

# 不同地区青稞的农药残留分析及慢性膳食暴露评估

贾湃湃<sup>1</sup>, 李佳媚<sup>2</sup>, 李继荣<sup>3</sup>, 连倩<sup>1</sup>, 肖明<sup>1,4\*</sup>

(1. 青海大学农牧学院, 青海西宁 810016) (2. 陕西省西咸新区沣东新城市场监督管理局, 陕西西安 710086) (3. 西藏自治区农牧科学院农业质量标准与检测研究所/农业农村部农产品质量监督检验测试中心(拉萨), 西藏拉萨 850032) (4. 青海省农林科学院农村农林部农产品质量安全风险评估实验室, 青海西宁 810016)

**摘要:** 本研究以青海、西藏地区青稞样品为研究对象, 以 13 种农药为测定指标, 从而明确青稞中农药残留水平。在此基础上, 结合相关标准, 对两地青稞中农药残留的慢性膳食暴露风险进行评估。结果表明, 青海地区样品检出率为 13.40%。检出农药有 6 种, 分别为多菌灵、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、毒死蜱、野麦畏、氟乐灵。检出率分别为 8.94%、1.63%、1.63%、0.81%、2.44%、0.81%。检出 2.41% 的样品存在 2 种及 2 种以上单个农药残留。西藏地区样品检出率 8.55%。检出农药有 4 种, 分别为多菌灵、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、氟乐灵。检出率分别为 3.42%、3.42%、0.85%、1.71%。检出 0.86% 的样品存在 2 种单个农药残留。两地青稞中检出所有农药的慢性膳食摄入风险值大小符合 (2~7 岁) > (8~12 岁) > (13~19 岁) ≥ (>65 岁) ≥ (20~50 岁) ≥ (51~65 岁), 女性 ≥ 男性, %ADI 值在 0.0004%~0.14% 之间, 其结果远远小于 100%, 表明通过青稞摄入的农药残留对慢性膳食暴露风险的贡献极小。两地区样品检出农药残留种类、残留水平、风险值不同, 但两地农药残留水平均属于安全限量内。

**关键词:** 不同地区; 青稞; 农药残留; 慢性膳食暴露评估

文章编号: 1673-9078(2021)09-305-312

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.9.0389

## Pesticide Residue Analysis and Chronic Dietary Exposure Assessment of Highland Barley from Different Regions

JIA Pai-pai<sup>1</sup>, LI Jia-mei<sup>2</sup>, LI Ji-rong<sup>3</sup>, LIAN Qian<sup>1</sup>, XIAO Ming<sup>1,4\*</sup>

(1. College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China) (2. Fengdong New City Market Supervision and Administration Bureau of Xixian New District, Shaanxi Province, Xian 710086, China) (3. Institute of Agricultural Product Quality Standard and Testing Research, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences/Supervision and Testing Center for Farm Products Quality, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Lhasa 850032, China) (4. Agricultural Product Quality and Safety Risk Assessment Laboratory of Rural Ministry of Agriculture and Forestry, Qinghai Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Xining 810016, China)

**Abstract:** In this study, highland barley samples from Qinghai and Tibet regions were examined, and 13 pesticides were quantified to determine the levels of pesticide residues in the samples. The risks of chronic dietary exposure to pesticide residues in highland barley from the two places were evaluated by comparison to the relevant standards. The results showed that the pesticide residue detection rate in Qinghai samples equaled 13.4%. Six pesticides were detected, namely carbendazim, difenoconazole, thiophanate-methyl, chlorpyrifos, triallate, and trifluralin, with the corresponding detection rates of 8.94%, 1.63%, 1.63%, 0.81%, 2.44%, and 0.81%. Two or more pesticide residues were found in 2.41% of the samples. The pesticide residue detection rate in the samples from Tibet was 8.55%. Four types of pesticides were detected: carbendazim, difenoconazole, thiophanate-methyl, and trifluralin, with detection rates of 3.42%, 3.42%, 0.85%, and 1.71%, respectively. Two

引文格式:

贾湃湃, 李佳媚, 李继荣, 等. 不同地区青稞的农药残留分析及慢性膳食暴露评估[J]. 现代食品科技, 2021, 37(9): 305-312

JIA Pai-pai, LI Jia-mei, LI Ji-rong, et al. Pesticide residue analysis and chronic dietary exposure assessment of highland barley from different regions [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(9): 305-312

收稿日期: 2021-04-08

基金项目: 农业农村部 2020 农业投入品质量检验及调查专项 (125D0203)

作者简介: 贾湃湃 (1996-), 女, 在读硕士, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: 2646217032@qq.com

通讯作者: 肖明 (1971-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品质量安全, E-mail: 1993990035@qhu.edu.cn

pesticide residues were found in 0.86% of the samples. The chronic dietary exposure risk values for different age groups in China and Of all pesticides detected in the highland barley samples from the two areas follow the order: (2~7 years) > (8~12 years) > (13~19 years)  $\geq$  (> 65 years)  $\geq$  (20~50 years)  $\geq$  (51~65 years). The risk values for most female groups are higher than those of the corresponding male groups. The %ADI values range from 0.0004% to 0.14%, indicating that the contribution of pesticide residues from highland barley to the chronic dietary exposure risk is extremely low. The pesticide residue types, residual levels, and risk values of the highland barley samples from the two regions are different but the levels of pesticide residues in the highland barley samples from both regions are within the safety limit.

