

宁夏压砂地种植年限对土壤代谢产物的影响

曹萌豪^{1,2,3}, 陈林^{1,2,3*}, 庞丹波^{1,2,3}, 何文强^{1,2,3},
马进鹏^{1,2,3}, 万红云^{1,2,3}, 张雅琪^{1,2,3}, 刘 华⁴

(1.西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地(宁夏大学), 银川 750021;
2.西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室(宁夏大学), 银川 750021; 3.宁夏大学
生态环境学院, 银川 750021; 4.宁夏农林科学院 林业与草地生态研究所, 银川 750002)

摘 要:【目的】探讨压砂地连作对土壤代谢产物的影响, 揭示压砂地土壤退化机制。【方法】以宁夏不同种植年限压砂地土壤为研究对象, 以未种植压砂瓜土壤为对照(V), 对连续种植 3 a(W)、7 a(X)、15 a(Y) 和 37 a(Z) 的压砂地土壤进行代谢物和代谢通路分析。【结果】V-W 组共检测到差异代谢物 559 种, 其中 428 种上调, 131 种下调, V-X 组共检测出差异代谢物 293 种, 其中 215 种上调, 78 种下调, V-Y 组共检测出差异代谢物 730 种, 其中 575 种上调, 155 种下调, V-Z 组共检测出差异代谢物 666 种, 其中 479 种上调, 187 种下调; 随着种植年限的增加, 糖类物质质量明显下降; 从 KEGG 代谢通路来看, 随着种植年限的增加, 土壤富集显著的代谢通路有所减少, 其中苯丙氨酸代谢和类固醇降解代谢在压砂年限>7 a 时具有显著富集通路。【结论】随着压砂地种植年限的增加, 土壤中有机酸积累量增加, 而糖类物质质量下降, 会影响作物生长, 降低作物抗逆性, 因此连续压砂种植西瓜的土地需要更改作物类型或转变土地利用方式, 以增强土地利用的可持续性。

关键词: 压砂地; 种植年限; 代谢通路; 差异代谢物

中图分类号: S152.7

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022629

曹萌豪, 陈林, 庞丹波, 等. 宁夏压砂地种植年限对土壤代谢产物的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(Supp.1): 76-81.
CAO Menghao, CHEN Lin, PANG Danbo, et al. Effect of Planting Years on Soil Metabolites in Compacted Sandy Land in Ningxia[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(Supp.1): 76-81.

0 引言

土壤是植物赖以生存的环境, 植物生长发育与土壤中的化学成分关系密切。有机酸可以通过电离 H^+ 酸化土壤、活化或转化土壤中难溶性的养分, 提高土壤中可供植物利用的有效养分量, 进而促进植物生长发育^[1]。酚酸类会对植物生长起抑制作用^[2]; 土壤中的氨基酸类物质会影响植物的抗逆性及土壤养分的吸收^[3], 因此, 土壤中化学成分的变化会直接影响植物的生长发育。

土地压砂是适用于干旱半干旱地区的种植模式^[4], 起源于甘肃省兰州市附近的景泰县和永登县一带^[5], 在宁夏以压砂种植西瓜而享有盛名^[6]。宁夏压砂地的种植历史相对较短, 在 2006 年前仅有零星的分布, 之后开始大规模推广应用。随着压砂瓜产业的发展,

一些种植户为了追求更大的利益, 采用不合理施肥、灌水等管理措施, 极大改变了压砂地的生态环境。王超等^[7]发现土壤酶活性会随着压砂年限的增加而降低; 王建宇等^[8]指出压砂 7 a 后土壤肥力明显下降; 王菲等^[9]发现, 随着压砂年限的增加, 土壤有机质量呈明显下降趋势; 王超等^[10]研究发现, 压砂地酶活性相对于普通农田偏低, 随着压砂年限的增加呈降低趋势。前人对压砂地的研究多集中于土壤理化性质方面, 而对压砂地土壤代谢的研究较少。因此, 本研究以宁夏中卫地区的压砂瓜田为研究对象, 采用气相色谱-质谱分析(LC-MS)方法, 解析不同压砂年限下的土壤代谢产物变化规律, 为压砂地的合理管理提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

