

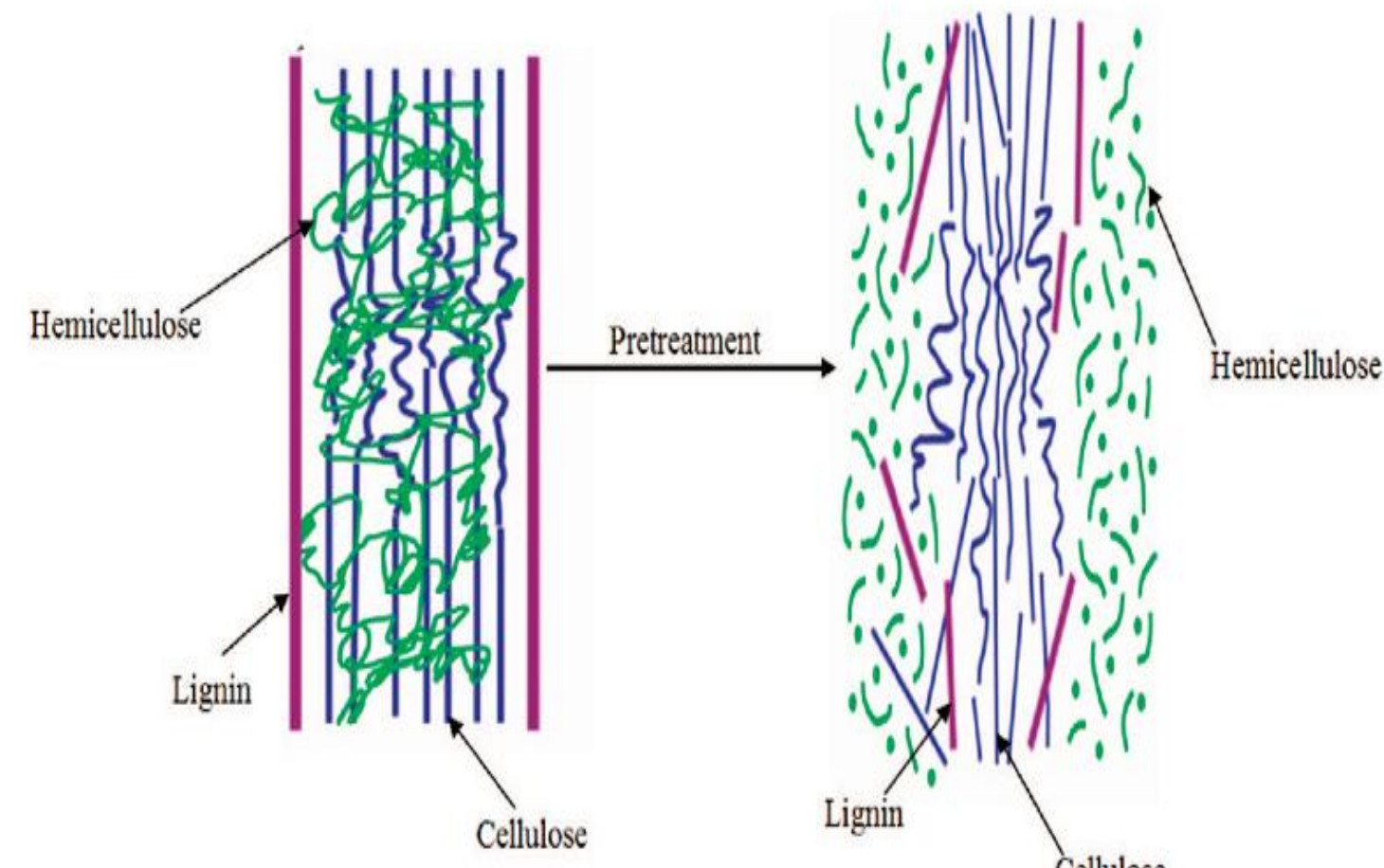
水热预处理及酸/碱-水热预处理对玉米秸秆酶解产糖以及厌氧发酵的影响

研究生：樊世漾；导师：张盼月 教授



研究背景

我国是一个农业大国，每年产生7亿多吨的农业废弃物秸秆。利用秸秆酶解产糖以及厌氧发酵产沼气是有效且有前景的处理方式。农作物秸秆由于它的木质素-半纤维素的稳定结构，导致酶解产糖效率以及厌氧消化产气低，因此需要对秸秆进行预处理。寻求一种有效且环境友好的预处理方式具有很强的现实意义。



