

# 不同杀菌剂防治对马铃薯主要营养成分的影响

杨 森<sup>1</sup>, 李向阳<sup>2\*</sup>, 王 莉<sup>2</sup>, 杨远平<sup>3</sup>, 刘洪明<sup>1</sup>

(1. 毕节职业技术学院农业工程系, 毕节 551700; 2. 贵州大学绿色农药与农业生物工程教育部重点实验室, 贵阳 550025; 3. 毕节市农业科学研究所玉米研究室, 毕节 551700)

**摘要: 目的** 以喷施 4 种杀菌剂防治马铃薯 Y 病毒病的样品为试验原料, 研究防效与干物质、淀粉、还原糖和维生素 C 含量之间关系, 分析各营养成分之间的相关性。**方法** 在国家标准基础上稍加改动测定营养成分, 采用矩阵散点图、标准化残差 P-P 图、一元线性回归分析防效与营养成分及各营养成分之间的相关性。

**结果** 防效与干物质、维生素 C 和淀粉含量之间呈正相关, 干物质含量与淀粉含量、维生素 C 呈正相关, 维生素 C 含量与淀粉含量呈正相关, 还原糖含量与维生素 C 含量、淀粉含量、干物质含量和平均防效四者之间无显著相关性。**结论** 4 种杀菌剂中防效最好的为喷施 5%氨基寡糖素水剂中剂量, 且采收该小区马铃薯干物质含量、淀粉含量和维生素 C 含量最高。研究结果可为种植马铃薯防治 Y 病毒病筛选最佳药剂, 为马铃薯病害防治与营养成分之间相关性提供数据支撑。

**关键词:** 马铃薯; 干物质; 淀粉; 还原糖; 维生素 C; 相关性

## Effects of different fungicides prevention on the main nutritional components of *Solanum tuberosum*

YANG Sen<sup>1</sup>, LI Xiang-Yang<sup>2\*</sup>, WANG Li<sup>2</sup>, YANG Yuan-Ping<sup>3</sup>, LIU Hong-Ming<sup>1</sup>

(1. Department of Agricultural Engineering, Bijie Vocational and Technical College, Bijie 551700, China; 2. Key Laboratory of Green Pesticides and Agricultural Bioengineering, Ministry of Education, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Bijie Institute of Agricultural Sciences Corn Research, Bijie 551700, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the relationship between control effect and content of dry matter, starch, reducing sugar and vitamin C, and analyze the correlation between the nutrients, using the samples sprayed with 4 fungicides against *Solanum tuberosum* virus Y disease as test materials. **Methods** On the basis of the national standard, the nutritional components were determined with a little modification, the correlation between the control effects and nutrient composition and each nutrient ingredient were analyzed by matrix scatter plot, standardized residual P-P plot and unary linear regression. **Results** The control effect was positively correlated with dry matter content, vitamin C content and starch content, dry matter content was positively correlated with starch content and vitamin C content; vitamin C content was positively correlated with starch content; while there was no significant correlation between reducing sugar content and vitamin C content, starch content, dry matter content and average

**基金项目:** 毕节市科技计划联合基金项目(毕科联合字 zy〔2019〕7号)、2020年贵州省教育厅高水平专业群项目(农产品加工与质量检测)—农产品质量检测服务中心项目

**Fund:** Supported by the Bijie Science and Technology Plan Joint Fund Project (Pico Union zy〔2019〕7), and the Guizhou Provincial Department of Education High-level Professional Group in 2020 (Agricultural Product Processing and Quality Inspection)—Agricultural product Quality Testing Service Center Project

\***通信作者:** 李向阳, 博士, 教授, 主要研究方向为农药化学有害生物控制。E-mail: xyli1@gzu.edu.cn

\***Corresponding author:** LI Xiang-Yang, Ph.D, Professor, Key Laboratory of Green Pesticide and Agricultural Bioengineering, Ministry of Education, Guizhou University, Guiyang 550025, China. E-mail: xyli1@gzu.edu.cn

control effects. **Conclusion** Among the 4 kinds of fungicides, the best control effect is spraying 5% amino-oligosaccharide at the medium dose, and the *Solanum tuberosum* dry matter content, starch content and vitamin C content are the highest in the harvesting plot. Research results can be used to screen the best pesticides for planting *Solanum tuberosum* to prevent and control Y virus disease, provide data support for the correlation between *Solanum tuberosum* disease control and nutritional components.

**KEY WORDS:** *Solanum tuberosum*; dry matter; starch; reducing sugar; vitamin C; correlation

## 0 引言

马铃薯(*Solanum tuberosum*)属茄科一年生草本植物,素有“地下苹果”和“第二面包”之称,与水稻、玉米和小麦并称为四大粮食作物。据《本草纲目》记载:马铃薯具有益气健脾、缓急止痛、通利大便等功效<sup>[1]</sup>。现代药理学研究表明,马铃薯中富含多酚、花色苷和维生素 C 等多功能成分,具有抗氧化、抗癌、减肥等生理功能<sup>[2]</sup>。干物质含量是马铃薯的检测指标之一,马铃薯干物质比例超过 20% 适合加工成薯条及薯片<sup>[3]</sup>。干物质测定方法上有干燥法<sup>[4-5]</sup>、介电谱法<sup>[6]</sup>。马铃薯淀粉含量因品种不同存在较大差异<sup>[7-8]</sup>,淀粉含量的检测有双波长比色法<sup>[9]</sup>、酶水解法、酸水解法<sup>[10]</sup>、折光仪法<sup>[11]</sup>、美尔凯尔表法<sup>[12]</sup>以及苯酚-硫酸法<sup>[13]</sup>。马铃薯中还原糖含量影响着油炸色泽<sup>[14]</sup>,在高温油炸过程中糖和氨基酸发生美拉德(Maillard)反应,生成苦味且颜色较深的物质<sup>[15]</sup>,传统测定马铃薯中还原糖的测定方法是容量分析法如铜还原—碘量法,现主要用比色法和 3,5-二硝基水杨酸(3,5-dinitrosalicylic acid, DNS)显色法来测定还原糖含量<sup>[16]</sup>。维生素 C 具备抗癌、抗衰老以及防止高血压等保健功能,对人体正常代谢平衡具有重要意义<sup>[17]</sup>,检测方法有电化学法、紫外分光光度法、荧光法、酶法、比色法、滴定法以及高效液相色谱法等<sup>[18-21]</sup>。在分析杀菌剂防治马铃薯病害与营养成分关联性的研究中,赵美键<sup>[22]</sup>研究发现氨基寡糖素防治马铃薯黑痣病效果与检测马铃薯淀粉含量呈正相关,党海月等<sup>[23]</sup>研究阿泰灵(3%氨基寡糖素和 3%极细链格孢激活蛋白)对苹果锈果类病毒病防治效果时检测了苹果中维生素 C 含量、还原糖含量与防效呈相关性,唐俊昆<sup>[24]</sup>研究发现香菇多糖素生物农药对马铃薯病毒病防治后与维生素 C 含量有一