**Key words:** different regions; highland barley; pesticide residues; chronic dietary exposure assessment

青稞是青藏高原面积最大的粮食作物,它广泛分布于青海、西藏、云南、四川、甘肃等地区<sup>[1]</sup>。青稞的生长周期较短,适应性好适应范围较广,且具备耐寒的典型特点,它的种植发展历史文化已有 4000 多年<sup>[2]</sup>。青稞中含有丰富的营养成分<sup>[3-5]</sup>和活性成分<sup>[6-10]</sup>,使其具有独特的营养价值和保健作用,已越来越引起人们的关注和重视。随着社会的进步和农业产业化发展,青稞的种植面积也在慢慢扩大。随之而来的青稞种植中病虫害影响产量的问题也越来越严重<sup>[11-13]</sup>,把控好农药的使用成为青稞种植过程中的关键环节。

农产品农药残留携带,使农药残留进入人体可引起多种危害。当农药残留量较少时,人体会表现轻微的头晕头痛、恶心、乏力以及精神状况差等<sup>[14]</sup>。当食用量较多,人体不能将其充分分解时,将会发生各种病变,急性或慢性中毒、导致死亡、终身残疾等严重后果<sup>[15]</sup>。因此,对农产品的膳食风险评估就变得尤为重要。目前,有学者对青稞种植农药的使用和病虫害绿色防控现状进行调查<sup>[11,16]</sup>,但未发现青稞上农药残留膳食暴露评估的相关报道。

本文对青海和西藏地区青稞中农药残留及其慢性膳食暴露评估进行了分析研究,以抽查的形式取样,结合相关标准,分析不同地区青稞中的农药残留水平和膳食风险。为青海和西藏青稞的质量安全提供风险预警,以期初步探明青海和西藏产区青稞农药残留现状及其区别,从而为科学监管和保障消费者生命健康提供数据参考和科学依据,同时也为高海拔青稞中农药残留及其慢性膳食暴露评估等相关研究奠定了理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 样品

样品采集自我国 2 个省份,采样区域在青海青稞产区(都兰、门源、乌兰)选取 246 个青稞样品。西藏全青稞产区(隆子、日喀则、墨竹工卡、江孜、工布江达、扎囊、乃东、扎塘、香格里拉、察隅、吉隆、扎达、左

贡、林周、丁青、达孜、堆龙德庆、昌都、察雅、普兰)选取了 117 个青稞样品,共采集样品 363 个。

#### 1.1.2 试剂

根据对青稞病害及使用农药的调研,选择多菌灵、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、三唑醇、戊唑醇、毒死蜱、吡虫啉、啉虫脒、野麦畏、氟乐灵、克螨特、哒螨灵、螺螨酯 13 种农药为测定指标,标准品均购自农业部环境保护科研监测所(中国天津),其规格均为 100  $\mu\text{g/mL}$ 、1 mL;所用试剂乙酸铵购自荷兰 Fluka 公司;甲醇购自天津市富宇精细化工有限公司;乙腈购自山东禹王和天下新材料有限公司。

#### 1.1.3 仪器与设备

所用 LCMS-8050 型三重四极杆液相色谱质谱联用仪,购自岛津公司;H1850R 型台式高速冷冻离心机,购自长沙高新技术产业开发区湘仪离心机仪器有限公司;BS100 型电子天平,购自邦西仪器科技(上海)有限公司。

## 1.2 方法

### 1.2.1 农药残留测定方法

以下测定方法在参考相关研究方法<sup>[17,18]</sup>的基础上进行了一定的改动。限量标准参照《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》GB 2763-2019<sup>[19]</sup>对青稞生长中常用 13 种农药进行分析。检测指标包含杀菌剂(多菌灵、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、三唑醇、戊唑醇),杀虫剂(毒死蜱、吡虫啉、啉虫脒),除草剂(野麦畏、氟乐灵),杀螨剂(克螨特、哒螨灵、螺螨酯)。

#### 1.2.1.1 色谱条件

色谱柱:Acquity UPLC BEHRP C<sub>18</sub>柱(50 mm $\times$ 2.1 mm, 1.7  $\mu\text{m}$ );柱温 40  $^{\circ}\text{C}$ ;流动相 A 相为乙腈, B 相为 0.1%甲酸水溶液。线性梯度洗脱程序:0~3 min, 10%~30% A; 3~8 min, 30%~90% A; 8~9 min, 90%~10% A; 保持 1 min。流速 0.3 mL/min;进样体积 1  $\mu\text{L}$ 。

#### 1.2.1.2 质谱条件

电喷雾离子源(ESI),正离子扫描,离子源温度

150 ℃, 脱溶剂气温度 500 ℃, 脱溶剂气和锥孔气均为高纯 N<sub>2</sub>, 脱溶剂气流速为 16 L/min, 锥孔气流速为 0.6 L/min。采集方式为多反应监测扫描模式 (MRM)。

