

喷施化肥和有机肥对山药成分的影响研究*

贾铭铉¹, 杨雅蛟², 孔维军², 贺超², 李先恩², 周立东^{2**}, 李东辉^{1**}

(1. 锦州医科大学药学院 锦州 121001; 2. 中国医学科学院药用植物研究所
中草药物质基础与资源利用教育部重点实验室 北京 100193)

摘要:目的 比较并评价喷施化肥和有机肥后对山药成分的影响。方法 分别对河北安国种植的小白嘴山药分3次喷施化肥尿素和有机肥,然后收集样品,采用烘干法测定其中水分的含量,通过凯氏定氮法检测蛋白质的含量,自动氨基酸分析仪测定氨基酸的含量,苯酚-硫酸比色法检测多糖的含量,高效液相色谱二极管阵列检测器联用仪(high performance liquid chromatography-diode array detector, HPLC-DAD)测定尿囊素、尿嘧啶和腺苷的含量。结果 施加化肥的山药中水分、蛋白质、尿嘧啶、腺苷和尿囊素的含量较高,而施加有机肥的山药中多糖含量较高,存在一定差异性。结论 对山药种植过程中施加不同肥料,可以影响其成分含量,进而影响其质量。

关键词: 山药 尿囊素 尿嘧啶 腺苷 多糖 化肥 有机肥

doi: 10.11842/wst.20210206009 中图分类号: R282.2 文献标识码: A

山药(Chinese yam)是薯蓣科植物薯蓣的干燥根茎^[1],主要分布于我国东北、华北、华中等地区^[2]。作为我国重要的药食同源植物,山药含有丰富的营养物质,不仅可以作为食物为人们提供能量,而且具有重要的药用价值,传统中医认为其可补脾养胃、补肾涩精^[3-4]。现代研究也表明,山药中富含多糖、蛋白质、氨基酸、尿嘧啶、腺苷、尿囊素等物质^[5-6],具有降血糖、增强免疫力、抗氧化、抗炎和抗菌等功能^[7-15]。

山药对生长环境的要求不高,且适应能力较强,一般喜欢生长在温暖的环境中,但也可以适应寒冷环境。山药不耐旱涝,因此不宜生长在排水不畅的区域^[16]。山药的生长受多种因素的影响,例如气候、产地、品种、栽培方式和肥料等^[17-18]。作为一种高需肥作物,肥料的添加能够显著影响山药的根茎大小和营养成分的含量,因此如何选择肥料对山药的生长及成分含量和质量至关重要^[19-20]。通常化肥的成分较单纯,

养分含量高,见效快,但也存在成分单一、营养不全面、肥效不持久等缺点。有机肥富含丰富的营养物质,而且可以增加土壤中的有机胶体,提高土壤保水、保肥和透气性能,然而有机肥中养分含量低,不易分解,不能及时满足作物高产的要求^[21-22]。目前的研究多集中在化肥对山药品质的影响,例如卢宝安等人研究了不同施肥量和不同施肥时期次数对麻山药产量的影响,结果表明合理的氮磷钾肥配比可以增加山药产量,而过量施加氮磷钾肥会导致山药产量下降而影响山药品质^[23]。张月萌等人研究了氮磷钾肥对山药生长发育的影响,氮磷钾肥施用量的提高可显著促进山药地上部和地下部鲜、干生物量的累积^[19]。近年来,化肥的用量呈大幅度增长趋势,随之而来的生态问题逐渐显现,例如土壤酸性增加,土壤板结,理化性质变差等,这对山药的品质产生不利影响^[24]。有机肥可以提高土壤保水、保肥和透气性能,这对山药种植具有长

收稿日期:2021-02-06

修回日期:2021-12-13

* 中国农业科学院科技创新工程协同创新项目(CAAS-XTX20190025-6):主要农产品品质评价与调控,负责人:张亚玉;国家自然科学基金委员会面上项目(81973474):基于“复合纳米探针-智能手机荧光读取”微流层析适配体传感器的中药多农药残留现场“掌上检测”研究,负责人:孔维军。

** 通讯作者:周立东,教授,主要研究方向:天然药物化学;李东辉,教授,主要研究方向:药物分析。

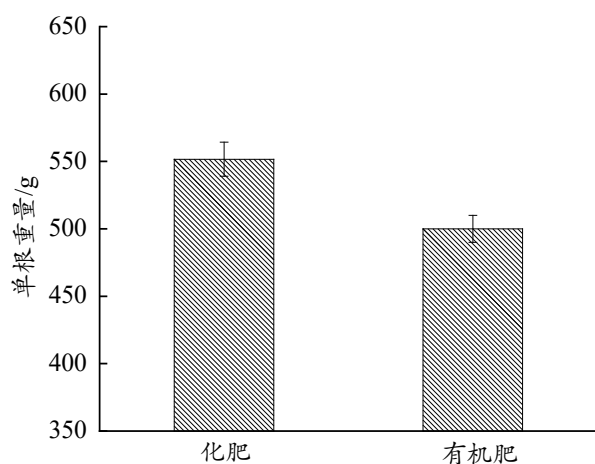


图1 化肥和有机肥处理的山药单根重量(g)($n=3$)