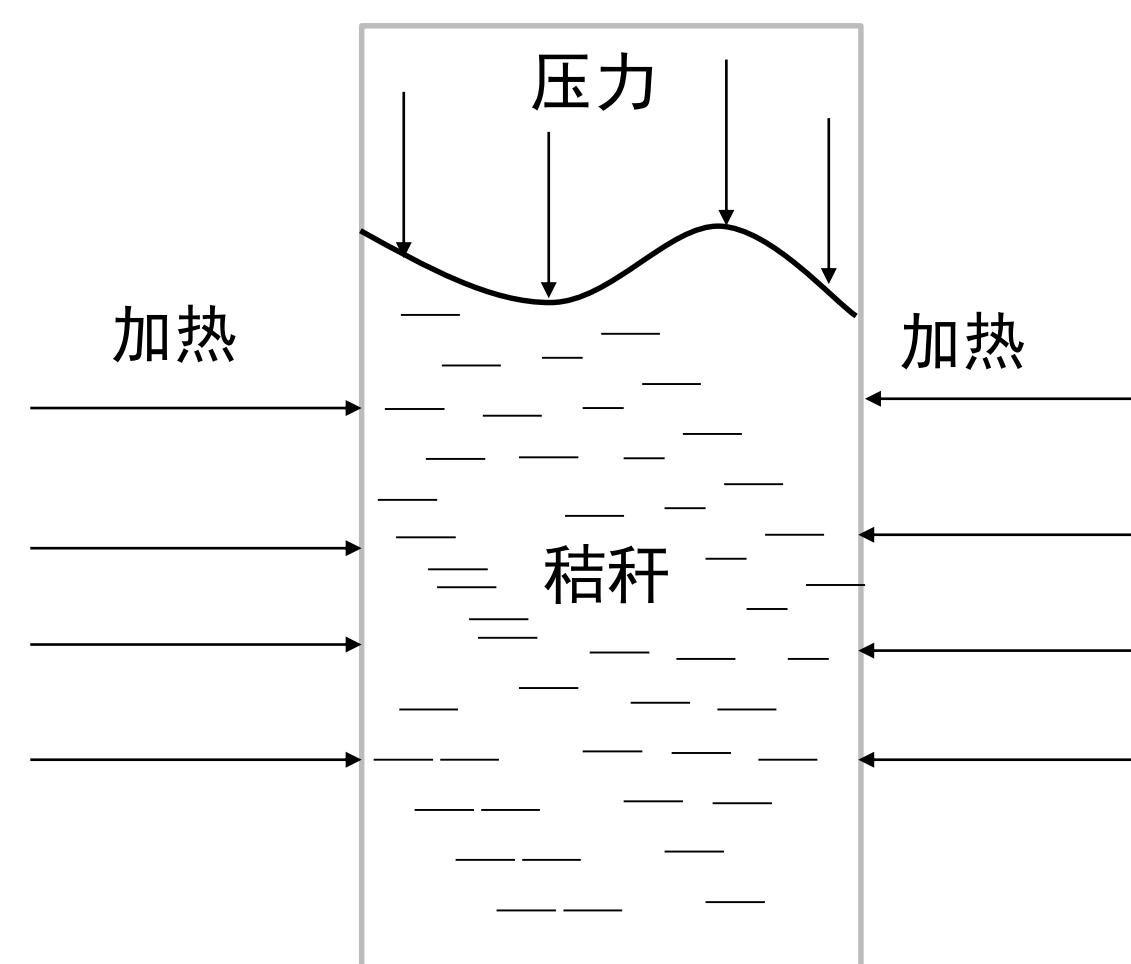
研究内容

采用水热预处理方法对玉米秸秆进行预处理，研究预处理温度、时间对玉米秸秆的影响；探究碱/酸-水热预处理对玉米秸秆的影响。

研究方法

利用SEM、FTIR、XRD以及玉米秸秆纤维素、半纤维素和木质素含量的变化探究水热预处理对玉米秸秆理化性质的影响；

分析玉米秸秆的酶解产糖以及厌氧发酵产气探究水热预处理对玉米秸秆生物降解性能的影响。



部分研究结果

不同预处理条件的影响

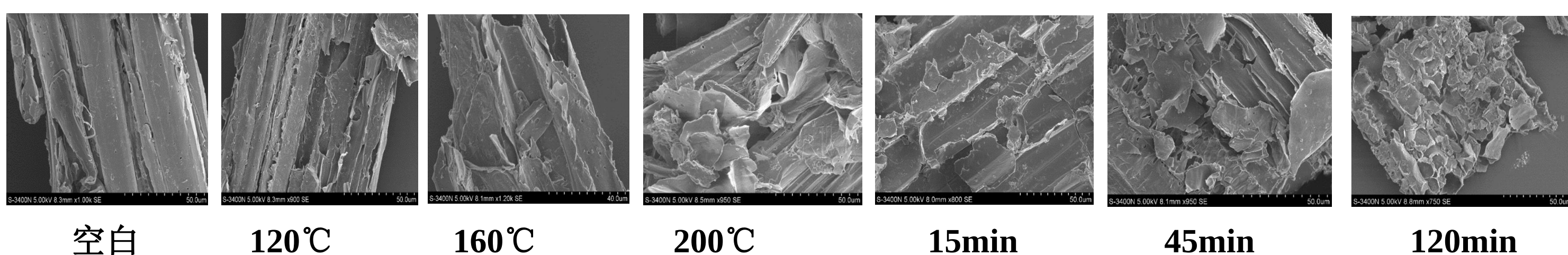


Fig.1 不同预处理操作条件下玉米秸秆表面结构的影响

预处理温度越高，玉米秸秆表面结构破坏越严重；预处理时间越长，玉米秸秆表面结构破坏越严重。

Table.1 不同预处理操作条件下对玉米秸秆三素的影响

操作条件	固体产量 (%)	纤维素 (%)	半纤维素 (%)	木质素 (%)
无预处理	100	45.56	34.87	6.31
120°C	97.7	44.85	30.44	6.48
160°C	85.7	46.52	22.53	8.23
200°C	68	48.61	2.87	10.06
15min	87.7	43.52	20.1	17.2
45min	80.6	46.2	14.9	20.4
120min	73.6	48.6	7.2	21.1