### 1.2.1.3 标准溶液的配制

分别取适量的农药标准品, 用乙腈配制成固定浓度的标准储备液, 于-20 ℃冰箱中保存, 根据需要用乙腈逐级配制混合标液 1.0、5.0、10.0、20.0、50.0、100.0、200.0、400.0 μg/L 的系列混合标准工作溶液。

### 1.2.1.4 样品前处理

准确称取 2.0 g 粉碎后的青稞样品于 50 mL 塑料离心管中, 加入 5 mL 水浸泡 15 min, 加入 20 mL 乙腈溶液, 涡旋 1 min, 再加入 5 g 氯化钠, 迅速用力摇匀后, 6000 r/min 离心 10 min。取 10 mL 上清液至 10 mL 玻璃离心管中, 50 ℃氮气吹至近干。用 2 mL 洗脱液甲醇-二氯甲烷 (5:95) 溶解残渣, 4 mL 洗脱液活化 NH<sub>4</sub> 固相萃取柱, 15 mL 洗脱液洗脱, 收集滤液, 于 40 ℃下氮吹至近干, 用 1 mL 乙腈-水 (1:1) 定容, 过 0.22 μm 滤膜待测。

## 1.2.2 慢性膳食暴露评估方法

表 1 我国不同人群体重

Table 1 Body weights for the subgroups in China

人群/年龄	性别	平均体重/kg
4~7	-	19.9
8~12	M	33.1
	F	31.0
13~19	M	56.4
	F	50.0
20~50	M	63.0
	F	56.0
51~65	M	65.0
	F	58.0
>65	M	59.5
	F	52.0

注: M 表示男性, F 表示女性。

根据公式(1)计算青稞中各农药的慢性膳食摄入风险 (%ADI), %ADI 越小风险越小, 当%ADI≤100%

时, 表示风险可以接受; %ADI>100%, 表示有不可接受的风险。

$$\%ADI = \frac{C \times F}{bw \times ADI} \times 100\% \quad (1)$$

式中: %ADI 表示慢性摄入风险; C 表示青稞中实际农药残留的中位值或平均值 (mg/kg); F 表示居民每天青稞消费量 (kg/d); bw 表示人群平均体重 (kg), 参考我国不同人群的统计数据<sup>[20,21]</sup>; ADI 表示每日允许摄入量 (mg/kg bw)。

## 2 结果与分析

### 2.1 标准曲线、回收率及精密度

配制 13 种农药相应浓度的标准溶液, 用多反应检测 (MRM) 模式进行检测, 绘制标准曲线。结果表明, 各种农药质量浓度在 1.0~400 μg/L 范围内具有较好的线性关系, 其相关系数均大于 0.995。

对空白青稞样品进行加标回收实验, 加标的水平分别为 10、50、100 μg/kg, 制备 6 份, 按上述方法进行测定, 考察精密度。结果表明分析物的平均回收率在 75.6%~116.8%之间, 相对标准偏差 (RSD) <10%。实验证明, 此方法定性、定量分析、线性关系、回收率均较好, 保证了检测结果的准确性和再现性。

### 2.2 青稞中农药检出总体情况

2020 年检测 363 个青稞样品中的 13 种常见农药残留, 检出 43 个样品中存在农药残留, 占样品总数的 11.85%, 检出农药有 6 种, 占农药总数的 46.15%。其中, 有 7 个样品出现多农药残留, 占总样品的 1.93%, 有 4 个样品农药残留含量超出限值, 占总样品的 1.10%。

青稞样品中农药残留含量由表 2 可知, 多菌灵含量在 0.0008~1.640 mg/kg 之间, 苯醚甲环唑含量在 0.008~0.032 mg/kg 之间, 甲基硫菌灵含量在 0.010~1.000 mg/kg 之间, 毒死蜱含量在 0.0073~0.0168 mg/kg 之间, 野麦畏含量在 0.010~0.095 mg/kg 之间, 氟乐灵含量在 0.010~0.057 mg/kg 之间。

表 2 6 种农药残留含量和线性方程

Table 2 Pesticide residues and linear regression of 6 kinds of pesticides

不同农药残留	标准限量/(mg/kg)	线性方程	相关系数 r	样品含量/(mg/kg)
多菌灵	0.50	Y=13988.9X+13141.1	0.99805	0.0008~1.640
苯醚甲环唑	0.10	Y=9459.33X+5478.52	0.99740	0.008~0.032
甲基硫菌灵	0.50	Y=14278.9X-458.219	0.99904	0.010~1.000
毒死蜱	0.50	Y=3545.85X+3485.85	0.99514	0.0073~0.0168
野麦畏	0.05	Y=2501.38X+2095.67	0.99872	0.010~0.095
氟乐灵	0.05	Y=104.553339X-7314383	0.99999	0.010~0.057