定的相关性,氨基寡糖素富含丰富的碳源和氮源等营养物质,可有效提高植株几丁质酶的活性,激发植物自身免疫反应,调节植物的营养作用,可促进植物中淀粉和维生素 C 等营养物质的积累,促进植物生长发育,抑制青枯菌的生长<sup>[25-26]</sup>,寡糖·链蛋白属于复配药剂,含有微量氨基寡糖素,对马铃薯营养成分的营养的影响基本与氨基寡糖素一致,香菇多糖可提高植物体内酶活性,促进植物对土壤有机质的吸收,可促进植物生长发育,从而促进植物营养物质的有效合成<sup>[27]</sup>,光合细菌主要用在水产养殖上用于改善生长环境,对于植物上病害防治对营养物质的影响有待研究证实。

本研究选取了在贵州省毕节市七星关区田坝镇喷施了 5%氨基寡糖素水剂、0.5%香菇多糖水剂、6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂和 60%光合细菌粉剂 4 种杀菌剂的山铃薯,测定其干物质、淀粉、还原糖和维生素 C 含量,筛选出防效最好的杀菌剂,研究防效与 4 项指标及各项指标之间的关联性,以便为田间试验防治马铃薯 Y 病毒病药剂筛选、剂量使用和检测方法以及防效与营养成分之间相关性提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

待测马铃薯采自贵州省毕节市七星关区田坝镇田坝村田间试验样品,栽种品种为“希森 6 号”,田间试验共设 13 个小区,每个小区 3 个重复,采用五点采样法,每小区马铃薯采样 500 g 左右样品,共计 39 个样品,样品采集后保存于 -4 °C 冰柜中,检测马铃薯干物质、淀粉、还原糖和维生素 C 含量时将样品去皮处理后检测。其防治马铃薯 Y 病毒病施药剂量、采样样品编号、采集小区、采集时间、检测时间见表 1。

表 1 待检马铃薯样品信息  
Table 1 Information of *Solanum tuberosum* samples to be inspected

样品编号	采样小区	施药剂量/(gai/hm <sup>2</sup> )	采样时间	检测时间
1	氨基寡糖素低剂量区①		6月19日	7月23日
2	氨基寡糖素低剂量区②	70	6月19日	7月23日
3	氨基寡糖素低剂量区③		6月19日	7月23日
4	氨基寡糖素中剂量区①		6月19日	7月23日
5	氨基寡糖素中剂量区②	140	6月19日	7月23日
6	氨基寡糖素中剂量区③		6月19日	7月23日
7	氨基寡糖素高剂量区①	280	6月19日	7月23日

表 1(续)

样品编号	采样小区	施药剂量/(gai/hm <sup>2</sup> )	采样时间	检测时间
8	氨基寡糖素高剂量区②		6月19日	7月23日
9	氨基寡糖素高剂量区③		6月19日	7月23日
10	光合细菌低剂量区①		6月19日	7月25日
11	光合细菌低剂量区②	2000	6月19日	7月25日
12	光合细菌低剂量区③		6月19日	7月25日
13	光合细菌中剂量区①		6月19日	7月25日
14	光合细菌中剂量区②	4000	6月19日	7月25日
15	光合细菌中剂量区③		6月19日	7月25日
16	光合细菌高剂量区①		6月19日	7月25日
17	光合细菌高剂量区②	8000	6月19日	7月25日
18	光合细菌高剂量区③		6月19日	7月25日
19	香菇多糖低剂量区①		6月19日	7月28日
20	香菇多糖低剂量区②	8.83	6月19日	7月28日
21	香菇多糖低剂量区③		6月19日	7月28日
22	香菇多糖中剂量区①		6月19日	7月28日
23	香菇多糖中剂量区②	17.66	6月19日	7月28日
24	香菇多糖中剂量区③		6月19日	7月28日
25	香菇多糖高剂量区①		6月19日	7月28日
26	香菇多糖高剂量区②	35.32	6月19日	7月28日
27	香菇多糖高剂量区③		6月19日	7月30日
28	寡糖·链蛋白低剂量区①		6月19日	7月30日
29	寡糖·链蛋白低剂量区②	32	6月19日	7月30日
30	寡糖·链蛋白低剂量区③		6月19日	7月30日
31	寡糖·链蛋白中剂量区①		6月19日	7月30日
32	寡糖·链蛋白中剂量区②	64	6月19日	7月30日
33	寡糖·链蛋白中剂量区③		6月19日	7月30日
34	寡糖·链蛋白高剂量区①		6月19日	7月30日
35	寡糖·链蛋白高剂量区②	128	6月19日	7月30日
36	寡糖·链蛋白高剂量区③		6月19日	7月30日
37	清水对照区①		6月19日	7月30日
38	清水对照区②	—	6月19日	7月30日
39	清水对照区③		6月19日	7月30日

注: 所有样品采收时间和检测时间均为 2021 年。

## 1.2 仪器与试剂

YUY-101-0 干燥箱(吴江长胜烘箱设备制造有限公司); HH-1 数字恒温水浴锅(常州澳华仪器有限公司); UV 5200PC 紫外可见分光光度计(上海元析仪器有限公司); DK-98-II 电子调温万用电炉(天津市泰斯特仪器有限公司)。

