高艳梅, 赵梅. GC 法检测黄芪饮片中有有机氯农药残留量[J]. 中国民族民间医药, 2019, 28(14): 44–46.
DAO YM, ZHAO M. GC method was used to detect the amount of organochlorine pesticide residues in *Astragalus membranaceus* decoction pieces [J]. Chin J Ethnomed Ethnopharm, 2019, 28(14): 44–46.
- [32] 黄莹滢, 徐宜宏, 付海滨, 等. 人参、黄芪和天南星三种中药中毒杀芬残留量的快速测定方法[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2018, 30(3): 196–199, 254.
HUANG YY, XU YH, FU HB, *et al.* Rapid determination of toxaphene in three traditional Chinese medicines: Ginseng, milkvetch root and *Rhizoma arisaematis* [J]. J Shenyang Univ (Nat Sci), 2018, 30(3): 196–199, 254.
- [33] 程猷, 薛健, 黄晓会, 等. 黄芪中 41 种有机磷农药残留测定[J]. 中国药房, 2012, 23(15): 1421–1423.
CHENG Y, XUE J, HUANG XH, *et al.* Residual determination of 41 organophosphorus pesticides in the *Astragali radix* [J]. China Pharm, 2012, 23(15): 1421–1423.
- [34] 李娜, 邵辉, 刘磊, 等. 中药材黄芪中有机磷农药残留量的超高效液相色谱-串联质谱法研究[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(5): 852–856.
LI N, SHAO H, LIU L, *et al.* Determination of organophosphorus pesticide residues in *Astragali radix* by UPLC-MS/MS [J]. Chin J Pharm