### 2.3 不同地区青稞中农药检出情况

由图 1 和图 2 可知, 检测青海青稞样品 246 份, 检出样品 33 份, 检出率为 13.40%。其中检出 6 种农药残留, 分别为多菌灵、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、毒死蜱、野麦畏、氟乐灵。检出含有多菌灵的样品 22 份, 检出率为 8.94%。检出含有苯醚甲环唑的样品 4 份, 检出率为 1.63%。检出含有甲基硫菌灵的样品 4 份, 检出率为 1.63%。含有毒死蜱的样品 2 份, 检出率为 0.81%。检出含有野麦畏的样品 6 份, 检出率为 2.44%。含有氟乐灵的样品 2 份, 检出率为 0.81%。西藏地区样品 117 份, 检出样品 10 份, 检出率为 8.55%。其中检出 4 种农药残留, 分别为多菌灵、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、氟乐灵。检出含有多菌灵的样品 4 份, 检出率为 3.42%。检出含有苯醚甲环唑的样品 4 份, 检出率为 3.42%。检出含有甲基硫菌灵的样品 1 份, 检出率为 0.85%。检出含有氟乐灵的样品 2 份, 检出率为 1.71%。由图 3 可知, 青海青稞和西藏青稞样品中均存在 2 个样品农药残留超标。青海青稞为多菌灵和野麦畏, 超标率均为 0.41%。西藏青稞为甲基硫菌灵和氟乐灵, 超标率均为 0.85%。

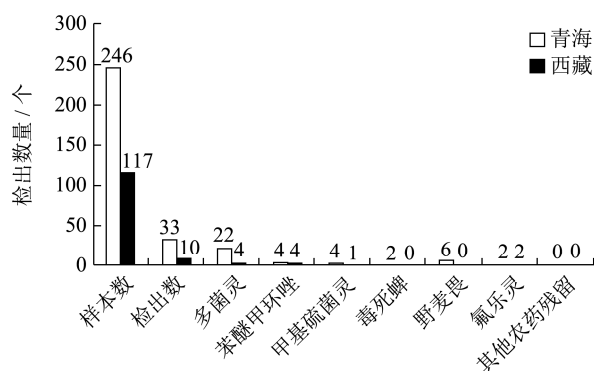


图 1 不同地区检出农药残留的样品数量

Fig.1 Number of samples of pesticide residues detected in different areas

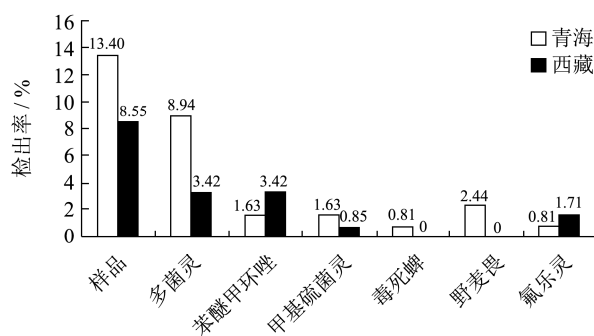


图 2 不同地区青稞农药残留检出率

Fig.2 The detection rate of pesticide residue of highland barley in different areas

青海和西藏青稞中共同检出的农药残留有 4 种, 分别为多菌灵、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、氟乐灵。由图 2 可看出, 青海青稞杀菌剂中多菌灵检出率显著高于其他杀菌剂检出率。由此可知, 青海青稞在选用杀菌剂时, 大多使用多菌灵。除此之外, 青海青稞除草剂中野麦畏检出率较高, 杀虫剂毒死蜱也有检出, 检出率较低。西藏青稞杀菌剂中多菌灵和苯醚甲环唑检出率较高, 除草剂中氟乐灵有检出, 未检出杀虫剂。有学者<sup>[22]</sup>对西北地区春小麦中常用 15 种农药残留(吡虫啉、高效氯氟菊酯、辛硫磷、毒死蜱等 4 种杀虫剂, 三唑酮及其代谢物三唑醇、戊唑醇、多菌灵、三环唑、苯醚甲环唑等 6 种杀菌剂, 精噁唑禾草灵、苯磺隆、2,4-滴丁酯、炔草酯及其代谢物炔草酸等 5 种除草剂)进行了检测, 检出结果表明小麦中 15 种农药残留处于较低水平, 远低于国家标准的最大限量值。

就目前而言, 国内外对谷物中农药残留及其膳食暴露评估相关研究较少, 对水果中农药残留和膳食暴露评估研究相对较多。青稞样品与国内其他水果样品相比, 农药残留检出率相对较低。如: 韦凯丽等人对不同产地西瓜农药残留进行分析, 46.25%西瓜样品检出农药残留, 单个样品检出 1~5 种残留农药种类不等<sup>[23]</sup>。有研究者<sup>[24]</sup>以湖南省猕猴桃为研究对象, 对 70 种农药进行残留测定, 结果显示: 68.25%的样品检出 21 种农药残留。李海飞等<sup>[25]</sup>以 19 个桃主产区采集的 98 份样品为对象进行农药残留检测, 结果显示: 95.90%的样品检出农药残留, 共检出农药 38 种。从以上研究可看出, 与水果相比较, 青稞中农药残留检出率相对较低, 质量安全水平更高。