乙醚、盐酸、95%乙醇、草酸(分析纯, 北京化工厂); 2,6-二氯酚靛酚(分析纯, 上海蓝季生物科技有限公司); 蒽酮(分析纯, 上海展云化工有限公司); 葡萄糖(分析纯, 天津市鼎盛鑫化工有限公司)。

## 1.3 方法

### 1.3.1 干物质含量测定

参考 GB/T 8858—1988《水果、蔬菜产品中干物质和水分含量测定方法》的干燥法。

### 1.3.2 淀粉含量测定

参考 GB 5009.9—2008《食品中淀粉的测定》, 淀粉含量采用蒽酮比色法测定。

### 1.3.3 还原糖含量测定

参考 GB 5009.7—2016《食品中还原糖的测定》, 还原糖含量采用蒽酮比色法测定。

### 1.3.4 维生素 C 含量测定

参考 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》, 维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定。

## 1.4 统计分析

运用 SPSS 20.0 软件对田间防效, 马铃薯中的淀粉、维生素 C 和还原糖含量进行单因素方差分析, 采用杨森等<sup>[28]</sup>分析马铃薯病害防效, 利用“事后多重比较”之最小显著差

数法(least significant difference)和新复极差法(Duncan)进行分析判断。分析田间防效与 4 项营养成分之间的关联性, 绘制矩阵散点图、标准化残差 P-P 图对营养成分进行相关性分析, 对防效与各营养成分以及各营养成分之间进行 Pearson(皮尔逊)相关性和回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯 Y 病毒病防效情况

按照田间试验设计规则, 喷施 5%氨基寡糖素水剂、60%光合细菌粉剂、6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂和 0.5%香菇多糖水剂 4 种药剂用于防治马铃薯 Y 病毒病, 喷施 3 次, 喷施间隔期为 7 d。第 3 次药后 7、14 和 21 d 田间防效调查情况如表 2 所示。

由表 2 可知, 第 3 次施药后 7 d, 4 种杀菌剂间防效差异不显著( $P>0.05$ ), 防效均在 72%以上; 第 3 次施药后 14 d, 4 种杀菌剂中 5%氨基寡糖素水剂与 0.5%香菇多糖水剂防效差异不显著( $P>0.05$ ), 60%光合细菌粉剂、6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂防效差异不显著( $P>0.05$ ), 5%氨基寡糖素水剂、0.5%香菇多糖水剂与 60%光合细菌粉剂、6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂防效差异显著; 第 3 次施药后 21 d, 5%氨基寡糖素水剂与 60%光合细菌粉剂、6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂、0.5%香菇多糖水剂防效差异显著, 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂与 0.5%香菇多糖水剂防治效果差异不显著( $P>0.05$ ), 与 60%光合细菌粉剂防效差异显著。结果表明, 总体上防效大小关系为 5%氨基寡糖素水剂>0.5%香菇多糖水剂>6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂>60%光合细菌粉剂, 施用 4 种杀菌剂对防治马铃薯 Y 病毒病均有效果, 且 5%氨基寡糖素水剂防治效果高于其他 3 种杀菌剂。

### 2.2 不同药剂不同剂量处理对马铃薯干物质、还原糖、淀粉和维生素 C 含量影响

表 3 表明喷施 5%氨基寡糖素水剂 3 种剂量小区与对照区还原糖含量差异不显著( $P>0.05$ ), 维生素 C 含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 低剂量区与中剂量区差异显

著, 中剂量区与高剂量区差异不显著( $P>0.05$ ), 淀粉含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 低剂量区与高剂量区差异不显著( $P>0.05$ ), 与中剂量区差异显著, 干物质含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 低剂量区与高剂量区差异不显著( $P>0.05$ ), 与中剂量区差异显著。喷施 60%光合细菌粉剂 3 种剂量小区与对照区还原糖含量差异不显著( $P>0.05$ ), 维生素 C 含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 3 种剂量小区差异不显著( $P>0.05$ ), 淀粉含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 低剂量区与中剂量区差异不显著( $P>0.05$ ), 中剂量区与高剂量区差异显著, 干物质含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 3 种剂量小区差异不显著( $P>0.05$ )。喷施 0.5%香菇多糖水剂 3 种剂量小区与对照区还原糖含量差异不显著( $P>0.05$ ), 维生素 C 含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 低剂量区与中剂量区差异显著, 中剂量区与高剂量区差异不显著( $P>0.05$ ), 淀粉含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 低剂量区与中剂量区差异不显著( $P>0.05$ ), 与高剂量区差异显著, 干物质含量低剂量区、中剂量区与高剂量区、对照区差异显著。喷施 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂 3 种剂量小区与对照区还原糖含量差异不显著( $P>0.05$ ), 维生素 C 含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 3 种剂量小区差异不显著( $P>0.05$ ), 淀粉含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 3 种剂量小区差异不显著( $P>0.05$ ), 干物质含量 3 种剂量小区与对照区差异显著, 3 种剂量小区差异不显著( $P>0.05$ )。

### 2.3 各小区干物质、淀粉、还原糖和维生素 C 含量情况

由表 3 可知, 干物质含量的测定结果范围为: 15.01%~19.47%, 平均含量为 16.68%, 干物质含量高于李铁梅等<sup>[29]</sup>报道的马铃薯希森 3 号品种(16.6%)。含量最低为清水对照区, 含量为 15.01%, 含量最高的为氨基寡糖素中剂量区, 含量为 19.47%。淀粉含量范围为 11.50%~17.17%, 平均含量为 14.01%, 淀粉含量高于周平等<sup>[30]</sup>报道的马铃薯希森 3 号品种(10.43%)和仇菊报道马铃薯希森 8 号品种(淀粉含量 9.54%)。淀粉含量最低的为清水对照区, 含量为

表 2 马铃薯 Y 病毒病的田间防效情况( $n=3$ )  
Table 2 Control effects of *Solanum tuberosum* virus Y disease in the field ( $n=3$ )