中卫市位于宁夏回族自治区中西部, 海拔高程在 1 100~2 955 m 之间。该区域山地与丘陵面积较大^[11], 占全市面积的 83.6%。该区域属半干旱气候, 风大沙多, 干旱少雨^[12]。年平均气温介于 8.2~10 °C, 年平均无霜期 159~169 d, 年平均降水量 138.0~353.5 mm, 年蒸发量介于 1 729.6~1 852.2 mm^[7]。

收稿日期: 2022-11-11 修回日期: 2022-11-21

基金项目: 宁夏农林科学院农业高质量发展和生态保护科技创新示范项目(NGSB-2021-16); 国家自然科学基金项目(31960359); 宁夏重点研发计划项目(2021BEG02005); 第三批宁夏青年科技人才托举工程项目(TJJC2018068)

作者简介: 曹萌豪(1997-), 男, 硕士研究生, 主要从事恢复生态学研究。
E-mail: yanyvhanjiang@163.com.

通信作者: 陈林, 副研究员, 博士, 主要研究方向为恢复生态学。
E-mail: chenlin198388@163.com.

©《灌溉排水学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议

1.2 仪器与试剂

本研究涉及到的仪器包括：H1850-R 冷冻离心机（湖南湘仪实验室仪器开发有限公司，中国）、QL-866 混匀仪（其林贝尔仪器制造有限公司，中国）、SCIENTZ-48 组织研磨器（宁波新芝生物科技股份有限公司，中国）、KW-100TDV 超声波清洗器（昆山舒美超声仪器有限公司，中国）、0.22 μm PTFE 滤膜（天津津腾实验设备有限公司，中国）、Vanquish 液相色谱仪（Thermo Fisher Scientific, 美国）、Q Exactive Focus 质谱仪（Thermo Fisher Scientific, 美国）。

本研究涉及到的试剂包括：甲醇（纯度 $\geq 99.0\%$ ，Thermo Fisher Scientific, 美国）、乙腈（纯度 $\geq 99.9\%$ ，Thermo Fisher Scientific, 美国）、2-氯苯丙氨酸（纯度 98.5%，Aladdin 公司，中国）、甲酸（LC-MS grade，TCL, 日本）、甲酸铵（纯度 $\geq 99.9\%$ ，Sigma 公司，德国）、 ddH_2O （Millipore 公司，美国）。

1.3 试验方法

1.3.1 土壤样品采集

在不同种植年限的压砂瓜样地（0 a，编号 V；3 a，编号 W；7 a，编号 X；15 a，编号 Y；37 a，编号 Z）中划定 20 m $\times$ 20 m 的样方，在样方中按照五点取样法取样，在压砂瓜根部附近取样（20~40 cm 土层），将土壤样品混合过筛后备用，为代谢物测定做准备。

1.3.2 土壤代谢物提取

称取土壤样本 200 mg，置于 2 mL 的 EP 管中，加入 600 μL 甲醇配置的 2-氯苯丙氨酸(4 ppm)(-20 $^{\circ}\text{C}$)，涡旋振荡 30 s；加入 100 mg 玻璃珠，放入高通量组织研磨仪中，于 60 Hz 条件下研磨 90 s；然后进行室温超声 30 min，于冰上放置 30 min；于 12 000 rpm 4 $^{\circ}\text{C}$ 离心 10 min，取上清液 300 μL ，经 0.22 μm 膜过滤，过滤液加入检测瓶中；从每个待测样本各取 20 μL 混合成 QC 样本^[13]；用剩余待测样本进行 LC-MS 检测。

1.3.3 QC 样本

QC 样本由每个待测样本各取 20 μL 混合得到，用于校正混合样品分析结果的偏差以及由于分析仪器自身原因所造成的误差^[14-15]。

1.3.4 LC-MS 分析

色谱条件：基于 ACQUITY UPLC[®] HSS T3 1.8 μm (2.1 $\times$ 150 mm)色谱柱，自动进样器温度设为 8 $^{\circ}\text{C}$ ，以 0.25 ml/min 的流速和 40 $^{\circ}\text{C}$ 的柱温，进样 2 μL 进行梯度洗脱^[16-17]。

质谱条件：仪器使用 Thermo Q Exactive Focus，电子喷雾源（ESI），正负离子电离模式，正离子喷雾电压为 3.50 kV，负离子喷雾电压为 2.50 kV，鞘气 30 ard，辅助气 10 ard，毛细管温度 325 $^{\circ}\text{C}$ ，以分辨率 70 000 进行扫描，扫描范围介于 81~1 000，采用