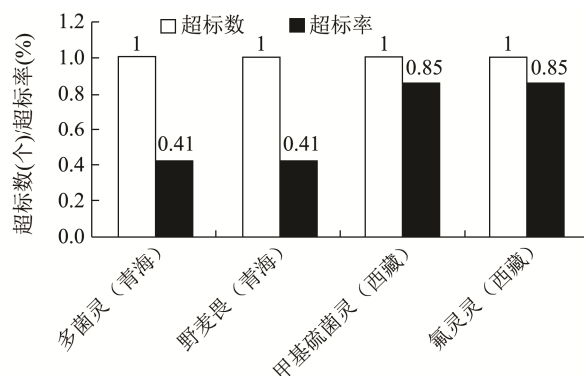


图 3 不同地区青稞农药残留超标数和超标率

Fig.3 Exceeded number and rate of pesticide residue of highland barley in different areas

### 2.4 不同地区青稞中农药多残留分析

青海和西藏地区青稞中多农药残留情况如图 4 和图 5。青海地区 86.59%的青稞样品未检出农药残留,

检出1种农药残留的样品占11.00%，检出2种农药残留的样品占2.00%，检出3种农药残留的样品占0.41%。西藏地区91.45%青稞样品未检出农药残留，检出1种农药残留的样品占7.69%，检出2种农药残留的样品占0.86%，不存在同时检出3种农药残留的样品。有研究表明<sup>[26]</sup>，通过膳食使人体暴露多种农药残留可能引起更高或者更低的联合效应。目前，越来越多的国内学者关注农药多残留和累计膳食风险的问题，将青稞作为研究对象的报道较少，大多研究集中在果蔬领域。

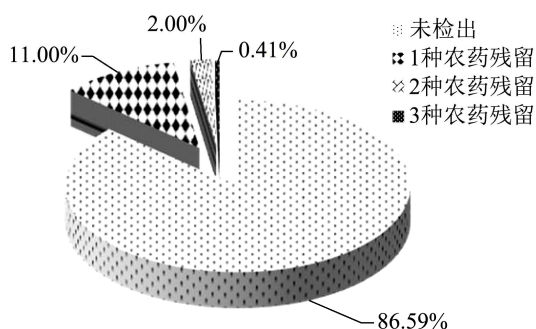


图4 青海青稞中多农药残留比例

Fig.4 Proportion of pesticide residues in Qinghai highland barley

表3 青海青稞农药残留造成不同人群慢性膳食摄入风险值（残留平均值）

Table 3 Qinghai highland barley pesticide residues cause risk of chronic dietary intake in different populations (residual mean)

农药	残留平均值 (mg/kg)	ADI/ (mg/kg bw)	不同人群慢性膳食摄入风险值/%											
			4~7	8~12		13~19		20~50		51~65		>65		
				M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
多菌灵	0.120	0.030	0.050	0.030	0.032	0.018	0.020	0.016	0.018	0.015	0.017	0.017	0.019	
苯醚甲环唑	0.013	0.010	0.016	0.010	0.010	0.006	0.007	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	
甲基硫菌灵	0.020	0.090	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.0009	0.001	0.0009	0.001	0.0009	0.001	
毒死蜱	0.012	0.010	0.015	0.009	0.010	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	
野麦畏	0.029	0.025	0.015	0.009	0.009	0.005	0.006	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.006	
氟乐灵	0.031	0.025	0.016	0.009	0.010	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	

表4 青海青稞农药残留造成不同人群慢性膳食摄入风险值（中位值）

Table 4 Qinghai highland barley pesticide residues cause risk of chronic dietary intake in different populations (the median value)

农药	中位值 (mg/kg)	ADI/ (mg/kg bw)	不同人群慢性膳食摄入风险值/%											
			4~7	8~12		13~19		20~50		51~65		>65		
				M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
多菌灵	0.0089	0.030	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
苯醚甲环唑	0.0135	0.010	0.017	0.010	0.011	0.006	0.007	0.005	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	
甲基硫菌灵	0.0100	0.090	0.001	0.0008	0.0009	0.0005	0.0006	0.0004	0.0005	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	
毒死蜱	0.0121	0.010	0.015	0.009	0.010	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	
野麦畏	0.0220	0.025	0.011	0.007	0.007	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.037	0.004	
氟乐灵	0.0310	0.025	0.016	0.009	0.010	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	

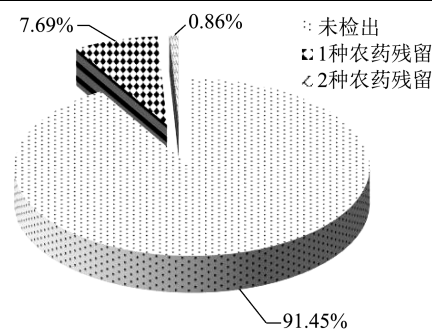


图5 西藏青稞中多农药残留比例

Fig.5 Proportion of pesticide residue in Tibet highland barley

### 2.5 不同地区青稞慢性膳食摄入风险分析

表3和表4列出了青海青稞根据农药残留平均值和中位值计算所得的不同人群慢性摄入风险值。青稞中所有检出农药的慢性膳食摄入风险值%ADI在0.0004~0.032%之间，远远小于100%，由此可知，青海青稞中农药残留对慢性膳食暴露风险的贡献极小。相同性别不同人群的慢性膳食摄入风险值符合（4~7岁）>（8~12岁）>（13~19岁）≥（>65岁）≥（20~50岁）≥（51~65岁），主要原因是不同人群有不同的体重。不同性别相同人群的慢性膳食摄入风险值大小符合女性≥男性，原因为女性的体重值普遍小于男性。