药剂处理	第 3 次药后 7 d 调查		第 3 次药后 14 d 调查		第 3 次药后 21 d 调查	
	病情指数	防效/%	病情指数	防效/%	病情指数	防效/%
6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂	1.99±0.64	72.04±8.96 <sup>a</sup>	5.35±1.39	51.88±12.52 <sup>b</sup>	8.21±2.29	49.38±14.12 <sup>b</sup>
5%氨基寡糖素水剂	1.83±0.72	74.30±10.13 <sup>a</sup>	3.33±1.10	70.00±9.90 <sup>a</sup>	5.93±0.92	63.47±5.68 <sup>a</sup>
60%光合细菌粉剂	1.85±0.50	73.95±6.99 <sup>a</sup>	6.16±0.52	44.55±4.67 <sup>b</sup>	10.53±0.50	35.07±3.08 <sup>c</sup>
0.5%香菇多糖水剂	1.77±0.48	75.17±6.79 <sup>a</sup>	4.11±1.19	63.00±10.74 <sup>a</sup>	7.94±1.57	51.06±9.68 <sup>b</sup>
清水对照	7.67±0.51	~	12.48±1.03	~	17.30±0.94	~

注: 表中数据为平均值±标准偏差, 防效为各重复的平均值, 同列数据标相同小写字母表示差异不显著( $P>0.05$ ), 标不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ), 下表相同。

11.50%，含量最高为氨基寡糖素中剂量区，含量为 17.17%。马铃薯还原糖含量范围为 0.12%~0.15%，平均含量为 0.13%，还原糖含量低于周平报道的马铃薯希森 3 号品种(0.182%)。含量最低的为香菇多糖低剂量区、60%光合细菌低剂量区和高剂量区，含量为 0.12%，含量最高的为氨基寡糖素中剂量区和寡糖·链蛋白低剂量区，含量为 0.15%。维生素 C 含量范围为 10.43~15.07 mg/100 g，平均含量为 12.88 mg/100 g，含量最低的为清水对照区，含量为 10.43 mg/100 g，含量最高的为氨基寡糖素高剂量区，含量为 15.07 mg/100 g。

## 2.4 各小区防效与干物质、淀粉、还原糖和维生素 C 含量相关性

由图 1 可知，第 5 行的图形均是以平均防效为 Y 轴，还原糖、淀粉、干物质和维生素 C 含量为 X 轴，可见淀粉含量与平均防效呈强相关性，维生素 C、干物质含量与平均防效呈一定相关性。淀粉含量与干物质含量呈极强相关性，维生素 C 与淀粉含量呈显著相关性，第 4 行的图形均是以维生素 C 含量为 Y 轴，还原糖、淀粉、干物质含量和平均防效为 X 轴，可见维生素 C 与干物质含量呈较明显的相关性。第 1 行的图形均是以还原糖含量为纵轴，维生素 C、淀粉、干物质含量和平均防效为横轴，由图 1 得出：还原糖与维生素 C、淀粉、干物质含量和平均防效四者之间无显著相关性。

## 2.5 平均防效与淀粉含量、干物质含量和维生素 C 含量回归分析

为探讨平均防效与马铃薯主要营养成分之间的线性

关系函数，先将两个指标进行相关性验证，由表 4 得出平均防效与淀粉含量两个变量之间的 Pearson 相关性系数为 0.647 (0.8~1.0 极强相关性)<sup>[6]</sup>，双侧显著性 P 值 0.000<0.05，结合图 1 与表 4 可知，平均防效与淀粉含量之间存在强显著相关性。由表 5 得出平均防效与干物质含量两个变量之间的 Pearson 相关性系数为 0.519 (在 0.01 水平上显著相关)，双侧显著性 P 值 0.001<0.05，结合图 1 与表 5 可知，平均防效与干物质含量之间存在显著相关性。由表 6 得出平均防效与维生素 C 含量两个变量之间的 Pearson 相关性系数为 0.475 (在 0.01 水平上显著相关)，双侧显著性 P 值 0.002<0.05，结合图 1 与表 6 可知，平均防效与维生素 C 含量之间存在一定相关性。

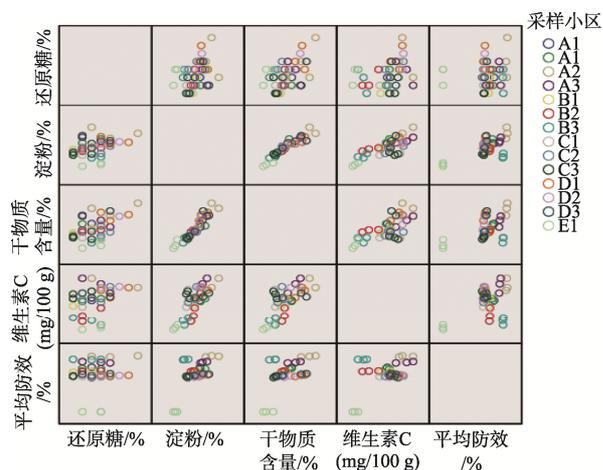
## 2.6 干物质与淀粉、维生素 C 含量以及淀粉与维生素 C 含量的回归分析

为进一步研究干物质含量与淀粉、维生素 C 含量以及淀粉与维生素 C 含量之间的线性关系函数，将干物质含量与淀粉含量进行相关性验证，由表 7 得出两个变量之间的 Pearson 相关性系数为 0.940，双侧显著性 P 值 0.000<0.05，结合图 1 与表 7 可知，干物质含量与淀粉含量之间存在极强显著相关性。由表 8 得出干物质含量与维生素 C 含量两个变量之间的 Pearson 相关性系数为 0.696，双侧检测显著性 P 值 0.000<0.05 干物质含量与维生素 C 含量之间存在强显著相关性。由表 9 得出淀粉含量与维生素 C 含量两个变量之间的 Pearson 相关性系数为 0.780，双侧检测显著性 P 值 0.000<0.05，淀粉含量与维生素 C 含量之间呈强显著相关性。

表 3 马铃薯干物质、还原糖、淀粉和维生素 C 含量测定结果(n=3)

Table 3 *Solanum tuberosum* dry matter, reducing sugar, starch and vitamin C content determination results (n=3)