期的益处^[25]。刘美琳等人对山药施加有机肥后,发现山药的长势和产量均得到提高^[26]。吕亚慈研究了微生物菌肥对麻山药产量和品质的影响,结果表明微生物菌肥可以提高白嘴山药的总糖、蛋白质、灰分、淀粉的含量,降低其含水量,而且能使山药增产^[27]。化肥和有机肥均能改善山药的产量和品质,然而对比两者对山药生长影响的研究较少,为了探究不同肥料对山药生长的影响,本研究考察并比较了施加化肥和有机肥后山药的主要成分变化,以期为山药的肥料的选择提供可靠参考。

1 山药施肥及样品收集

分别对河北安国种植的小白嘴山药在生长过程中施以化肥(尿素)和有机肥(史丹利复合肥),共3次。第1次在植物地上生长旺盛期(6月下旬至7月上旬),第2次在植物地上部分生长高峰前期(7月下旬至8月上旬),第3次在秋季地上部分停止生长期(8月下旬至9月初)。收获后,选取新鲜山药块茎,洗净,去除每个山药品种的龙头,各取化肥和有机肥处理过的山药,测定其块茎中水分及主要成分的含量。

2 材料与方法

2.1 材料

2.1.1 实验仪器

UV-2550 型紫外-可见分光光度计(日本 SHIMADZU); Waters 2695 型高效液相色谱仪、PDA 996 检测器(美国 Waters 公司); N-1100 型旋转蒸发器(上海爱朗仪器有限公司); UDK159 型全自动凯氏定

氮仪(意大利 VELP 公司); L-8900 型蛋白水解液氨基酸分析系统(日本日立公司)。

2.1.2 实验试剂

D-无水葡萄糖(国药集团化学试剂有限公司); 苯酚、甲基红(阿拉丁)、氢氧化钠、柠檬酸钠(北京化学工业集团有限公司); 无水乙醇、盐酸、石油醚、硫酸(北京市通广精细化工公司); 硫酸铜(天津市化工三厂有限公司); 硫酸钾、硼酸(麦克林); 乙腈(Thermo Fisher 公司); 尿嘧啶(纯度 99.6%)、腺苷(纯度 99.7%)和尿囊素(纯度 99.6%)(北京中科质检生物技术有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 山药水分含量测定

收集不同肥料处理过的山药样品,清洗干净并参照《GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定》方法测定收集的山药样品中水分的含量。

2.2.2 山药多糖含量测定

按照实验室前期研究所建立的方法对山药中多糖进行含量测定^[15]。

2.2.3 山药样品中蛋白质和氨基酸含量测定

收集不同肥料处理过的山药样品,清洗干净并参照《GB 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定》第一法,采用凯氏定氮法测定山药中的蛋白质含量。

收集不同肥料处理过的山药样品,清洗干净并参照《GB 5009.124-2016 食品中氨基酸的测定》方法测定山药中氨基酸的含量。

2.2.4 山药样品中小分子有效成分的含量测定

采用高效液相色谱二极管阵列检测器联用仪(high performance liquid chromatography-diode array detector, HPLC-DAD)测定样品中尿囊素、尿嘧啶和腺苷的含量^[15]。

3 结果与分析

3.1 化肥和有机肥对山药单根重量的影响

如图1所示,施加化肥后山药的平均单根重量约为 550 g,而施加有机肥的山药平均单根重量要小一些,约为 500 g,表明化肥的喷施较有机肥更加促进山药的生长。

3.2 化肥和有机肥对山药中水分含量的影响

在本实验中,施加不同肥料的山药中水分含量存在较大差异(图2)。其中施加化肥的山药中水分含量较高,为 80.22%,而施加有机肥的山药中水分含量为

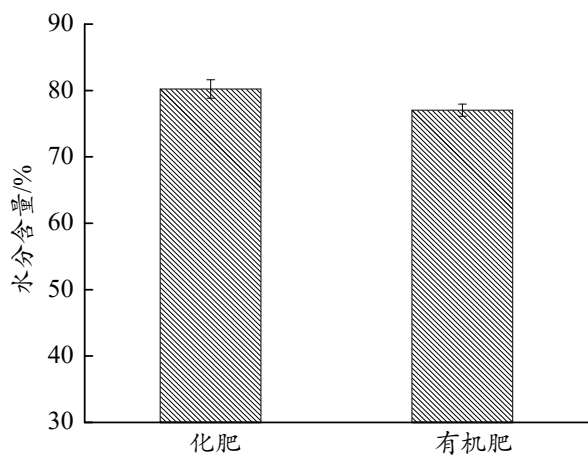


图2 化肥和有机肥处理的山药水分含量(n = 3)