表5 西藏青稞农药残留造成不同人群慢性膳食摄入风险值(残留平均值)

Table 5 The pesticide residues of Tibetan highland barley cause the risk of chronic dietary intake in different populations (residual mean)

农药	残留平均值 (mg/kg)	ADI/ (mg/kg bw)	不同人群慢性膳食摄入风险值/%										
			4~7	8~12		13~19		20~50		51~65		>65	
				M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
多菌灵	0.144	0.030	0.060	0.036	0.039	0.021	0.024	0.019	0.021	0.018	0.021	0.020	0.023
苯醚甲环唑	0.021	0.010	0.026	0.016	0.017	0.009	0.011	0.008	0.009	0.008	0.009	0.009	0.010
甲基硫菌灵	1.000	0.090	0.140	0.084	0.090	0.049	0.056	0.044	0.050	0.043	0.048	0.047	0.053
氟乐灵	0.034	0.025	0.017	0.010	0.011	0.006	0.007	0.005	0.006	0.005	0.006	0.006	0.007

表6 西藏青稞农药残留造成不同人群慢性膳食摄入风险值(中位值)

Table 6 The pesticide residues of Tibetan highland barley cause the risk of chronic dietary intake in different populations (the median value)

农药	中位值/ (mg/kg)	ADI/ (mg/kg bw)	不同人群慢性膳食摄入风险值/%										
			4~7	8~12		13~19		20~50		51~65		>65	
				M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
多菌灵	0.0815	0.030	0.034	0.021	0.022	0.012	0.014	0.011	0.012	0.010	0.012	0.011	0.013
苯醚甲环唑	0.0210	0.010	0.026	0.016	0.017	0.009	0.011	0.008	0.009	0.008	0.009	0.009	0.010
甲基硫菌灵	1.0000	0.090	0.140	0.084	0.090	0.049	0.056	0.044	0.050	0.043	0.048	0.047	0.053
氟乐灵	0.0335	0.025	0.017	0.010	0.011	0.006	0.007	0.005	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006

表5和表6列出了西藏青稞根据农药残留平均值和中位值计算所得的不同人群慢性摄入风险值。西藏样品中检出农药的慢性膳食摄入风险值%ADI在0.005~0.14%之间,远远小于100%。相同性别不同人群的慢性膳食摄入风险值也同样符合(4~7岁)>(8~12岁)>(13~19岁)≥(>65岁)≥(20~50岁)≥(51~65岁)这一规律。不同性别相同人群的慢性膳食摄入风险值大小符合女性≥男性。

通过对比青海青稞和西藏青稞中农药残留的慢性膳食摄入风险值,可知相同的农药种类,西藏青稞≥青海青稞,原因为西藏青稞中农药残留平均值和中位值均高于青海青稞。青海、西藏青稞中农药残留的慢性膳食摄入风险值均极低,对慢性膳食暴露风险的贡献极小。

### 3 结论

3.1 青海地区 86.59%的青稞样品未检出农药残留,13.40%的青稞样品检出存在农药残留,单个样品中检出1种农药残留的样品占11.0%,检出2种农药残留的样品占2.00%,其中检出3种农药残留的样品占0.41%。西藏地区 91.5%青稞样品未检出农药残留,8.55%的青稞样品检出农药残留,单个样品检出1种农药残留的样品占7.69%,检出2种农药残留的样品占0.86%。由此可知,青海和西藏仅有部分地区使用农药。

3.2 通过对不同人群慢性膳食摄入风险值进行分析,可知,青海和西藏地区青稞中所有检出农药的慢性膳食摄入风险值%ADI在0.0004%~0.14%之间,远远小于100%,且两地区相同性别不同人群的慢性膳食摄入风险值都符合(4~7岁)>(8~12岁)>(13~19岁)≥(>65岁)≥(20~50岁)≥(51~65岁),不同性别相同人群的慢性膳食摄入风险值大小均符合女性≥男性。通过对比青海、西藏青稞中农药残留的慢性膳食摄入风险值可知,相同的农药种类,西藏青稞≥青海青稞。尽管如此,两地区青稞中农药残留的慢性膳食摄入风险值都极低,对慢性膳食暴露风险的贡献极小。

3.3 膳食暴露评估分为慢性膳食暴露评估和急性膳食暴露评估。本文仅仅对慢性膳食暴露风险值进行了分析,由于缺少急性膳食暴露评估中所需的我国人群对青稞的大份餐数据,从而未分析急性膳食暴露风险,但青稞上也可能存在急性膳食暴露风险。

### 参考文献

[1] 郑学玲,张玉玉,张杰.青稞淀粉理化特性的研究[J].中国粮油学报,2011,26(4):30-36  
ZHENG Xue-ling, ZHANG Yu-yu, ZHANG Jie. Study on physicochemical properties of highland barley starch [J]. Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(4): 30-36

