

## 有机废弃物醋糟、粉煤灰对高粱幼苗生长 及光合速率的影响

范娜<sup>1,2</sup>,白文斌<sup>1,2</sup>,柳青山<sup>1,2</sup>,曹昌林<sup>1,2</sup>,彭之东<sup>1,2</sup>,史丽娟<sup>1,2</sup>,  
张建华<sup>1,2</sup>,李光<sup>1,2</sup>,郭瑞峰<sup>1,2</sup>,江佰阳<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山西省农科院高粱研究所,山西晋中 030600;

<sup>2</sup>高粱遗传与种质创新山西省重点实验室,山西晋中 030600)

**摘要:**以山西省醋糟作为研究对象,通过分析不同配比醋糟、粉煤灰对高粱幼苗生长及光合速率的影响,以期实现山西省醋糟的资源化利用。试验设置醋糟、粉煤灰4个处理及化肥对照,采用随机区组设计。结果表明:不同配比的醋糟、粉煤灰混合物具有提高高粱光合速率、叶绿素含量及幼苗生长的作用,其中以处理2(醋糟:粉煤灰=1:1配比)效果最好,其光合速率和叶绿素含量分别比对照提高了12.07%和6.47%;气孔导度和蒸腾速率分别比对照降低了17.39%、9.10%。综上所述,醋糟、粉煤灰混合物可以有效提高高粱幼苗生长、光合速率。

**关键词:**高粱;醋糟;粉煤灰;生长;光合

中图分类号:S-3

文献标志码:A

论文编号:casb16050008

### Vinegar Residue and Coal Ash: The Effect on Sorghum Growth and Photosynthetic Rate

Fan Na<sup>1,2</sup>, Bai Wenbin<sup>1,2</sup>, Liu Qingshan<sup>1,2</sup>, Cao Changlin<sup>1,2</sup>, Peng Zhidong<sup>1,2</sup>, Shi Lijuan<sup>1,2</sup>,  
Zhang Jianhua<sup>1,2</sup>, Li Guang<sup>1,2</sup>, Guo Ruifeng<sup>1,2</sup>, Jiang Baiyang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Sorghum Research Institute of Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Jinzhong Shanxi 030600;

<sup>2</sup>Sorghum Genetic and Germplasm Innovation in Shanxi Province Key Laboratory, Jinzhong Shanxi 030600)

**Abstract:** This study takes vinegar residue in Shanxi as the research object. By analyzing the influence of different ratios of vinegar residue and coal ash on the growth and photosynthetic rate of sorghum seedling, the authors aim to achieve resource utilization of vinegar residue in Shanxi. The test set 4 treatments of vinegar residue and coal ash and took chemical fertilizer as the control, and used randomized block design. The results showed that different ratios of vinegar residue and coal ash mixture could improve the photosynthetic rate, chlorophyll content and seedling growth of sorghum, among which, treatment 2 (vinegar residue: coal ash=1:1 ratio) had the best effect, the photosynthetic rate and chlorophyll content was 12.07% and 6.47% higher than that of the control respectively; the stomatal conductance and the transpiration rate reduced by 17.39% and 9.10% respectively compared with that of the control. In summary, the vinegar residue and coal ash mixture can effectively improve the growth and photosynthetic rate of sorghum seedlings.

**Key words:** sorghum; vinegar residue; coal ash; growth; photosynthesis

**基金项目:**国家科技支撑计划项目“优质高粱高效生产技术与示范”(2014BAD07B02);山西省科技攻关项目“高粱深加工关键技术研究——醋糟在土壤改良中的应用研究”(20150311003-1);高粱遗传与种质创新山西省重点实验室项目“粒用高粱耐盐种质资源鉴定研究”(2015Q-03)。

**第一作者简介:**范娜,女,1981年出生,山西太原人,助研,硕士,主要从事高粱栽培技术和生物有机肥研究工作。通信地址:030600 山西省晋中市榆次区蕴华西街238号 山西省农科院高粱高粱研究所,Tel:0354-8593518,E-mail:glzsps@163.com。

**通讯作者:**白文斌,男,1983年出生,山西长治人,副研,硕士,主要从事高粱栽培技术及精准农业研究工作。通信地址:030600 山西省晋中市榆次区蕴华西街238号 山西省农科院高粱研究所,Tel:0354-8593657,E-mail:baiwenbin1983@126.com。

**收稿日期:**2016-05-03,修回日期:2016-08-03。

### 0 引言

醋糟是制醋时排放出来的工业有机废弃物。山西省制醋业采用固态发酵工艺,选用高粱、麦麸和稻壳作为原料,经过2次发酵,固液分离后得到食醋和醋糟。醋糟结构微观多孔,可以有效增加土壤的保水保肥性及种子出苗率,从而为土壤微生物的栖息活动提供良好的场所<sup>[1]</sup>。另外,山西省晋中市是重要的能源基地,市内有着众多的火力发电厂(如榆社华能电厂等大型电厂),粉煤灰是发电厂排放出来的工业有机废弃物。醋糟酸性较强,有机质、氮磷钾等营养元素含量高;粉煤灰具有很好的通气性、透水性、保水性,并且粉煤趋碱性,粉煤灰和醋糟两者结合可以有效地改善土壤特性。因此,对粉煤灰和醋糟进行科学地再利用,有着十分重要的意义<sup>[2]</sup>。