HCD 进行二级裂解，碰撞电压为 30 eV^[18-19]，同时采用动态排除法去除无必要的 MS/MS 信息。

1.4 数据处理

利用 Proteowizard 软件（v3.0.8789）将获得的原始数据转化为 mzXML 格式^[20]，利用 R（v3.3.2）的 XCMS 程序包进行峰识别、峰过滤、峰对齐。为使不同量级的数据能够进行比较，对数据进行峰面积归一化^[17]。

2 结果与分析

2.1 质控分析

由于测定的样品数量较多，为了排除仪器或方法不稳定所造成的测试误差，将样本的正负离子基峰色谱图（BPC）重叠放置。各压砂年限的保留时间和强度基本一致，说明仪器的稳定性良好、分析方法具有可重复性^[21]。

2.2 多元统计分析

在对代谢组数据进行多元统计分析前，需要对数据进行权重转换，即标准化处理。在多元统计分析前对数据进行自适（UV）换算处理，以获得更加可靠且直观的结果^[20]。

为了区分不同压砂年限的代谢物差异，首先进行主成分分析（PCA），得到不同压砂年限对比下的 2 个主成分得分图。将不同压砂年限测得的结果分别与未压砂进行对比，PCA 得分如图 1—图 4 所示。正离子模式中（V vs W） $R^2X(\text{cum})=0.575$ ，（V vs X） $R^2X(\text{cum})=0.549$ ，（V vs Y） $R^2X(\text{cum})=0.573$ ，（V vs Z） $R^2X(\text{cum})=0.528$ 。2 个模式下的 R^2X 均大于 0.5，但 PCA 对本研究对象的解释能力较差，所以引进正交-偏最小二乘判别分析（OPLS-DA）对数据进行修正，并根据 OPLS-DA 进行代谢物筛选，如图 5—图 8 所示。未压砂的组别 V 都集中在 PC 轴的负半轴，其他不同压砂年限的试验组都集中在 PC 轴的正半轴，说明该模型可有效区分不同组别。不同压砂年限的代谢物之间具有显著差异。