药剂名称	剂量小区	还原糖/%	维生素 C/(mg/100 g)	淀粉/%	干物质含量/%
5%氨基寡糖素水剂	低剂量区	0.13±0.01 <sup>a</sup>	13.43±0.15 <sup>b</sup>	15.60±0.44 <sup>b</sup>	17.54±0.16 <sup>b</sup>
	中剂量区	0.15±0.03 <sup>a</sup>	15.03±0.68 <sup>a</sup>	17.17±1.00 <sup>a</sup>	19.47±0.78 <sup>a</sup>
	高剂量区	0.14±0.02 <sup>a</sup>	15.07±0.81 <sup>a</sup>	15.83±0.51 <sup>b</sup>	17.95±0.69 <sup>b</sup>
清水对照 CK	对照区	0.13±0.01 <sup>a</sup>	10.43±0.25 <sup>c</sup>	11.50±0.30 <sup>c</sup>	15.02±0.55 <sup>c</sup>
	低剂量区	0.12±0.02 <sup>a</sup>	13.67±0.95 <sup>a</sup>	13.50±0.30 <sup>ab</sup>	15.96±0.23 <sup>a</sup>
	中剂量区	0.14±0.02 <sup>a</sup>	13.87±0.91 <sup>a</sup>	14.30±0.70 <sup>a</sup>	16.49±0.34 <sup>a</sup>
60%光合细菌粉剂	高剂量区	0.12±0.01 <sup>a</sup>	14.03±0.40 <sup>a</sup>	13.43±0.25 <sup>b</sup>	15.86±0.19 <sup>a</sup>
	对照区	0.13±0.01 <sup>a</sup>	10.43±0.25 <sup>b</sup>	11.50±0.30 <sup>c</sup>	15.01±0.54 <sup>b</sup>
	低剂量区	0.12±0.01 <sup>a</sup>	13.40±0.52 <sup>a</sup>	14.50±0.30 <sup>a</sup>	16.76±0.29 <sup>a</sup>
0.5%香菇多糖水剂	中剂量区	0.13±0.01 <sup>a</sup>	11.80±0.76 <sup>b</sup>	14.23±0.31 <sup>a</sup>	16.77±0.16 <sup>a</sup>
	高剂量区	0.13±0.02 <sup>a</sup>	11.43±0.41 <sup>b</sup>	13.03±0.42 <sup>b</sup>	15.65±0.37 <sup>b</sup>
	对照区	0.13±0.01 <sup>a</sup>	10.43±0.25 <sup>c</sup>	11.50±0.30 <sup>c</sup>	15.01±0.54 <sup>b</sup>
6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂	低剂量区	0.15±0.02 <sup>a</sup>	14.33±0.57 <sup>a</sup>	15.73±0.68 <sup>a</sup>	18.61±0.54 <sup>a</sup>
	中剂量区	0.14±0.02 <sup>a</sup>	14.43±0.72 <sup>a</sup>	15.07±0.61 <sup>a</sup>	17.64±0.86 <sup>a</sup>
	高剂量区	0.13±0.02 <sup>a</sup>	13.90±0.26 <sup>a</sup>	15.67±1.11 <sup>a</sup>	18.18±1.36 <sup>a</sup>
清水对照 CK	对照区	0.13±0.02 <sup>a</sup>	10.43±0.25 <sup>b</sup>	11.50±0.30 <sup>b</sup>	15.01±0.55 <sup>b</sup>



注: A1、A2 和 A3 分别表示氨基寡糖素低剂量区、中剂量区和高剂量区; B1、B2 和 B3 分别表示香菇多糖低剂量区、中剂量区和高剂量区; C1、C2 和 C3 分别表示光合细菌低剂量区、中剂量区和高剂量区; D1、D2 和 D3 分别表示寡糖·链蛋白低剂量区、中剂量区和高剂量区; E1 表示清水对照区。

图 1 干物质、还原糖、淀粉、维生素 C 含量和平均防效矩阵散点图

Fig.1 Matrix scatter plot of dry matter, reducing sugar, starch, vitamin C content and average control effect

表 4 平均防效与淀粉含量的相关性

Table 4 Correlations between average control effect and starch content

		平均防效/%	淀粉含量/%
平均防效/%	Pearson 相关性	1	0.647**
	显著性(双侧)		0.000
	N	39	39
淀粉含量/%	Pearson 相关性	0.647**	1
	显著性	0.000	
	n	39	39

注: \*\*为在 0.01 水平(双侧)上显著相关, 下表相同。

表 5 平均防效与干物质含量的相关性

Table 5 Correlations of average control effect and dry matter content

		平均防效含量/%	干物质含量/%
平均防效/%	Pearson 相关性	1	0.519**
	显著性(双侧)		0.001
	N	39	39
干物质含量/%	Pearson 相关性	0.519**	1
	显著性	0.001	
	n	39	39

由图 2、3 和 4 淀粉、干物质和维生素 C 含量标准化残差 P-P 图可得出, 残差服从正态分布规律, 据此, 进一步进行回归分析, 建立一元线性回归方程讨论营养成分之间线性关系。

表 6 平均防效与维生素 C 含量的相关性

Table 6 Correlations between average control effect and vitamin C content

		平均防效/%	维生素 C/(mg/100 g)
平均防效/%	Pearson 相关性	1	0.475**
	显著性(双侧)		0.002
	N	39	39
维生素 C/(mg/100 g)	Pearson 相关性	0.475**	1
	显著性	0.002	
	n	39	39

表 7 干物质含量和淀粉含量的相关性

Table 7 Correlations of dry matter content and starch content

		淀粉含量/%	干物质含量/%
干物质含量/%	Pearson 相关性	0.940**	1
	显著性(双侧)	0.000	
	N	39	39
淀粉含量/%	Pearson 相关性	1	0.940**
	显著性		0.000
	n	39	39

表 8 干物质含量和维生素 C 含量的相关性

Table 8 Correlations of dry matter content and vitamin C content

		维生素 C 含量/(mg/100 g)	干物质含量/%
维生素 C 含量/(mg/100 g)	Pearson 相关性	1	0.696**
	显著性(双侧)		0.000
	N	39	39
干物质含量/%	Pearson 相关性	0.696**	1
	显著性	0.000	
	n	39	39

表 9 淀粉含量和维生素 C 含量的相关性

Table 9 Correlations between starch content and vitamin C content

		维生素 C 含量/(mg/100 g)	淀粉含量/%
维生素 C 含量/(mg/100 g)	Pearson 相关性	1	0.780**
	显著性(双侧)		0.000
	N	39	39
淀粉含量/%	Pearson 相关性	0.780**	1
	显著性	0.000	
	n	39	39