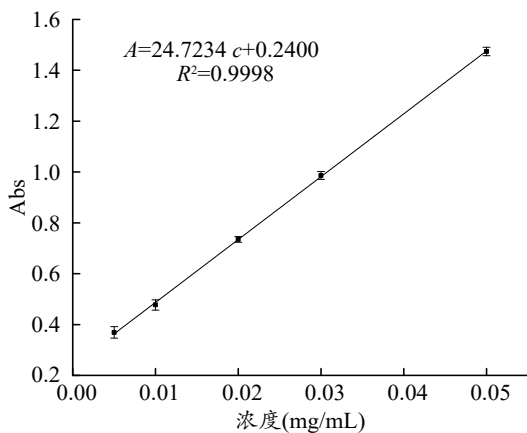


图3 D-无水葡萄糖标准曲线(n = 3)

77.04%,表明喷施化肥更有利于保持山药的含水量。

3.3 化肥和有机肥对山药中多糖含量的影响

3.3.1 标准曲线的建立

分别以D-无水葡萄糖的浓度值(c)和吸光度值(A)为横、纵坐标,线性回归得到A-c关系曲线(图3)。结果表明,D-无水葡萄糖在0.005-0.05 mg·mL⁻¹浓度范围内与吸光度值呈现良好的线性关系(n=3),线性方程为 $A = 24.7234 c + 0.2400$, $R^2 = 0.9998$ 。

3.3.2 精密度考察

精密称取D-无水葡萄糖对照品25 mg,配成浓度为0.1 mg·mL⁻¹的对照品溶液,然后在具塞试管中移入0.4 mL对照品溶液,加入1.6 mL纯净水。取一支试管并加入2 mL纯净水作为空白对照,在各个试管中分别加入5 mL浓硫酸和1 mL 5%的苯酚溶液,迅速摇匀,静置10 min后将各个试管放置在40℃水浴中加热15 min,之后用冰水浴冷却至室温,最后用UV-2550型紫外-可见分光光度计在波长490 nm处测定6次。测得

表1 山药多糖精密度考察

吸光度(A)	平均值	RSD%
0.735	0.734	0.28
0.733		
0.737		
0.734		
0.735		
0.731		

表2 山药多糖稳定性考察

吸光度(A)	平均值	RSD%
0.643	0.643	0.44
0.645		
0.647		
0.639		
0.644		
0.641		

表3 山药多糖重复性考察

吸光度(A)	平均值	RSD%
0.716	0.721	0.55
0.723		
0.724		
0.717		
0.721		
0.726		

的吸光度值分别为0.735、0.733、0.737、0.734、0.735、和0.731,相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为0.28%(表1),表明仪器精密度良好。

3.3.3 稳定性考察

山药样品的供试液是按照前期研究基础制备的^[15]。精密量取1 mL供试品溶液,加入1 mL纯净水,然后向其中加入5 mL浓硫酸和1 mL 5%的苯酚溶液,迅速摇匀,连续测定吸光度值6次,每次间隔3 h。测得的吸光度值分别为0.643、0.645、0.647、0.639、0.644和0.641,RSD值为0.44%(表2),表明供试品溶液在12 h内稳定性良好。

3.3.4 重复性考察

分别从6份山药样品中制备6份供试品溶液,从每份供试品溶液中精密量取1 mL,加入1 mL纯净水,然后向其中加入5 mL浓硫酸和1 mL 5%的苯酚溶液,迅速摇匀,测定吸光度值。所测得的吸光度值分别为0.716、0.723、0.724、0.717、0.721和0.726,平均值为0.721,RSD为0.55%(表3),以上结果说明山药样品制

备方法具有很好的重复性。

3.3.5 山药多糖含量测定

通过D-无水葡萄糖标准曲线计算不同肥料处理后山药中多糖的含量。由图4可以看出,化肥和有机肥对山药多糖含量存在较大的影响。喷施化肥的山药中多糖含量为 $20.46 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,而施加有机肥的山药中多糖含量为 $24.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,表明,相比于化肥,有机肥的施加更能促进山药中多糖的积累。

3.4 化肥和有机肥对山药中蛋白质和氨基酸含量的影响

按照上述方法分别测定化肥和有机肥处理后山

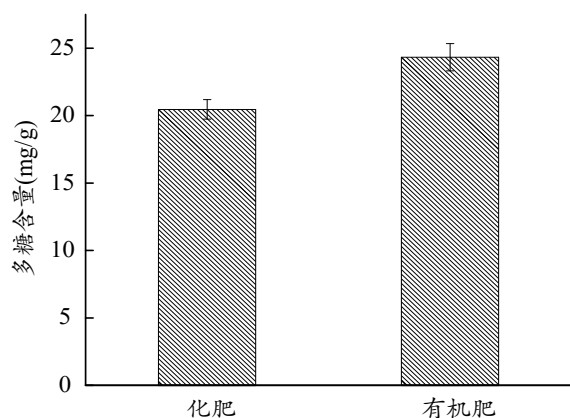


图4 化肥和有机肥处理的山药多糖含量($n=3$)