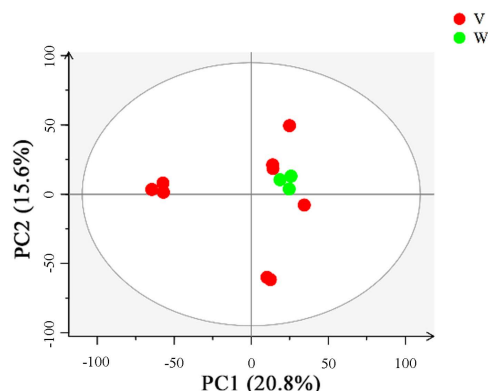


图 1 V vs W 正离子 PCA 得分

Fig.1 V vs W Positive ion PCA score plot

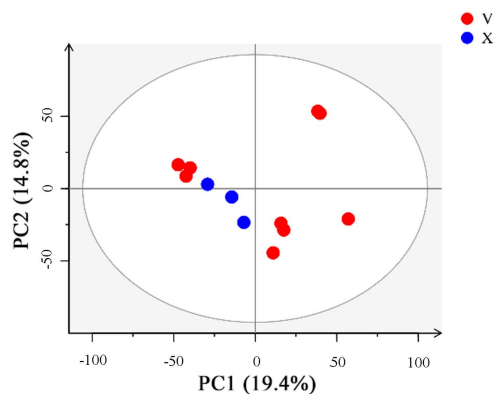


图2 V vs X 正离子 PCA 得分

Fig.2 V vs X Positive ion PCA score plot

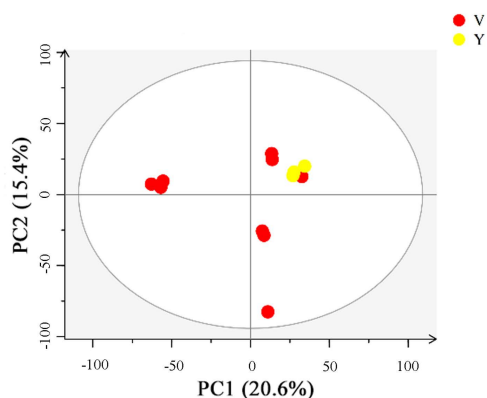


图3 V vs Y 正离子 PCA 得分

Fig.3 V vs Y Positive ion PCA score plot

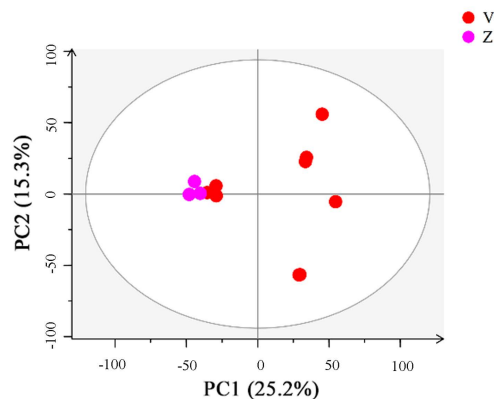


图4 V vs Z 正离子 PCA 得分

Fig.4 V vs Z Positive ion PCA score plot

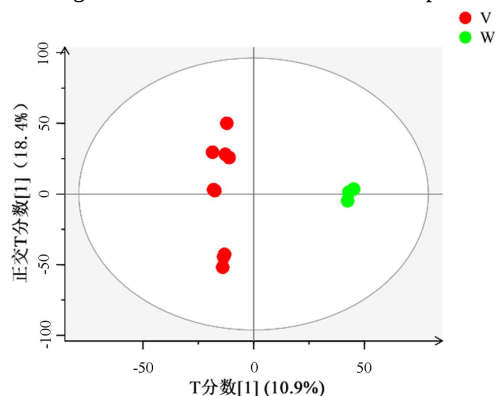


图5 V vs W 正离子 OPLS-DA 得分

Fig.5 V vs W Positive ion OPLS-DA score plot

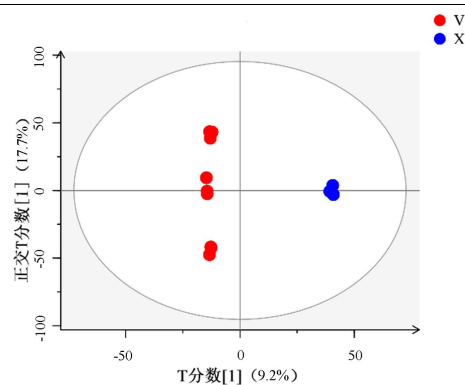


图6 V vs X 正离子 OPLS-DA 得分

Fig.6 V vs X Positive ion OPLS-DA score plot

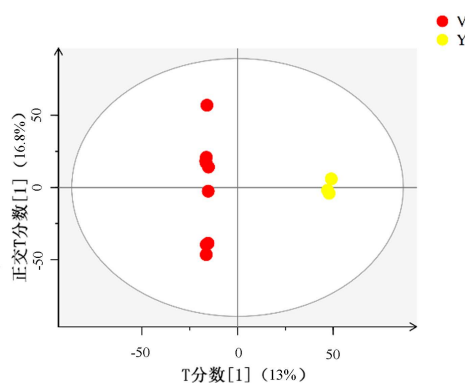


图7 V vs Y 正离子 OPLS-DA 得分

Fig.7 V vs Y Positive ion OPLS-DA score plot

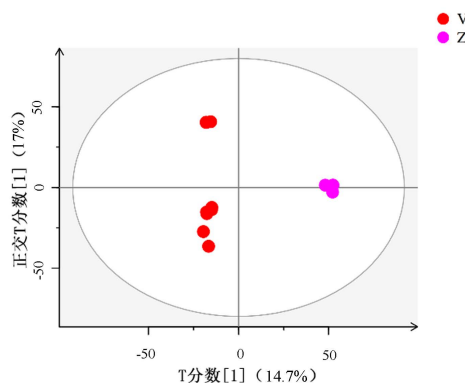


图8 V vs Z 正离子 OPLS-DA 得分

Fig.8 V vs Z Positive ion OPLS-DA score plot

2.3 差异代谢物分析

基于液相色谱和质谱技术检测不同压砂年限的土壤差异代谢物,以 $P \leq 0.05$ 且 $VIP \geq 1$ 和一维方差分析 $P \leq 0.05$ 且 $VIP \geq 1$ 为标准对 2 种条件进行差异代谢物筛选^[22]。