[2] 原红军,曾兴权,徐其君,等.青稞种质资源多样性分析与核心种质群体的构建[J].麦类作物学报,2018,38(8):1-7

- YUAN Hong-jun, ZENG Xing-quan, XU Qi-jun, et al. Diversity analysis of highland barley germplasm resources and construction of core germplasm population [J]. Journal of Triticeae Crops, 2018, 38(8): 1-7
- [3] 梁寒峭,李金霞,陈建国,等.黑青稞营养成分的检测与分析[J].食品与发酵工业,2016,42(1):180-182
- LIANG Han-qiao, LI Jin-xia, CHEN Jian-guo, et al. Detection and analysis of nutrients in highland barley [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(1): 180-182
- [4] 姚豪,颖叶,聂少平,等.不同产地青稞原料中的营养成分分析[J].南昌大学学报(工科版),2015,37(1):11-15
- YAO Hao, YING Ye, NIE Shao-ping, et al. Analysis of nutrients in highland barley from different origins [J]. Journal of Nanchang University (Engineering version), 2015, 37(1): 11-15
- [5] 白婷,靳玉龙,朱明霞,等.青稞淀粉研究现状[J].中国粮油学报,2019,34(4):141-146
- BAI Ting, JIN Yu-long, ZHU Ming-xia, et al. Research status of highland barley starch [J]. Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(4): 141-146
- [6] Moza J, Gujral H S. Starch digestibility and bioactivity of high altitude hulless barley [J]. Food Chemistry, 2015, 7: 149
- [7] SHEN Ying-bin, ZHANG Hui, CHENG Li-ling, et al. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of polyphenols extracted from black highland barley [J]. Food Chemistry, 2016, 194: 1003-1012
- [8] 申迎宾,张友维,黄才欢,等.提取溶剂对青稞提取物总酚、黄酮含量及其抗氧化活性的影响[J].食品与机械,2016,32(11):133-136
- SHEN Ying-bin, ZHANG You-wei, HUANG Cai-huan, et al. Effects of extraction solvent on contents of total phenols and flavonoids and antioxidant activity of highland barley extract [J]. Food and Machinery, 2016, 32(11): 133-136
- [9] 曾亚文,杨涛,普晓英,等.大麦籽粒中 $\gamma$ -氨基丁酸、总黄酮和生物碱含量在发芽过程中的变化[J].麦类作物学报,2012,32(1):135-139
- ZENG Ya-wen, YANG Tao, PU Xiao-ying, et al. Changes in contents of  $\gamma$ -aminobutyric acid, total flavonoids and alkaloids in barley grains during germination [J]. Journal of Triticeae Crops, 2012, 32(1): 135-139
- [10] Jeong H J, Jeong J B, Hsieh C C, et al. Lunasin is prevalent in barley and is bioavailable and bioactive *in vivo* and *in vitro* studies [J]. Nutrition and Cancer, 2010, 62(8): 1113-1119
- [11] 李德成.高海拔青稞种植农药使用调查研究[J].农业开发与装备,2017,9:65
- LI De-cheng. Investigation on pesticide use in highland barley planting [J]. Agricultural Development & Equipments, 2017, 9: 65
- [12] 李维,黄秀霞,席永士,等.西藏青稞作物化肥农药使用现状及对策建议[J].西藏科技,2019,3:3-5
- LI Wei, HUANG Xiu-xia, XI Yong-shi, et al. Present situation and countermeasures of fertilizer and pesticide use of highland barley crops in Tibet [J]. Tibet Science and Technology, 2019, 3: 3-5
- [13] 童生红.青海高寒地区青稞病虫害防治技术[J].青海农林科技,2017,3:55-57
- TONG Sheng-hong. Technique on prevention and control diseases and pests of highland barley in alpine region of Qinghai [J]. Qinghai Agriculture and Forestry Science and Technology, 2017, 3: 55-57
- [14] 李秀娟.浅谈农产品农药残留超标的危害及检测[J].农业与技术,2014,8
- LI Xiu-juan. The harmness and detection of pesticide residue exceeding standard in agricultural products [J]. Agriculture & Technology, 2014, 8
- [15] 杨媚.农药残留对人体的危害及检测方法分析比较[J].甘肃农业,2019,1:114-118
- YANG Mei. The harm of pesticide residue to human body and analysis and comparison of detection methods [J]. Gansu Agricultural, 2019, 1: 114-118
- [16] 丁秀芳.青稞病虫害绿色防控现状及对策[J].农业与技术,2019,39(18):98-99
- DING Xiu-fang. Green control status and countermeasures of barley pests and diseases [J]. Agriculture & Technology, 2019, 39(18): 98-99
- [17] 李柱梅,韩洛利,朱其丛.高效液相色谱-串联质谱法检测小麦中11种农药残留[J].河南农业,2019,11:17-18
- LI Zhu-mei, HAN Luo-li, ZHU Qi-cong. Determination of 47 kinds of pesticide residues in wheat by high performance liquid chromatography -tandem mass spectrometry [J]. Agriculture of Henan, 2019, 11: 17-18
- [18] 胡林林,郝海亮,石桧楨.高效液相色谱-串联质谱法测定茶叶中47种农药残留[J].食品安全质量检测学报,2020,11(6):1833-1840
- HU Lin-lin, HAO Hai-liang, SHI Hui-zhen. Determination of 47 kinds of pesticide residues in tea by high performance liquid chromatography -tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020, 11(6): 1833-1840
- [19] GB2763-2019,食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S]