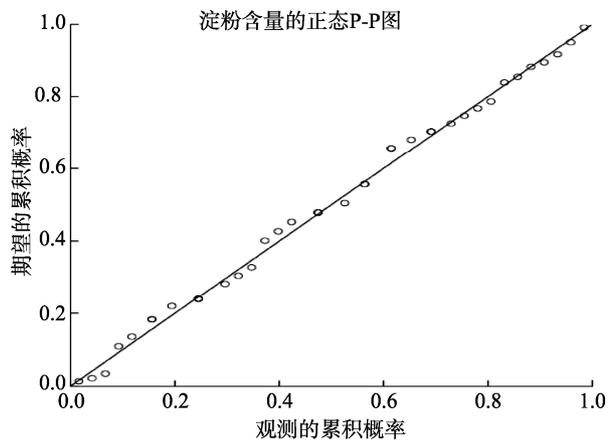


图 2 淀粉含量的回归标准化残差的标准 P-P 图

Fig.2 Standard P-P plot of regression standardized residuals of starch content

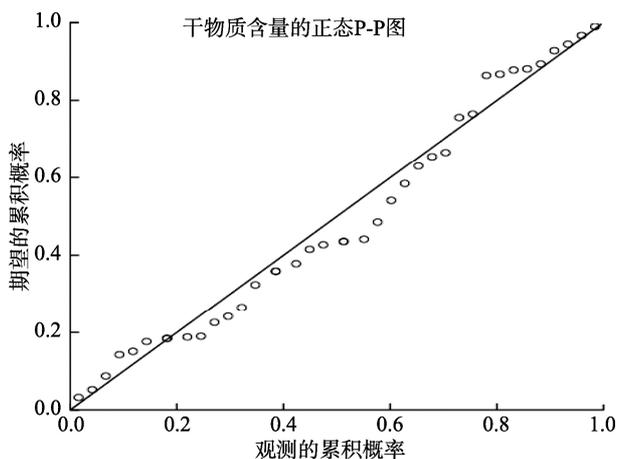


图 3 干物质含量的回归标准化残差的标准 P-P 图

Fig.3 Standard P-P plot of the regression standardized residual of dry matter content

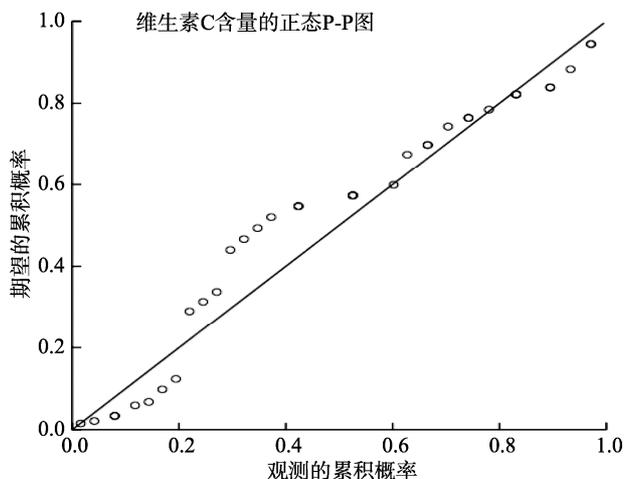
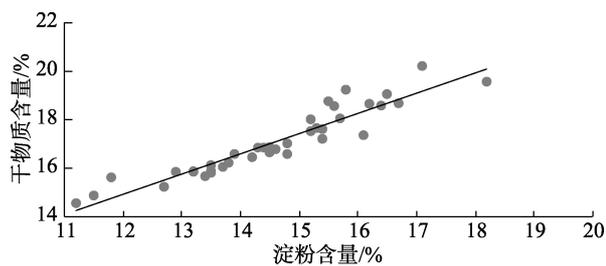


图 4 维生素 C 含量的回归标准化残差的标准 P-P 图

Fig.4 Standard P-P plot of the regression standardized residual of vitamin C content

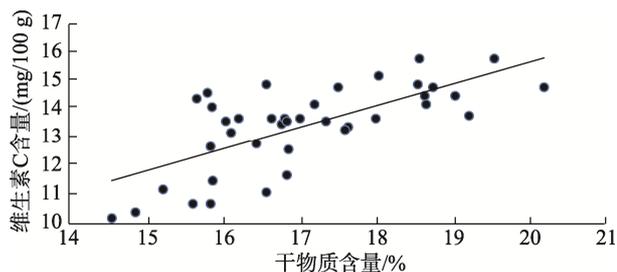
由图 5、6 和 7 线性回归图可知，线性回归模型可得出干物质含量与淀粉含量呈正相关，线性回归方程为  $Y_1=0.8326X_1+4.9285$ ,  $r^2=0.8841$ ，研究结果与赵萍等<sup>[1]</sup>的结论高度一致。干物质含量与维生素 C 含量呈正相关，线性回归方程为  $Y_2=0.7652X_2+0.3634$ ,  $r^2=0.4841$ 。淀粉含量与维生素 C 含量呈正相关，线性回归方程为  $Y_3=0.8013X_3+3.8243$ ,  $r^2=0.609$ 。



注：因变量：淀粉含量

图 5 干物质含量和淀粉含量的线性回归图

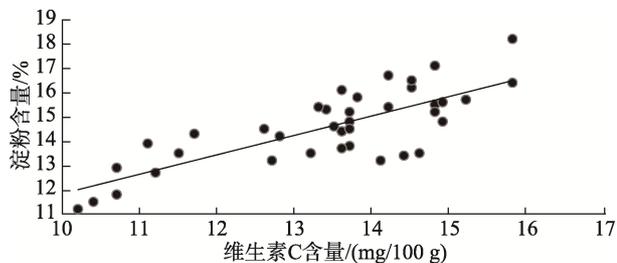
Fig.5 Linear regression graph of dry matter content and starch content