在 V vs W 中共检测出 559 个差异代谢物,其中 428 种代谢物呈上调趋势,131 种代谢物呈下调趋势;在 V vs X 中共检测出差异代谢物 293 种,其中 215 种代谢物呈上调趋势,78 种代谢物呈下调趋势;在 V vs Y 中共检测出差异代谢物 730 种,其中 575 种代谢物呈上调趋势,155 种代谢物呈下调趋势;在 V vs Z 中共检测出差异代谢物 666 种,其中 479 种代谢物呈上调趋势,187 种代谢物呈下调趋势。

土壤代谢物对植物的生长发育具有至关重要的作用。土壤酚酸类化合物对植物的生长发育具有危害^[23-24]；而氨基酸类和糖类物质对植物生长和抗逆性具有积极作用^[25]。为研究种植年限对土壤化学成分的影响，对检测到的差异代谢物进行进一步筛选，如表 1 所示。

表 1 不同组别差异代谢物

Table 1 Different groups of different metabolites

物质类型	V vs W		V vs X		V vs Y		V vs Z	
	上调	下调	上调	下调	上调	下调	上调	下调
氨基酸及其衍生物	异亮氨酸、顺-4-羟基-D-脯氨酸	-	L-异亮氨酸	-	顺-4-羟基-D-脯氨酸、焦谷氨酸	顺式-4-羟基-L-脯氨酸	L-异亮氨酸、乙酰半胱氨酸、2-甲基丝氨酸	
有机酸	3-羟甲基戊二酸、羟基丙酮酸、富马酸、2-甲基苯甲酸、4-羟基苯甲酸	12-氧代植物二烯酸、13-L-过氧亚油酸	庚二酸、戊二酸	-	曲酸、6-磷酸葡萄糖酸、富马酸、1-氨基环丙烷羧酸、棕榈酸、4-羟基苯甲酸	苯乙酸、 γ -氨基丁酸	L-2-羟基戊二酸、脱氧胆酸	6-磷酸葡萄糖酸、4-吡哆酸、柠檬酸
核苷酸及其衍生物	-	二氢尿嘧啶、胞嘧啶核苷	CMP	二氢尿嘧啶	-	胞嘧啶核苷	-	-
糖类	脱氧核糖	蜜二糖、纤维二糖	-	纤维二糖、蜜二糖	-	纤维二糖、蜜二糖、L-赤藓酮糖、N-乙酰-D-氨基葡萄糖、 α -D-甘露糖	L-赤藓酮糖	纤维二糖、蜜二糖

注 V vs W 为压砂 3 a 与未压砂比较组；V vs W 为压砂 7 a 与未压砂比较组；V vs W 为压砂 15 a 与压砂 7 a 比较组；V vs Z 为压砂 37 a 与压砂 15 a 比较组；上调表示与对照组相比有所增加，下同。

不同压砂年限下的土壤差异代谢物如表 2 所示。过氧亚油酸表现为上调趋势 ($\log_2FC>0$)；糖类有 5 种，L-赤藓糖表现为上调趋势 ($\log_2FC>0$)，纤维二糖、D-甘露糖、蜜二糖、脱氧核糖表现为下调趋势 ($\log_2FC<0$)。