随着预处理温度、时间的增加，半纤维素含量迅速减小，破坏了玉米秸秆的稳定结构；会生成一些酸不溶物质，增大了木质素的含量；高温下能去除一定量的纤维素。

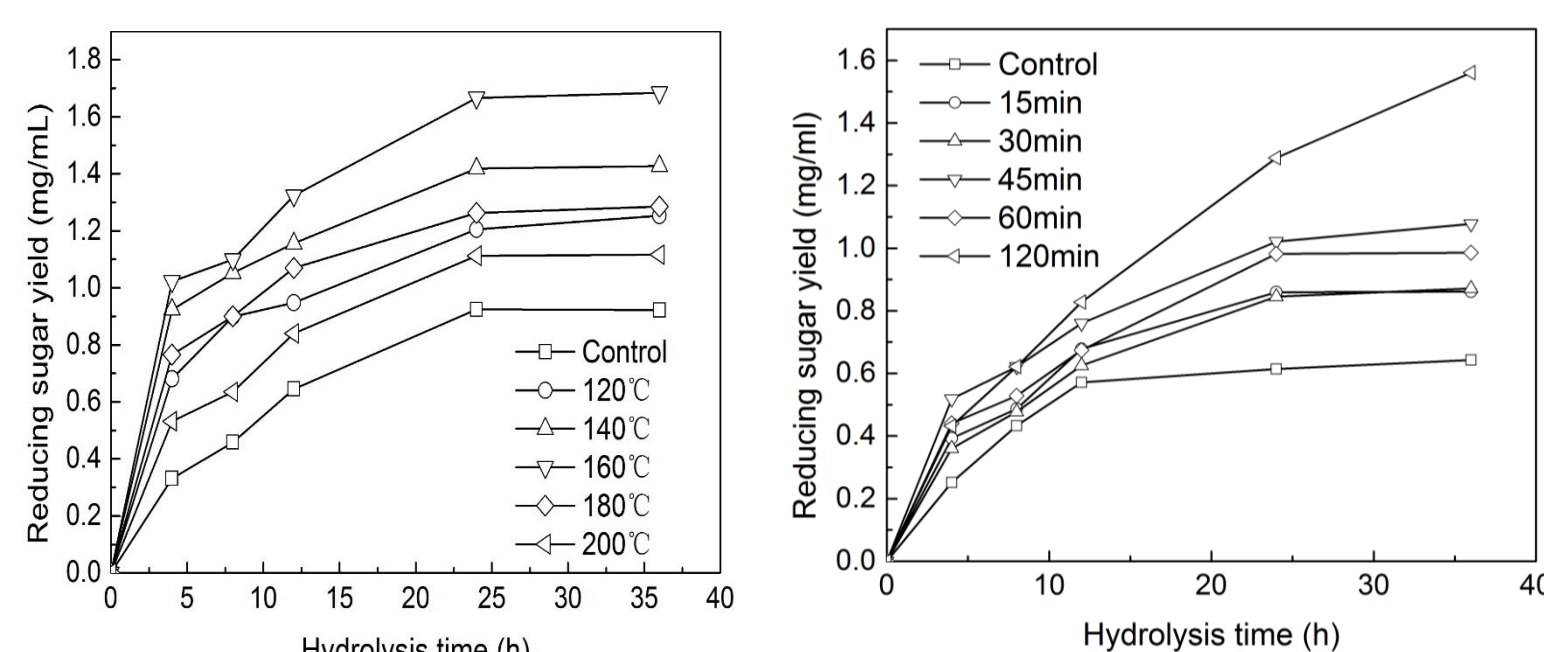


Fig.2 不同预处理操作条件下酶解产糖的影响

160°C下玉米秸秆产糖1.69mg/mL，是未预处理的1.93倍；120min下玉米秸秆产糖1.56mg/mL，是未预处理的2.43倍。

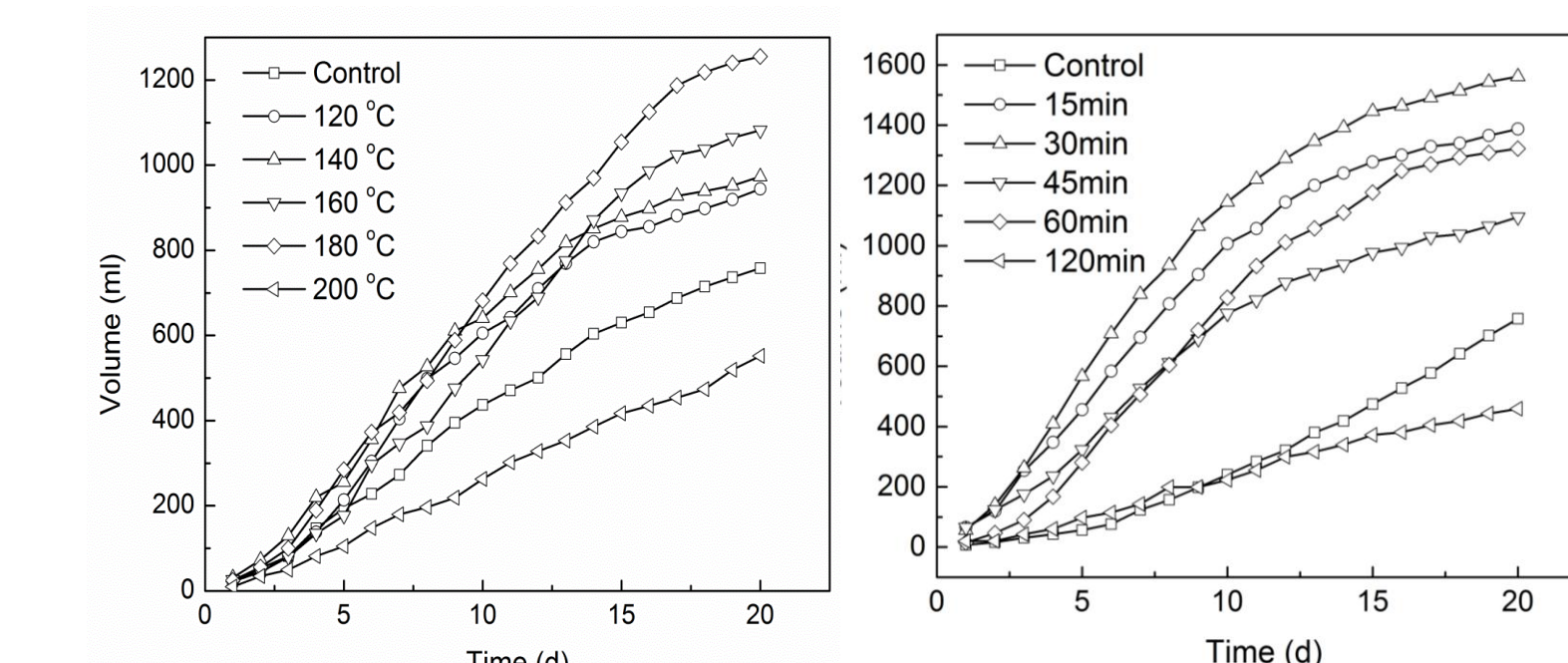


Fig.3 不同预处理操作条件下厌氧发酵产气的影响

添加NaOH/H₂SO₄的影响