药中蛋白质和氨基酸的含量(图5)。施加有机肥的山药中蛋白质含量为 $12.1 \text{ g}/100 \text{ g}$,总氨基酸为 $7.11 \text{ g}/100 \text{ g}$,丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸、天门冬氨酸、苏氨酸的含量分别为 $0.72, 1.28, 0.25, 0.33, 0.66, 0.34, 0.048, 0.26, 0.42, 0.082, 0.32, 0.38, 0.16, 0.788, 0.8, 0.28 \text{ g}/100 \text{ g}$;施加化肥的山药中蛋白质含量为 $14.2 \text{ g}/100 \text{ g}$,总氨基酸为 $7.26 \text{ g}/100 \text{ g}$,丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸、天门冬氨酸、苏氨酸的含量分别为 $0.74, 1.31, 0.25, 0.34, 0.68, 0.34, 0.048, 0.26, 0.44, 0.086, 0.33, 0.39, 0.16, 0.8, 0.8, 0.29 \text{ g}/100 \text{ g}$ 。结果表明,施加化肥对山药中蛋白质含量的增加较有机肥显著,而在促进氨基酸产量方面,两者差异并不大。

3.5 化肥和有机肥对山药中小分子成分含量的影响

3.5.1 色谱条件

色谱柱:XBridge®BEH Amide ($4.6 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$, $5 \mu\text{m}$) 柱;流动相:乙腈(A)-水(B),梯度洗脱:0-5 min, 90%-90% A; 5-6 min, 90%-95% A; 6-50 min, 95% A;

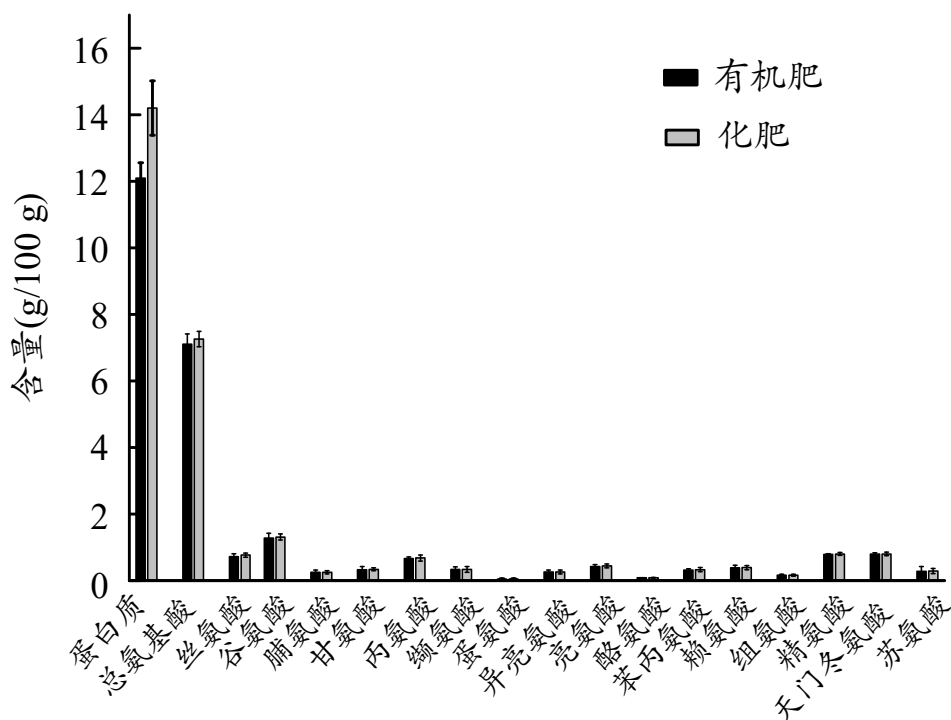


图5 有机肥和化肥对山药中蛋白质和氨基酸含量的影响($n=3$)

流速:0.5 mL·min⁻¹,检测波长:212 nm,255 nm;柱温:35℃;进样量:5 μL(对照品),20 μL(供试品)。

3.5.2 混合对照品溶液的制备

精密称取腺苷、尿囊素和尿嘧啶的对照品分别10 mg、30 mg和2 mg,用90% 乙腈溶解并定容至10 mL容量瓶中,摇匀,即得含有0.9970 mg·mL⁻¹腺苷、2.988 mg·mL⁻¹尿囊素和0.1992 mg·mL⁻¹尿嘧啶的混合对照品溶液。