表 2 不同压砂年限差异代谢物

Table 2 Metabolites with different pressing years

物质类型	V vs W		W vs X		X vs Y		Y vs Z	
	上调	下调	上调	下调	上调	下调	上调	下调
氨基酸及其衍生物	L-异亮氨酸、顺式-4-羟基-D-脯氨酸	-	-	顺-4-羟基-D-脯氨酸	硒代半胱氨酸、反式半胱氨酸、L-亮氨酸	L-异亮氨酸	乙酰半胱氨酸、2-甲基丝氨酸、L-异亮氨酸、 γ -谷氨酰半胱氨酸	顺式-4-羟基-D-脯氨酸、S-腺苷甲硫氨酸、硒代半胱氨酸、L-亮氨酸
有机酸	3-羟甲基戊二酸、羟基丙酮酸、富马酸、2-甲基苯甲酸、4-羟基苯甲酸	12-氧代植物二烯酸、13-L-过氧亚油酸	13-L-氢化过氧亚油酸	异烟酸、6-磷酸葡萄糖酸、3-羟甲基戊二酸、异戊酸、延胡索酸、4-甲基-2-氧戊酸	异烟酸、6-磷酸葡萄糖酸、1-氨基环丙烷甲酸、4-羟基肉桂酸、4-甲基-2-氧戊酸	2-氨基异丁酸、2-酮丁酸、戊酸、氧化己二酸、苯乙酸	4, 4-二氢乳酸、乳酸、脱氧胆酸、吡啶-3-硫酸、g-氨基丁酸、丙二酸	戊酸、L-吡咯酸、异烟酸、1-氨基环丙烷甲酸、6-磷酸葡萄糖酸、4-吡哆酸、泛酸、曲酸、棕榈酸
糖类	脱氧核糖	蜜二糖、纤维二糖	L-赤藓糖	纤维二糖、D-甘露糖、蜜二糖、脱氧核糖	D-甘露糖	-	-	D-甘露糖

2.4 差异代谢物代谢通路分析

将测得的差异代谢物在 KEGG 数据库做比对，确定与所测得代谢物相关的代谢通路。在 MetPA 数据库中通过代谢通路浓缩和拓扑分析，识别可能受生物扰动的代谢通路，进而对代谢物的代谢通路进行分析。基于 MetPA 分析结果，根据代谢通路中鉴定代谢物的相对响应值和降维算法，获得代谢通路的相对

响应值，并以此计算代谢通路间的相关系数，绘制代谢通路关联网络图。

如图 9 所示，V vs W 中共有 45 条代谢通路，其中富集极显著的通路有 11 条 ($P<0.01$)，参与这 11 条代谢通路的差异代谢物有 6 种，均表现为上调 (2-甲基苯甲酸、4-甲基儿茶酚、4-羟基苯甲酸、羟基丙酮酸、富马酸、异亮氨酸)，5 种差异代谢物表

现为下调(甜菜碱、二氢尿嘧啶、胞嘧啶核苷、13-L-过氧化亚油酸、黄芪甲苷)。

如图 10 所示, V vs X 中共有 21 条代谢通路, 其中富集极显著的通路有 9 条 ($P<0.01$), 参与这 9 条代谢通路的差异代谢物有 7 种, 其中 4 种表现为上调(磷酸胞苷(CMP)、O-磷酸乙醇胺、庚二酸、L-异亮氨酸), 3 种表现为下调(双氢尿嘧啶、纤维二糖、20-HETE)。

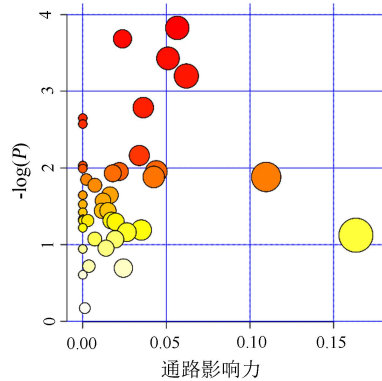


图 9 V vs W 代谢通路富集气泡图

Fig.9 V vs W Metabolic pathway enrichment bubble map

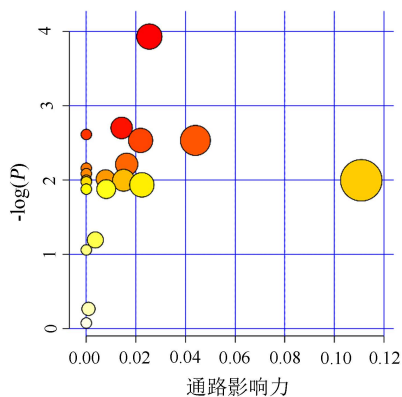


图 10 V vs X 代谢通路富集气泡图

Fig.10 V vs X Metabolic pathway enrichment bubble map

如图 11 所示, V vs Y 中共有 40 条代谢通路, 其中富集显著的通路有 5 条 ($P<0.01$), 参与这 5 条代谢通路的差异代谢物有 10 种, 其中 6 种表现为上调, 4 种差异代谢物表现为下调。