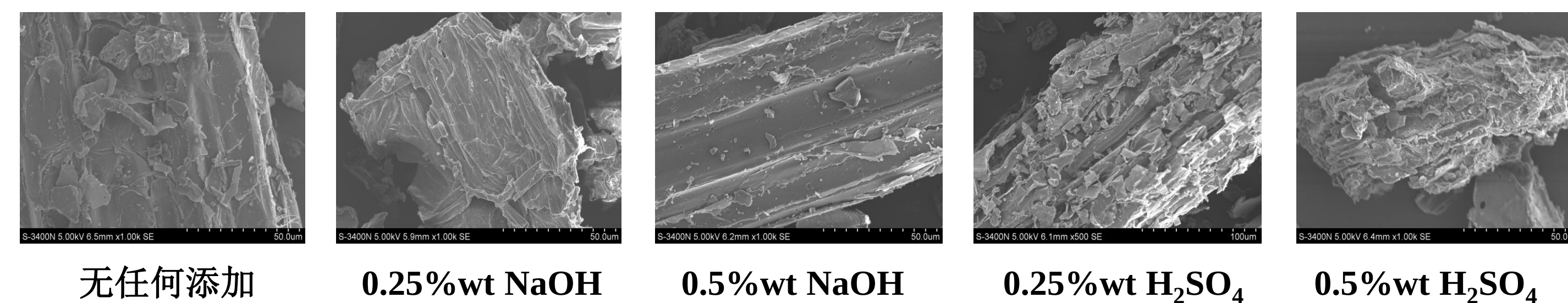


Fig.4 添加NaOH/H₂SO₄对玉米秸秆表面结构的影响

添加NaOH会抑制玉米秸秆表面结构的破坏，添加H₂SO₄会促进玉米秸秆表面结构的破坏。

Table.2 添加NaOH/H₂SO₄对玉米秸秆三素的影响

添加物	半纤维素 (%)	纤维素 (%)	木质素 (%)
无添加	34.0	43.5	7.7
0.25%wt NaOH	33.4	43.6	7.4
0.5%wt NaOH	30.9	43.7	6.7
0.25%wt H ₂ SO ₄	29.7	42.5	8.2
0.5%wt H ₂ SO ₄	28.4	43.3	8.1