3.5.3 供试品溶液的制备

取化肥和有机肥处理过的山药样品,分别精密称取2 g山药粉末,并加入100 mL石油醚,使用超声波清洗器超声处理1 h(450W),过滤。随后将滤渣和滤纸转移至具塞锥形瓶中,并加入甲醇100 mL,超声处理1 h,随后过滤得到滤液,重复以上操作3次。将所得到的滤液压缩至干,随后将所得到的物质转移至5 mL容量瓶中,用90% 乙腈溶解并定容,最后将所得到的溶液用0.45 μm微孔滤膜过滤,备用。

3.5.4 线性关系考察

分别精密量取0.1、0.5、0.8、1.5、2.0、4.0 mL混合对照品溶液至2 mL容量瓶中,用色谱90% 乙腈稀释至刻度,制成6个不同浓度的混合标准品溶液。用0.45 μm微孔滤膜过滤,按上述色谱条件进样分析。以峰面积(y)对浓度(x)进行回归计算,得回归方程。其中尿囊素在149.40–5976.00 μg·mL⁻¹浓度范围内呈良好的线性关系,线性方程为 $y = 1.94 \times 10^6 x - 1.53 \times 10^5$, $R^2 = 0.999$;尿嘧啶在9.96–398.40 μg·mL⁻¹浓度范围内呈良好的线性关系,线性方程为 $y = 8.77 \times 10^6 x - 7.26 \times 10^4$, $R^2 = 0.999$;腺苷在49.85–1994.00 μg·mL⁻¹浓度范围内呈良好的线性关系,线性方程为 $y = 9.84 \times 10^6 x - 2.75 \times 10^5$, $R^2 = 0.999$ 。

3.5.5 精密度考察

取“3.5.2”项下的对照品溶液,向高效液相色谱仪中连续进样6次,测得尿嘧啶、腺苷和尿囊素含量的RSD值(n = 6)分别为0.90%、0.89%和0.97%,保留时间的RSD(n = 6)分别为0.38%、0.87%、0.83%(表4),表明仪器精密度良好。

3.5.6 重复性考察

平行制备6份供试品溶液(按“3.5.3”项的方法),并注入高效液相色谱仪中进行检测。测得山药中尿嘧啶、腺苷和尿囊素含量的RSD值(n = 6)分别为1.05%、0.88%和0.82%(表5),保留时间的RSD(n=6)

表4 3种小分子有效成分的精密度考察

成分		对照 品1	对照 品2	对照 品3	对照 品4	对照 品5	对照 品6	RSD/%
尿嘧啶	含量/μg	0.137	0.132	0.135	0.133	0.138	0.132	0.90
	保留时间/ min	10.93	10.83	10.93	10.88	10.94	10.89	0.38
腺苷	含量/μg	0.932	0.956	0.943	0.951	0.948	0.951	0.89
	保留时间/ min	26.75	27.07	26.73	26.89	27.12	27.33	0.87
尿囊素	含量/μg	3.234	3.247	3.198	3.176	3.254	3.243	0.97
	保留时间/ min	30.57	30.68	30.45	30.89	30.21	30.28	0.83

表5 3种小分子有效成分的重复性考察

成分		对照 品1	对照 品2	对照 品3	对照 品4	对照 品5	对照 品6	RSD/%
尿嘧啶	含量/μg	0.139	0.140	0.139	0.142	0.141	0.138	1.05
	保留时间/ min	10.89	10.77	10.98	10.83	10.77	10.78	0.78
腺苷	含量/μg	0.323	0.319	0.321	0.325	0.323	0.327	0.88
	保留时间/ min	26.56	26.73	26.93	26.58	26.82	26.89	0.55
尿囊素	含量/μg	1.093	1.103	1.084	1.107	1.098	1.087	0.82
	保留时间/ min	30.01	30.23	30.43	30.13	30.22	30.07	0.49

表6 尿嘧啶、腺苷和尿囊素的稳定性考察

成分		对照 品1	对照 品2	对照 品3	对照 品4	对照 品5	对照 品6	RSD/%
尿嘧啶	含量/μg	0.138	0.136	0.139	0.137	0.136	0.138	0.88
	保留时间/ min	10.74	10.82	10.77	10.69	10.73	10.73	0.41
腺苷	含量/μg	0.315	0.319	0.314	0.317	0.313	0.316	0.68
	保留时间/ min	26.65	26.63	26.48	26.38	26.79	26.39	0.61
尿囊素	含量/μg	1.144	1.149	1.133	1.138	1.142	1.133	0.56
	保留时间/ min	29.84	30.45	30.35	30.45	30.25	30.62	0.88

分别为0.78%、0.55%和0.49%,表明方法重复性良好。

3.5.7 稳定性考察

为了考察供试品溶液的稳定性,分别采集室温下不同放置时间(0、4、8、12、16和24 h)的同一供试品溶液,并注入高效液相色谱仪中进行检测,测得山药中尿嘧啶、腺苷和尿囊素的RSD值(n = 6)分别为0.88%、0.68%和0.56%,保留时间的RSD(n = 6)分别为0.41%、0.61%和0.88%(表6),以上结果表明,在24 h内,所制备的供试品溶液具有良好的稳定性。