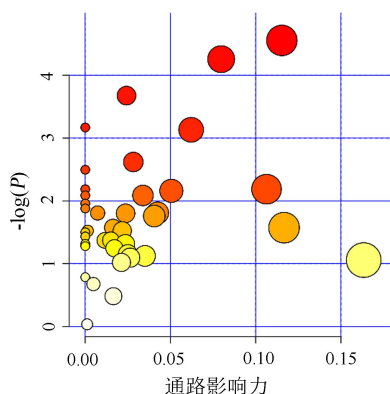


图 11 V vs Y 代谢通路富集气泡图

Fig.11 V vs Y Metabolic pathway enrichment bubble map

如图 12 所示, V vs Z 中共有 26 条代谢通路, 其中富集显著的通路有 3 条, 参与这 3 条代谢通路的差异代谢物有 5 种, 其中 3 种表现为上调(核糖醇、D-阿拉伯糖醇、表雄酮), 2 种表现为下调(苯乙醛、苯乙胺)。

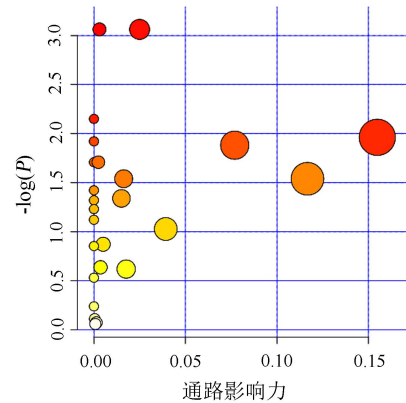


图 12 V vs Z 代谢通路富集气泡图

Fig.12 V vs Z Metabolic pathway enrichment bubble map

3 结论

随着压砂地种植年限的增加, 土壤中有有机酸积累量增加, 而糖类物质的量下降, 会影响作物生长, 降低其抗逆性。连续压砂种植晒砂瓜的土地需要更改作物类型或转变土地利用方式, 以增强土地利用的可持续性。

(作者声明本文无实际或潜在利益冲突)

参考文献:

- [1] 金彩霞, 朱雯斐, 李明亮, 等. 作物根际土壤有机酸含量动态变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(11): 86-91.
- [2] 其美, 朱静, 李敏, 等. 反相高效液相色谱法测定湿地根际土壤 11 种有机酸[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(S1): 255-261.
- [3] 邢芳芳, 高明夫, 周传志, 等. 氨基酸与植物抗逆性关系的研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2018(3): 150-155.
- [4] 候静, 杜灵通, 张学俭. 压砂种植模式对地表热场景观格局的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(1): 264-271.
- [5] 王永忠, 牛国元, 许强, 等. 宁夏中部干旱带压砂地耕作方式的生态功能[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 163-167.
- [6] 马学峰, 陈洁. 中卫市压砂地可持续利用思考[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(4): 53-55.
- [7] 王超, 王建宇, 王菲, 等. 中卫市压砂地土壤有机质空间变异特点研究[J]. 土壤通报, 2016, 47(2): 287-293.
- [8] 王建宇, 王超, 王菲, 等. 基于田间尺度的压砂地土壤肥力评价[J]. 土壤通报, 2015, 46(1): 36-41.
- [9] 王菲, 王建宇, 王幼奇. 宁夏荒地压砂年限与土壤理化性质研究[J]. 北方园艺, 2014(13): 181-185.
- [10] 王超, 王菲, 吴秀玲, 等. 压砂年限对土壤质量的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(8): 190-195.
- [11] 何学良. 宁夏水土流失重点地区水土保持沟骨干坝运行调查[J]. 工程技术研究, 2016(5): 140-141.
- [12] 金建新, 桂林国, 何进勤. 宁夏荒漠绿洲设施西瓜优化灌水频率试验研究[J]. 宁夏农林科技, 2017, 58(4): 17-19, 2.