添加NaOH，对半纤维素降解促进效果不明显，添加NaOH可以促进木质素的溶出，促进酶解产糖以及厌氧消化产气。

添加H₂SO₄，促进半纤维素的降解；破坏玉米秸秆的稳定结构；添加H₂SO₄会生成酸不溶木质素，增加木质素含量。

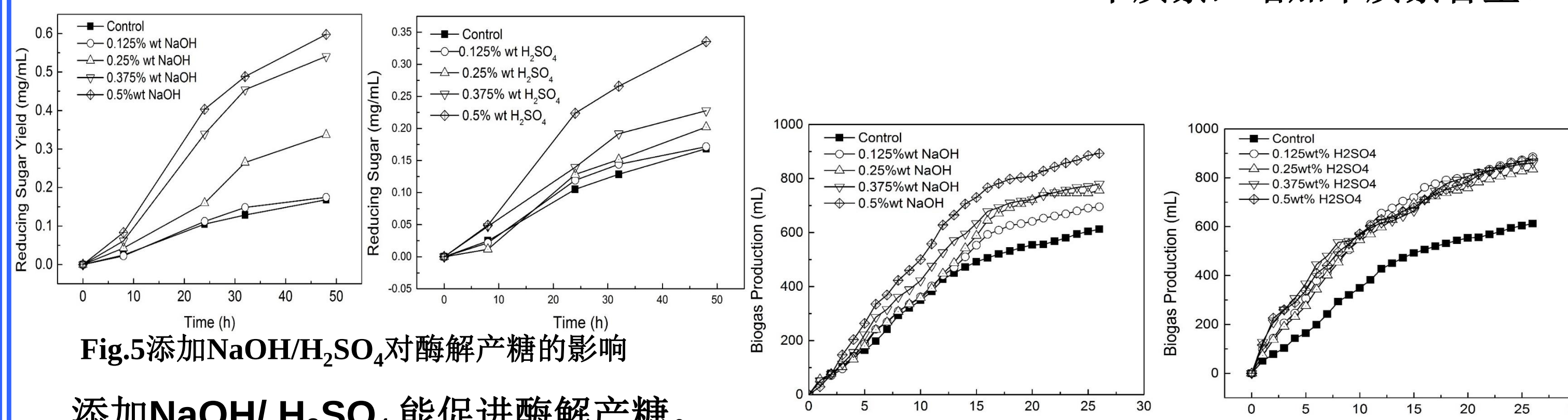


Fig.5 添加NaOH/H₂SO₄对酶解产糖的影响

添加NaOH/H₂SO₄能促进酶解产糖。NaOH浓度为0.5%wt时，酶解产糖效率最高。最高为0.60 mg/mL，是无添加的3.53倍。添加H₂SO₄的量为0.5%wt时，酶解产糖最多，0.34 mg/mL，是对照样产糖量的2.02倍。

Fig.6 添加NaOH/H₂SO₄对厌氧发酵产气的影响

添加NaOH/H₂SO₄能促进厌氧发酵产气。NaOH浓度为0.5%wt时，厌氧发酵产气为893mL，是未添加的1.46倍；H₂SO₄浓度的变化对厌氧发酵产气影响不大。

研究结论

- 1、水热预处理是一种有效的玉米秸秆预处理方法，可以去除玉米秸秆中的半纤维素，高温条件下可以去除纤维素，破坏玉米秸秆的结构；
- 2、酶解产糖的最优条件是160°C、120min；厌氧发酵产气的最优条件是180°C、30min；
- 3、NaOH会减少水热预处理过程中H⁺浓度，抑制水热预处理过程中玉米秸秆表面结构的破坏，但可促进半纤维素的降解以及部分木质素的溶出，提高生物降解性能；
- 4、H₂SO₄会增大水热预处理过程中H⁺浓度，促进玉米秸秆表面结构的破坏，提高半纤维素及纤维素的降解，提高生物降解性能。

课题来源

- 国家自然科学基金：木质纤维素的动物消化机制识别及在厌氧消化产甲烷过程中的调控应用与机理（51578068）

主要研究成果：

Shiyang Fan, Panyue Zhang, Fan Li, Shuguan Jin, Siqi Wang, Shuqiong Zhou. A review of lignocellulose change during hydrothermal pretreatment for bioenergy production. Current Organic Chemistry (SCI, IF=2.157), 2016.