注：因变量：干物质含量

图 6 干物质含量和维生素 C 含量的线性回归图

Fig.6 Linear regression graph of dry matter content and vitamin C content



注：因变量：维生素 C 含量

图 7 维生素 C 含量和淀粉含量的线性回归图

Fig.7 Linear regression graph of vitamin C content and starch content

### 3 结论与讨论

喷施 4 种杀菌剂防治马铃薯 Y 病毒病均有效果，试验基地采收马铃薯检测干物质含量、淀粉含量、维生素 C 含

量和还原糖含量与清水对照区大部分有显著性差异 ( $P<0.05$ ), 防效大小关系为: 5%氨基寡糖素水剂>0.5%香菇多糖水剂>6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂>60%光合细菌粉剂, 第3次药后7d防效差异不显著。14d后调查5%氨基寡糖素水剂与0.5%香菇多糖防效差异不显著, 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂与60%光合细菌差异不显著。21d后调查5%氨基寡糖素水剂其他3种杀菌剂防效差异显著。本试验对施用4种杀菌剂防治马铃薯后测定干物质、淀粉、还原糖和维生素C含量, 讨论分析防效与4项营养指标以及各营养成分之间相关性得出, 防效与干物质含量、维生素C含量和淀粉含量之间呈正相关性, 干物质含量与淀粉含量、维生素C有相关性, 维生素C含量与淀粉含量呈相关性, 采样检测出氨基寡糖素中剂量区还原糖含量最大(0.15%)、氨基寡糖素高剂量区维生素C含量最高(15.07 mg/100 g)、氨基寡糖素中剂量区干物质含量最大(19.47%), 还原糖含量与维生素C含量、淀粉含量、干物质含量和平均防效四者之间无显著相关性。马铃薯块茎中干物质含量为15.01%~19.47%, 淀粉含量为11.50%~17.17%, 维生素C含量为10.43~15.07 mg/100 g, 还原糖含量为0.12%~0.15%。线性回归分析得出: 防效与淀粉含量 Pearson 强相关性(相关系数 0.647), 防效与干物质含量、维生素C含量呈一定相关性。营养指标之间干物质含量与淀粉含量和维生素C含量正相关关系, 维生素C与淀粉含量呈正相关关系, 干物质含量与淀粉含量 Pearson 极强相关性(相关系数 0.940), 干物质含量与维生素C含量强相关性(相关系数 0.696), 淀粉含量与维生素C含量强相关性(相关系数 0.780), 还原糖与淀粉含量、维生素C和干物质之间无相关性。因此, 基于本研究得出的结果, 4种杀菌剂均可提高植物免疫能力和酶的活性, 促进植物生殖生长, 从而促成营养成分积累, 导致防效与营养成分之间有一定的相关性。但由于马铃薯品种、栽种条件、土壤基质、气候等因素影响, 需结合各个层面探索分析, 药剂防效与马铃薯部分营养成分相关性机制研究还需要进一步验证。

## 参考文献

- [1] 李时珍. 本草纲目[M]. 北京: 华夏出版社, 1999.
- [2] 仇菊, 朱宏, 刘鹏, 等. 我国彩色马铃薯主栽品种的营养成分分析[J]. 中国食物与营养, 2018, 24(11): 10-14.
- [3] ZHANG C, CUI F, ZENG GM, *et al.* Quaternary ammonium compounds (QACs): A review on occurrence, fate and toxicity in the environment [J]. *Sci Total Environ*, 2015, (518-519): 352-362.
- [4] 唐明月, 罗芳耀, 沈学善, 等. 2个紫色马铃薯品种营养品质分析与评价[J]. 现代农业科技, 2020, (12): 52-54.
- [5] 陈鹰, 乐俊明, 丁映. 贵州马铃薯主要品系营养成分测定[J]. 种子, 2009, 28(1): 75-76.
- [6] CHEN Y, LE JM, DING Y. Determination of nutritive composition form main potato lines in Guizhou [J]. *Seed*, 2009, 28(1): 75-76.
- [7] NIELSEN GGB, KJAER A, KLOSGEN B, *et al.* Dielectric spectroscopy for evaluating dry matter content of potato tubers [J]. *J Food Eng*, 2016, (189): 9-16.
- [8] NAZARIAN-FIROUZABADI F, VISSER RGF. Potato starch synthases: Functions and relationships [J]. *Bio Iophys Reports*, 2017, (10): 7-16.
- [9] LU ZH, DONNER E, YADA RY, *et al.* Physicochemical properties and in vitro starch digestibility of potato starch/protein blends [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, (154): 214-222.
- [10] 刘轶, 冯涛, 邴芳玲. 双波长法测定马铃薯淀粉中直链淀粉含量[J]. 食品工业, 2016, 37(2): 164-166.
- [11] LIU Y, FENG T, BING FL. Dual-wavelength spectrophotometry method for measuring amylose content of potato starch [J]. *Food Ind*, 2016, 37(2): 164-166.
- [12] 王丽, 罗红霞, 李淑荣, 等. 马铃薯中直链淀粉和支链淀粉含量测定方法的优化[J]. 食品工业科技, 2017, 17: 220-223.
- [13] WANG L, LUO HX, LI SR, *et al.* Optimization for determination of content of amylose and amylopectin in potato [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 17: 220-223.
- [14] 马晓东, 钟浩. 马铃薯淀粉的研究及在工业中的应用[J]. 农产品加工(学刊), 2008, (2): 59-62.
- [15] MA XD, ZHONG H. Study on potato starch and its application in the industry [J]. *Acad Period Farm Prod Process*, 2008, (2): 59-62.
- [16] 武治华, 牛继平. 不同马铃薯品种淀粉与还原糖快速分析方法研究[J]. 现代农业科技, 2017, (14): 46-49.
- [17] WU ZH, NIU JP. Study on fast analysis method of different potato varieties starch and reducing sugar [J]. *Mod Agric Sci Technol*, 2017, (14): 46-49.
- [18] 于鲁浩, 马耀宏, 杨俊慧, 等. 马铃薯块茎中淀粉含量的快速测定方法[J]. 食品科技, 2012, 37(3): 279-282.
- [19] YU LH, MA YH, YANG JH, *et al.* Fast determination of the starch content in potato tuber [J]. *Food Sci Technol*, 2012, 37(3): 279-282.
- [20] 王春英, 陈伊里, 石瑛. 影响马铃薯油炸品质的研究进展[J]. 中国马铃薯, 2003, (4): 232-236.
- [21] WANG CY, CHEN YL, SHI Y. Research progress on affecting potato frying quality [J]. *China Potato*, 2003(4): 232-236.
- [22] SERPEN A, GOKMEN V. Evaluation of the maillard reaction in potato crisps by acrylamide, antioxidant capacity and color [J]. *J Food Compos*, 2009, 22(6): 589-595.
- [23] 朱海霞, 石瑛, 张庆娜, 等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究[J]. 中国马铃薯, 2005, 19(5): 266-269.
- [24] ZHU HX, SHI Y, ZHANG QN, *et al.* 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) colorimetric method for determining the content of potato reducing sugars [J]. *China Potato*, 2005, 19(5): 266-269.
- [25] 周向军, 高义霞, 袁毅君. “黑美人”马铃薯多酚氧化酶的特性研究[J]. 食品工业科技, 2011, (1): 115-117.
- [26] ZHOU XJ, GAO YX, YUAN YJ. Study on characteristics of polyphenoloxidase (PPO) in heimeiren potato [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2011, (1): 115-117.