- [13] 亓英姿, 姜月华, 杨传华. 基于非靶向气相色谱-质谱技术探讨杜仲-刺蒺藜药对降低老年自发性高血压大鼠血压的粪便代谢组学研究[J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(12): 131-134, 288.
- [14] 李婉芳. 卵清白蛋白诱导的 BALB/c 小鼠哮喘模型肺组织脂质组学分析[D]. 郑州: 郑州大学, 2019.
- [15] WANT E J, WILSON I D, GIKI H, et al. Global metabolic profiling procedures for urine using UPLC-MS[J]. Nature Protocols, 2010, 5(6): 1 005-1 018.
- [16] 祖国秀, 孙倩倩, 李灵, 等. 基于 LC-MS 技术的慢性萎缩性胃炎大鼠血清标志物研究[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(6): 3 151-3 156.
- [17] 洪浩, 周苏雅, 陈月, 等. 液相色谱质谱法对 47 例非透析慢性肾脏病患者色氨酸-犬尿氨酸通路的分析[J]. 中华肾病研究电子杂志, 2020, 9(6): 247-252.
- [18] 章海容, 张小红, 王超群. 哺乳动物雷帕霉素靶蛋白通路调控 ECA109 细胞放疗敏感性的代谢组学[J]. 山东大学学报(医学版), 2020, 58(1): 6-12.
- [19] 赵兰兰, 宋婷婷, 莫利云, 等. 地榆鞣质对环磷酰胺致小鼠白细胞减少作用的代谢组学研究[J]. 遵义医学院学报, 2019, 42(5): 495-502.
- [20] SMITH C A, WANT E J, O'MAILLE G, et al. XCMS: Processing mass spectrometry data for metabolite profiling using nonlinear peak alignment, matching, and identification[J]. Analytical Chemistry, 2006, 78(3): 779-787.
- [21] 杨梦. 基于脂质组学方法的哮喘脂质生物标志物筛选[D]. 郑州: 郑州大学, 2019.
- [22] WANG J B, PU S B, SUN Y, et al. Metabolomic profiling of autoimmune hepatitis: The diagnostic utility of nuclear magnetic resonance spectroscopy[J]. Journal of Proteome Research, 2014, 13(8): 3 792-3 801.
- [23] 张志忠, 孙志浩, 陈文辉, 等. 有机酸类化感物质对甜瓜的化感效应[J]. 生态学报, 2013, 33(15): 4 591-4 598.
- [24] 谢星光, 陈晏, 卜元卿, 等. 酚酸类物质的化感作用研究进展[J]. 生态学报, 2014, 34(22): 6 417-6 428.
- [25] 刘传和, 贺涵, 何秀占, 等. 不同连作年限菠萝园土壤差异代谢物和细菌群落结构分析[J]. 生物技术通报, 2021, 37(8): 162-175.

Effect of Planting Years on Soil Metabolites in Compacted Sandy Land in Ningxia

CAO Menghao^{1,2,3}, CHEN Lin^{1,2,3*}, PANG Danbo^{1,2,3}, HE Wenqiang^{1,2,3},
MA Jinpeng^{1,2,3}, WAN Hongyun^{1,2,3}, ZHANG Yaqi^{1,2,3}, LIU Hua⁴

(1. Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration in Northwest China, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwest China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 3. College of Ecological Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 4. Institute of Forestry and Grassland Ecosystems, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract: 【Objective】 In order to investigate the effect of continuous cropping in pressed sand on soil metabolites and to reveal the mechanism of soil degradation in pressed sandland. 【Method】 In this study, the soil of pressed sand melon with different planting years in Ningxia was taken as the research object, and the soil without pressed sand melon was used as the control group (V) to analyze metabolites and metabolic pathways in the soil of pressed sand melon continuously planted with 3 (W), 7 (X), 15 (Y) and 37 (Z). 【Result】 A total of 559 different metabolites were detected in V vs W group, of which 428 were up-regulated and 131 were down-regulated, 293 different metabolites were detected in V vs X group, of which 215 were up-regulated and 78 were down-regulated, 730 different metabolites were detected in V vs Y group, of which 575 were up-regulated and 155 were down-regulated, and 666 different metabolites were detected in V vs Z group, of which 479 were up-regulated and 187 were down-regulated. With the increase of planting years, the content of carbohydrates decreased significantly, and the content of organic acids increased, which changed the soil environment and affected the growth and development of plants. In addition, the KEGG metabolic pathway shows that the metabolic activity in the soil decreases with the increase of planting years, especially the metabolism of amino acids, which directly affects the normal physiological activities of plants. 【Conclusion】 With the increase of planting life in pressed sand, the accumulation of organic acids in the soil increases, and the content of carbohydrates decreases, which leads to soil degradation and seriously affects the growth of crops.

Key words: sand-pressed land; planting years; metabolic pathways; differential metabolites

责任编辑: 韩 洋