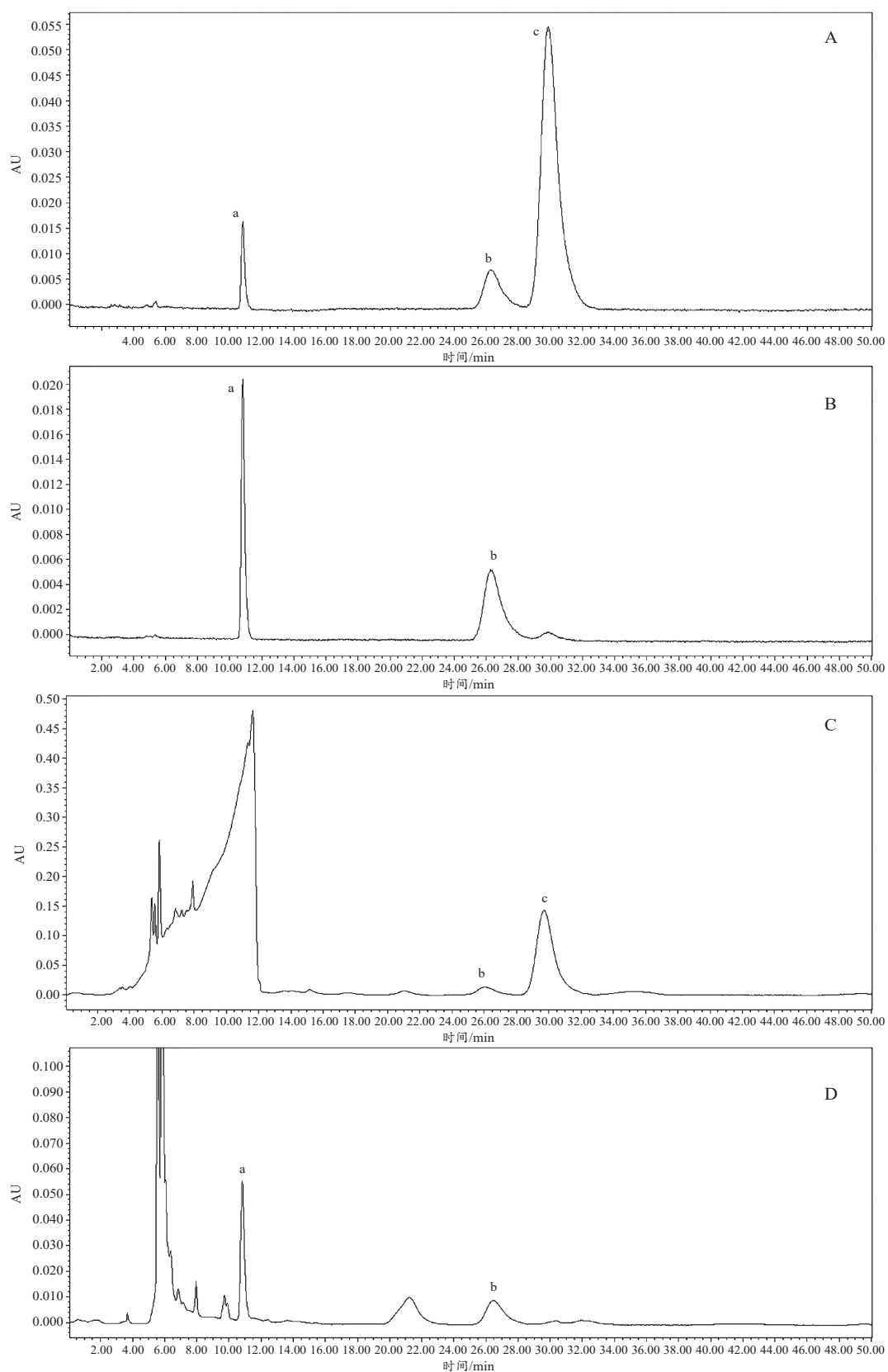


图6 山药样品与对照品的HPLC图谱

注:A:对照品(212 nm);B:对照品(255 nm);C:山药样品(212 nm);D:山药样品(255 nm);a:尿嘧啶;b:腺苷;c:尿囊素。

表7 尿嘧啶、腺苷和尿囊素的加样回收率实验 (n = 9)