- [18] 王辉, 刘辉, 刘嘉, 等. 高效液相色谱法测定彩色马铃薯中维生素 C 含量[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(12): 130–134.  
WANG H, LIU H, LIU J, *et al.* Determination of vitamin C in colorful potatoes by high performance liquid chromatography [J]. Food Res Dev, 2017, 38(12): 130–134.
- [19] 赵宇慈, 许丹, 靳承煜, 等. 马铃薯块茎干物质、淀粉及还原糖含量的检测及相关性分析[J]. 现代食品科技, 2017, 33(10): 288–293.  
ZHAO YC, XU D, JIN CY, *et al.* Detection and correlation analysis of dry matter, starch and sugar content in potato tubers [J]. Mod Food Sci Technol, 2017, 33(10): 288–293.
- [20] 朱杰, 宿秀丽, 吴国文, 等. 不同品种马铃薯块茎品质的分析与评价[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(24): 41–44.  
ZHU J, SU XL, WU GW, *et al.* Analysis and evaluation on tuber quality of different potato varieties [J]. Hubei Agric Sci, 2020, 59(24): 41–44.
- [21] 陈晶华, 陈瑾, 范艳丽, 等. 宁夏地区不同品种马铃薯的营养组成分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(17): 156–171.  
CHEN JH, CHEN J, FAN YL, *et al.* Nutritional composition analysis of different potato varieties in Ningxia [J]. Food Res Dev, 2020, 41(17): 156–171.
- [22] 赵美键. 氨基寡糖素对马铃薯黑痣病防治效果研究[D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2019.  
ZHAO MJ. Control effect of amino-oligosaccharide on black scurf of potato [D]. Qinhuangdao: Hebei Normal University of Science and Technology, 2019.
- [23] 党海月, 张妮妮, 朱明旗, 等. 阿泰灵对苹果锈果类病毒田间防效及机制研究[J]. 西北农业学报, 2021, 30(7): 1–6.  
DANG HY, ZHANG NN, ZHU MQ, *et al.* Field effect and mechanism of ataling on apple scar skin viroid [J]. Acta Agric Boreali-occident Sin, 2021, 30(7): 1–6.
- [24] 唐俊昆. 宁乡烟区烟草马铃薯 Y 病毒病发生规律及综合防治技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.  
TANG JK. Studies on occurrence regularity and integrated control technology of tobacco PVY diseases in Ningxiang [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2012.
- [25] 蔡明. 寡聚酸碘和氨基寡糖素对冰葡萄霜霉病的田间防治效果[J]. 农药, 2020, 59(7): 525–527.  
CAI M. Field control effect of iodine oligosaccharide acids and amino oligosaccharin against icewine grapes downy mildew [J]. Agrochemicals, 2020, 59(7): 525–527.
- [26] 陈霁晖. 氨基寡糖素诱导猕猴桃抗溃疡病的效果及机理研究[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2019, (3): 6–37.  
CHEN JH. Study on oligosaccharins-induced kiwifruit resistance to *pseudomonas. syringae* pv. *Antinidiae* [D]. Xi'an: Northwest Agriculture & Forestry University, 2019.
- [27] 仇月, 王开运, 姜莉莉, 等. 灵芝多糖及香菇多糖对番茄黄化曲叶病毒病的防治效果[J]. 蔬菜, 2021, 6: 52–56.  
QIU Y, WANG KY, JIANG LL, *et al.* Control effect of ganoderma lucidum polysaccharide and lentinan on tomato yellow leaf curl virus disease [J]. Vegetables, 2021, 6: 52–56.
- [28] 杨森, 李向阳, 杨远平, 等. 4 种药剂对马铃薯 Y 病毒病防治效果评价分析[J]. 农药, 2022, 61(2): 136–139.  
YANG S, LI XY, YANG YP, *et al.* Evaluation and analysis of control effect of four medicament in potato virus Y disease [J]. Agrochemicals, 2022, 61(2): 136–139.
- [29] 李铁梅, 王玺, 刘美玉, 等. 不同品系马铃薯营养成分测定及筛选研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(12): 4069–4074.  
LI TM, WANG X, LIU MY, *et al.* Study on determination and screening of nutritional components of potatoes of different strains [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(12): 4069–4074.
- [30] 周平, 王海玲, 陆蕪, 等. 马铃薯块茎营养品质分析鉴评[J]. 农业科技通讯, 2021, (8): 132–136.  
ZHOU P, WANG HL, LU Y, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional quality of potato tubers [J]. Bull Agric Sci Technol, 2021, (8): 132–136.
- [31] 赵萍, 巩慧玲, 赵瑛. 同种马铃薯贮藏期间干物质与淀粉含量之间的关系[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 103–105.  
ZHAO P, GONG HL, ZHAO Y. Relationship between contents of dry material and starch of potato during storage [J]. Food Sci, 2004, 25(11): 103–105.

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)

## 作者简介



杨森, 硕士, 副教授, 主要研究方向为农药残留分析和化学研究。  
E-mail: 498459379@qq.com



李向阳, 博士, 教授, 主要研究方向为农药化学有害生物控制。  
E-mail: xyli1@gzu.edu.cn