- GB 2763-2019, National food safety standard. Maximum residue limits for pesticides in food [S]
- [20] 吴永宁,李筱薇.第四次中国总膳食研究[M].北京:化学工业出版社,2015
- WU Yong-ning, LI Xiao-wei. The Fourth Total Diet Study of China [M]. Beijing: Chemical Industrial Press, 2015
- [21] 马晨,张群,刘春华,等.海南芒果中农药多残留分析及慢性膳食暴露评估[J/OL]. 农药学学报, <https://doi.org/10.16801/j.issn.1008-7303.2021.0058>
- MA Chen, ZHANG Qun, LIU Chun-hua, et al. Analysis of multiple pesticide residues and chronic dietary exposure assessment in mango of Hainan province [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, <https://doi.org/10.16801/j.issn.1008-7303.2021.0058>
- [22] 史雪岩,王海光,王文卓,等.西北春小麦和麦田土壤中 15 种常用农药残留的检测[J]. 植物保护, 2020, 46(5): 53-59
- SHI Xue-yan, WANG Hai-guang, WANG Wen-zhuo, et al. Determination of residues from 15 pesticides in wheat and soil from spring wheat fields in northwest China [J]. Plant Protection, 2020, 46(5): 53-59
- [23] 韦凯丽,华震宇,曹叶青,等.不同产地西瓜农药残留分析与膳食风险评估[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 331-337
- WEI Kai-li, HUA Zhen-yu, CAO Ye-qing, et al. Pesticide residue analysis and dietary risk assessment of watermelon in different habitats [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 331-337
- [24] 张文,汤佳乐,程小梅,等.湖南省猕猴桃农药残留及风险评估[J]. 江西农业大学学报, 2021, 43(1): 42-51
- ZHANG Wen, TANG Jia-le, CHENG Xiao-mei, et al. Monitoring and evaluation of the pesticide residues in kiwifruit in Hunan province [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2021, 43(1): 42-51
- [25] 李海飞,聂继云,徐国锋,等.桃中农药残留分析及膳食暴露评估研究[J]. 分析测试学报, 2019, 38(9): 1066-1072
- LI Hai-fei, NIE Ji-yun, XU Guo-feng, et al. Analysis of pesticide residues in peaches and their dietary exposure risk assessments [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2019, 38(9): 1066-1072
- [26] 杨桂玲,陈晨,王强,等.农药多残留联合暴露风险评估研究进展[J]. 农药学学报, 2015, 17(2): 119-127
- YANG Gui-ling, CHEN Chen, WANG Qiang, et al. Risk assessment for combined exposure of multiresidue of pesticides [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2015, 17(2): 119-127

## (上接第 168 页)

- [15] 刘淑一. 预糊化对燕麦全粉性质及高含量燕麦挂面品质的影响[D]. 镇江: 江苏大学, 2017
- LIU Shu-yi. Effect of pre-gelatinization on the quality of whole oat flour and the quality of high content oat noodles [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2017
- [16] Ahmed J, Al-Attar H. Effect of drying method on rheological, thermal, and structural properties of chestnut flour doughs [J]. Food Hydrocolloids, 2015, 51: 76-87
- [17] 周葵,张雅媛,黄会玲,等.不同熟化过程中板栗品质的变化研究[J]. 食品科技, 2019, 44(11): 103-108
- ZHOU Kui, ZHANG Ya-yuan, HUANG Hui-ling, et al. Study on the changes of quality of chestnut during different ripening process [J]. Food Science and Technology, 2019, 44(11): 103-108
- [18] 杨文建,俞杰,孙勇,等.添加金针菇粉、茶树菇粉对面团流变学特性的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 43-47
- YANG Wen-jian, YU Jie, SUN Yong, et al. Effect of *Flammulina velutipes* and *Agrocybe aegirit* powders on rheological properties of dough [J]. Food Science, 2014, 35(23): 43-47
- [19] Jia C, Huang W, Abdel-Samie M A, et al. Dough rheological, mixolab mixing, and nutritional characteristics of almond cookies with and without xylanase [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(2): 227-232
- [20] 汤卫东,吴敬涛,赵丹. 麦麸超微粉对面团特性及制品品质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(19): 204-208
- TANG Wei-dong, WU Jing-tao, ZHAO Dan. Effect of adding superfine wheat bran powder on dough characteristics and steamed bread quality [J]. Food Science, 2010, 31(19): 204-208
- [21] 白凯旭,刘英,李园. 燕麦-小麦预混合粉面团特性及馒头品质研究[J]. 粮食与饲料工业, 2014, 3: 18-21
- BAI Kai-xu, LIU Ying, LI Yuan. Dough rheology properties of oat-wheat premixed powder and sensory quality properties of steamed bread [J]. Cereal & Feed Industry, 2014, 3: 18-21