- Anal, 2012, 32(5): 852–856.
- [35] 梁祈, 魏雪芳. 中药材黄芪中有机氮农药残留量的液相色谱检测方法[J]. 分析测试学报, 2000, (2): 25–28.
LIANG Q, WEI XF. Determination of organonitrogen pesticides residue in Chinese medicinal crop *Radix astragali* by high performance liquid chromatography [J]. J Instrum Anal, 2000(2): 25–28.
- [36] 田丽, 胡佳薇, 尹丹阳, 等. 气相色谱-三重四极杆质谱法测定黄芪中 42 种农药残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(7): 225–233.
TIAN L, HU JW, YI DY, *et al.* Determination of 42 kinds of pesticide residues in *Astragalus membranaceus* by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry [J]. J Food Saf Food Qual, 2024, 15(7): 225–233.
- [37] 王莹, 刘芫汐, 郑尊涛, 等. 《GB 2763 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量》中药品种限量标准转化原则初探[J]. 中国药学杂志, 2023, 58(15): 1416–1421.
WANG Y, LIU WX, ZHENG ZT, *et al.* A preliminary study on the principle of conversion of limit standards of traditional Chinese medicine in GB2763 National food safety standard-Maximum residue limits for pesticides in food [J]. Chin Pharm J, 2023, 58(15): 1416–1421.
- [38] 解鑫, 成昕, 姚好朵, 等. GB 2763—2021 中果品农药最大残留限量标准解析[J]. 果树学报, 2023, 40(1): 144–154.
XIE X, CHENG X, YAO HD, *et al.* Analysis of the maximum residue limits of pesticides in fruits according to GB 2763—2021 [J]. J Fruit Sci, 2023, 40(1): 144–154.
- [39] 孔繁越. 中药材重金属限量标准和农残限量标准研究及标准制定相关建议[D]. 北京: 北京中医药大学, 2017.
KONG FY. Research on heavy metal limits and pesticide residue limits for Chinese herbal medicines and recommendations on standard setting [D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2017.
- [40] 乔雄梧. 食品中农药残留风险评估述评[J]. 农药学学报, 2023, 25(1): 12–22.
QIAO XW. A critical review of dietary risk assessment of pesticide residues in foods [J]. Chin J Pestic Sci, 2023, 25(1): 12–22.
- [41] 高少康. 黄芪豆蚜杀虫剂筛选及农药残留量检测[D]. 晋中: 山西农业大学, 2021.
GAO SK. Insecticides screening for *Aphis craccivora* of *Astragalus membranaceus* and determination of pesticide residues [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2021.
- [42] 郝佳伟, 董田, 高少康, 等. 黄芪中氟啶虫酰胺和除虫菊素残留量及膳食风险评估[J]. 农药, 2021, 60(8): 591–595.
HAO JW, DONG T, GAO SK, *et al.* Residues and dietary risk assessments of flonicamid and pyrethrin in *Astragalus membranaceus* [J]. Agrochemicals, 2021, 60(8): 591–595.
- [43] 闫研, 梁雪, 秦斌, 等. 9 种药食两用药材中 15 种有机磷类农药残留分析及膳食风险评估[J]. 当代化工, 2024, 53(2): 500–504.
YAN Y, LIANG X, QIN B, *et al.* Analysis of 15 organophosphorus pesticide residues in 9 medicinal herbs for dual-use and dietary risk assessment [J]. Contemp Chem Ind, 2024, 53(2): 500–504.
- [44] 肖欧丽. 枸杞种植及炮制加工过程中农药残留行为研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2022.
XIAO OL. Study on the behavior of pesticides during the cultivation and processing of *Lycium barbarum* [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2022.
- [45] 乔永飞, 王馨翊, 冯涛, 等. 人参农药残留的检测方法及去除技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(24): 140–151.
QIAO YF, WANG XY, FENG T, *et al.* Research progress on detection methods and removal techniques of ginseng pesticide residues [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(24): 140–151.
- [46] 于丽, 周兴隆, 张增福, 等. 宁夏枸杞用药现状及规范农药使用的建议[J]. 农药科学与管理, 2019, 40(8): 20–26.
YU L, ZHOU XL, ZHANG ZF, *et al.* Application status of pesticide used on wolfberry (*Lycium barbarum*) and suggestions on standard use [J]. Pestic Sci Adm, 2019, 40(8): 20–26.
- [47] 叶贵标, 庄慧千, 朱光艳, 等. 我国金银花农药残留情况及病虫害防治用药登记进展农药科学与管理, 2020, 41(5): 26–32.
YE GB, ZHANG HQ, ZHU GY, *et al.* Situation of pesticide residues and development of pesticide products registered for *Lonicerae japonicae* flos in China [J]. Pestic Sci Adm, 2020, 41(5): 26–32.
- [48] 韩伟君, 马莉莉, 罗嵘, 等. 我国三七用药登记现状及建议[J]. 中国植保导刊, 2022, 42 (2): 47–49.
HAN WJ, MA LL, LUO R, *et al.* Present situation and suggestions of pesticide registration on *Panax notoginseng* in China [J]. Chin Plant Prot, 2022, 42(2): 47–49.
- [49] 卢恒, 焦焕然, 周冰谦, 等. 西洋参农药残留研究进展[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(6): 1433–1437.
LU H, JIAO HR, ZHOU BQ, *et al.* Research progress on pesticide residues of panax *Quinquefolii radix* [J]. China J Chin Mater Med, 2022, 47(6): 1433–1437.
- [50] 陈小莉, 冉志芳, 李瑞, 等. 西洋参病虫害防治及农药残留研究进展[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2024, 38(2): 203–209.
CHEN XL, RAN ZF, LI R, *et al.* Research progress on *Panax quinquefolius* pest control and pesticide residues [J]. J Univ Jinan Sci Technol, 2024, 38(2): 203–209.

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)

作者简介



胡利喆, 硕士研究生, 主要研究方向为中药质量安全评价研究。
E-mail: hlz15048413909@163.com



孙永伟, 博士, 副教授, 主要研究方向为分子生物学研究。
E-mail: sunyongwei@imu.edu.cn



孔志强, 博士, 副研究员, 主要研究方向为中药质量安全评价研究。
E-mail: kongzhiqiang@caas.cn