成分	样品中含 量/ μg	加入 量/ μg	测得含 量/ μg	回收 率/%	平均回收 率/%	RSD/%
尿嘧啶	0.136	0.110	0.246	100.0	99.03	0.7
	0.136	0.110	0.243	98.78		
	0.136	0.110	0.245	99.59		
	0.136	0.130	0.263	98.87		
	0.136	0.130	0.265	99.62		
	0.136	0.130	0.261	98.12		
	0.136	0.160	0.292	98.64		
	0.136	0.160	0.295	99.66		
	0.136	0.160	0.290	97.97		
腺苷	0.314	0.250	0.562	99.64	99.42	0.45
	0.314	0.250	0.564	100.0		
	0.314	0.250	0.560	99.29		
	0.314	0.316	0.625	99.21		
	0.314	0.316	0.627	99.52		
	0.314	0.316	0.620	98.41		
	0.314	0.380	0.690	99.42		
	0.314	0.380	0.690	99.42		
	0.314	0.380	0.693	99.85		
尿囊素	1.160	0.925	2.080	99.76	99.99	0.13
	1.160	0.925	2.083	99.90		
	1.160	0.925	2.084	99.95		
	1.160	1.155	2.316	100.04		
	1.160	1.155	2.315	100.0		
	1.160	1.155	2.319	100.17		
	1.160	1.410	2.575	100.19		
	1.160	1.410	2.570	100.0		
	1.160	1.410	2.569	99.96		

3.5.8 加样回收率考察

取已知3种小分子成分含量的同一批山药粉末9份,每份精密称取2.0 g,每3份为一组,分别精密加入一定量的各对照品溶液(按样品溶液中相应成分含量的80%、100%和120%加入),制备供试品溶液(按“3.5.3”项的方法),并注入高效液相色谱仪中进行检测,计算平均加样回收率及RSD(表7)。尿嘧啶的平均加样回收率为99.03%,RSD为0.7%;腺苷的平均加样回收率为99.42%,RSD为0.45%;尿囊素的平均加样

回收率为99.99%,RSD为0.13%,以上结果表明所建立的方法具有良好的准确度。

3.5.9 实际样品检测

将对照品和供试品溶液,按色谱条件进样,分别在212 nm和255 nm波长下对尿囊素、尿嘧啶和腺苷对照品和山药样品进行检测(图6)。记录不同样品中各待测成分的色谱峰峰面积,代入回归方程,即可计算各样品中尿嘧啶、腺苷和尿囊素等3个小分子化合物的含量。

结果表明,施加有机肥的山药中尿嘧啶、腺苷和尿囊素的平均含量分别为0.0030、0.0062和0.4902 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,施加化肥的山药中尿嘧啶、腺苷和尿囊素的平均含量分别为0.0122、0.0063和0.5465 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。施加化肥的山药中尿嘧啶、腺苷和尿囊素含量均高于有机肥处理的山药样品,这可能与化肥中微量元素相比于有机肥含量较高有关。

4 讨论

山药作为一种“药食两用”食品和中药,具有很高的营养功能和药用价值。我国是山药的原产地,山药的栽培历史悠久,品种众多,分布广泛。作为一种重要的食材,山药每年的消耗量巨大,是重要的农业经济作物。多糖、蛋白质、氨基酸、尿嘧啶、腺苷、尿囊素等是山药的主要营养物质,其含量高低直接影响了山药的品质。肥料的施加可以显著影响山药的品质及产量,因此本研究比较了化肥和有机肥对山药成分的影响。

本研究发现,施加化肥的山药中水分和蛋白质、尿嘧啶、腺苷和尿囊素的含量均都高于施加有机肥的山药;而施加有机肥的山药中多糖的含量高于施加化肥山药的多糖含量。以上结果表明,化肥和有机肥对山药成分会产生不同的影响,为了提升山药的品质,仅施加一种肥料是远远不够的,因此在未来山药的栽培和种植中探索多种肥料的联合施加,将会成为提升山药品质的一个重要的解决方案。

参考文献

1 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 (一部). 北京: 中国医药科技出版社, 2020:30.

2 刘明月, 周维群, 邹荣灿. 山药多糖提取分离纯化及生物活性的研究进展. 现代农业科技, 2019(22):171-172, 176.

3 陈阳, 马丽娜, 李金贵, 等. 8份不同地区山药资源营养成分比较分析. 福建农业科技, 2020(9):35-38.

- 4 蒋桂华, 梁淦婷. 认识身边的中药-山药. 中医健康养生, 2021, 7(1): 30-31.
- 5 黄梦甜, 胡安阳, 张正茂, 等. 不同产地山药功能成分的比较. 湖北工程学院学报, 2018, 38(6):30-34.
- 6 蒋方程, 李傲然, 何静仁, 等. 不同品种山药的营养成分分析及其水提物的体外抗氧化能力研究. 食品工业科技, 2018, 39(4):6-11.
- 7 李沂格. 山药多糖的功效与提取纯化及含量测定. 生物化工, 2021, 7(1):139-142.
- 8 Leng M S, Tobit P, Demasse A M, *et al.* Nutritional and anti-oxidant properties of yam (*Dioscorea schimperiana*) based complementary food formulation. *Sci African*, 2019, 5:e00132.
- 9 Cheng Z Y, Hu M, Tao J, *et al.* The protective effects of Chinese yam polysaccharide against obesity-induced insulin resistance. *J Funct Foods*, 2019, 55:238-247.
- 10 黄楠楠, 王锴华, 陈珊, 等. 基于网络药理学探讨山药治疗糖尿病心肌病的作用机制. 中医药信息, 2021, 38(3):48-54.
- 11 Wang X, Huo X Z, Liu Z, *et al.* Investigations on the anti-aging activity of polysaccharides from Chinese yam and their regulation on klotho gene expression in mice. *J Mol Struct*, 2020, 1208:127895.
- 12 Shan N, Wang P T, Zhu Q L, *et al.* Comprehensive characterization of yam tuber nutrition and medicinal quality of *Dioscorea opposita* and *D. alata* from different geographic groups in China. *J Integr Agr*, 2020, 19(11):2839-2848.
- 13 Zhang X X, Wang X B, Xue Z W, *et al.* Prevention properties on cerebral ischemia reperfusion of medicine food homologous *Dioscorea* yam-derived diosgenin based on mediation of potential targets. *Food Chem*, 2021, 345:128672.
- 14 Chen G M, Huang C Y, Shi P Y, *et al.* Mechanism of Chinese yam for the treatment of aging-related diseases based on network pharmacology. *Eur J Integr Med*, 2021, 41:101254.
- 15 杨雅蛟, 孔维军, 李先恩, 等. 不同品种山药中多糖及小分子有效成分的含量比较. 食品科技, 2020, 45(9):181-187.
- 16 乔盼, 拓星星. 山药栽培技术要点及病害防治. 现代农业, 2020(3): 24-25.
- 17 于佳月. 土壤因子对怀山药品质影响的研究进展. 农村经济与科技, 2019, 30(9):8-10.
- 18 谢彩侠, 史会齐, 张重义, 等. 产地对山药生长期成分积累的影响. 中国医药导报, 2009, 6(14):38-40.
- 19 张月萌, 司焕森, 薛澄, 等. 不同施肥水平对山药生长发育的影响及基于产量反应的养分用量推荐. 中国土壤与肥料, 2018(6):126-135, 191.
- 20 宋计平, 宋中喜, 许念芳, 等. 不同滴灌施肥次数对山药块茎形态及产量的影响. 中国果菜, 2020, 40(5):93-97.
- 21 马红伟. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及应对措施. 内江科技, 2021, 42(2):62, 55.
- 22 鲁飞. 有机肥助力农业可持续发展. 农经, 2020, 12:46-49.
- 23 卢宝安, 韩师洪, 张炜, 等. 不同施肥量与不同施肥次数对麻山药产量的影响. 天津农林科技, 2016(3):17-19.
- 24 化肥的特点和成分. 农家致富, 2010(1):27.
- 25 鲁飞. 有机肥助力农业可持续发展. 农经, 2020(12):46-49.
- 26 刘美琳. 昊嘉源有机肥在紫山药上应用效果试验初报. 农业科技通讯, 2017(2):49-50.
- 27 吕亚慈. 微生物菌肥对麻山药产量及品质的影响. 衡水学院学报, 2018, 20(3):15-17.

Influence of Chemical and Organic Fertilizers on the Components of *Rhizoma Dioscoreae*

Jia Mingxuan¹, Yang Yajiao², Kong Weijun², He Chao², Li Xianen², Zhou Lidong², Li Donghui¹

(1. Pharmacy College, Jinzhou Medical University, Jinzhou 121001, China; 2. Key Laboratory of Bioactive Substances and Resources Utilization of Chinese Herbal Medicine, Ministry of Education, Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100193, China)

Abstract: Objective To compare and evaluate the effects of chemical and organic fertilizers on the main ingredients of *Rhizoma Dioscoreae*. Methods The Xiaobaizui *Rhizoma Dioscoreae* grown in Anguo, Hebei province were sprayed with chemical and organic fertilizers three times, respectively, and then the treated samples were collected. The water content in *Rhizoma Dioscoreae* was determined by drying method; the protein content was detected by Kjeldahl method; the amino acid content was determined by automatic amino acid analyzer; the polysaccharide content was detected by phenol-sulfuric acid colorimetry; and the contents of allantoin, uracil and adenosine were determined by high performance liquid chromatography-diode array detector (HPLC-DAD). Results The contents of water, protein, uracil, adenosine and allantoin in *Rhizoma Dioscoreae* treated with chemical fertilizer were higher than that with organic

fertilizer, while the content of polysaccharide in *Rhizoma Dioscoreae* treated with organic fertilizer was higher.
Conclusion The application with different fertilizers to *Rhizoma Dioscoreae* in the growth can affect their component content, further their quality.

Keywords: *Rhizoma Dioscoreae*, Allantoin, Uracil, Adenosine, Polysaccharide, Chemical fertilizer, Organic fertilizers

(责任编辑: 周阿剑、刘玥辰, 责任译审: 周阿剑, 审稿人: 王瑀、张志华)