高粱是全球农业生态系统中重要的作物,具有抗逆性强、光合效率高、显著特性,是干旱、盐碱和瘠薄等边际农田生长的先锋作物、相对高产作物<sup>[3]</sup>。在国内,高粱主要作为传统酿造业的主要原料,随着传统酿造业和高粱配合饲料业地不断发展,高粱种植面积呈逐步扩大的趋势<sup>[4]</sup>。

近几年来,国内外开展了将醋糟应用于饲料、食用菌栽培料、植物无土栽培基质、医药和生物质能源等方

面的研究,但是利用醋糟、粉煤灰栽培高粱的研究尚未见报道。因此,本试验利用有机废弃物醋糟、粉煤灰,研究其对高粱幼苗生长表现,旨在找到适合高粱幼苗生长的最佳醋糟、粉煤灰混合比例,研发适宜于高粱生长的醋糟、粉煤灰混合物,以期实现山西省醋糟的资源化利用。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验时间、地点

试验于2015年9月在山西省农科院东阳示范基地温室内进行。该地区属温带大陆性半干旱季风气候。冬季干冷,春旱多风,夏季雨热,秋季旱涝无常的黄土高原特征表现明显。据资料统计,该区年平均气温为9.8℃,>0℃积温3990℃,无霜期151天左右,多年平均降水量为414.7 mm,降水变率在27%左右,降水70%以上集中在6—9月,最少日照数为2535 h,地下水埋深50~55 m(山西中部主要井灌区)。

#### 1.2 试验材料

试验材料有粉煤灰、醋糟(风干),其中粉煤灰由山西省榆社电厂提供,醋糟由山西省东湖醋厂提供,供试高粱品种为山西省农业科学院高粱研究所选育的中晚熟品种‘晋杂18号’。土壤基础理化性状见表1。

醋糟基本理化性状见表2。

表1 基础土壤基本理化性状

名称	pH	EC/(mS/cm)	孔隙度/%	容重/%	全氮/(g/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	有机质/%
土壤	7.64	4.66	14.85	0.39	1.03	48.3	413.4	26.9

表2 醋糟、粉煤灰基本理化性状

名称	pH	EC/(mS/cm)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)
醋糟	3.8	4.89	279.45	351.07
粉煤灰	7.8	4.01	30.71	82.87

#### 1.3 试验设计

本试验采用盆栽试验方法,分别施入不同配比的醋糟、粉煤灰混合物,待幼苗长至3~4片真叶,间苗。采用滴灌装置定量补充水分。

试验采用随机区组排列,共设5个处理,每个处理共计15盆。鲜醋糟经自然风干至颗粒松散后使用。醋糟、粉煤灰用量为1800 kg/hm<sup>2</sup>,另外配施硝酸钾1500 kg/hm<sup>2</sup>,所有肥料一次性做基肥施入。醋糟、粉煤灰混合物施用配比见表3。

#### 1.4 样品采集与分析

##### 1.4.1 土壤理化性状的测定

(1)容重和孔隙度。基质自然加满至已知体积(V)

表3 试验处理一览表

处理名称	醋糟、粉煤灰混合物施用配比(质量比)
处理1	纯醋糟
处理2	醋糟:粉煤灰=1:1
处理3	醋糟:粉煤灰=2:1
处理4	醋糟:粉煤灰=3:1
对照(CK)	化肥对照

的烧杯(烧杯重  $m_0$ ),称重  $m_1$ ,浸泡水中24 h,称重  $m_2$ ,倒置烧杯,待烧杯水分自然沥干,称重  $m_3$ 。按公式(1)~(4)计算。

$$\text{容重} = (m_1 - m_0) / V \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{总孔隙度} = [(m_2 - m_1) / V] \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{通气孔隙} = [(m_2 - m_3) / V] \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{持水孔隙} = \text{总孔隙度} - \text{通气孔隙} \dots\dots\dots (4)$$

(2)pH和EC值测定。风干样品,称取10g,加蒸馏水50mL,搅拌后放置30min,立即用定量滤纸过滤,以pH计和电导率仪测定。

(3)养分测定。土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法,土壤全氮采用半微量凯氏定氮法,土壤有效磷采用钼锑抗显色分光光度法,土壤速效钾采用醋酸铵提取火焰光度法测定<sup>[5-6]</sup>。

1.4.2 叶片光合测定<sup>[7]</sup> 播种50天后选择3株长势一致的植株取穗位下部第2片展开叶中部测定高粱各品系的净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $T_r$ )。由便携式光合测定系统(c1-340型,美国CID公司)测定,光照强度1800~1900  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

1.4.3 叶片叶绿素测定<sup>[8]</sup> 播种50天后测定叶片叶绿素含量,由OS-5p超便捷式调制叶绿素荧光仪测定。

1.4.4 幼苗株高测定 播种后40天调查幼苗生长速率以及叶片数。

### 1.5 统计分析方法

利用Excel、DPS软件进行试验数据分析,选用LSD进行方差多重性比较。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同处理对高粱叶片光合速率以及叶绿素含量的影响

作物光合速率的高低对有机物的合成和积累呈正相关,对作物的生长发育有重要影响<sup>[9]</sup>。气孔导度的大小影响光合作用。

由表4可以看出,不同配比的醋糟、粉煤灰混合物处理具有提高高粱光合速率和叶绿素含量的作用。其效果依次为处理2>处理3>处理1>处理4>对照。其中以处理2(醋糟:粉煤灰=1:1配比)效果最好,其光合速率和叶绿素含量分别比对照提高了12.07%和6.47%;气孔导度和蒸腾速率分别比对照降低了17.39%、9.10%。

醋糟营养丰富,N、P、K总含量非常高,另外还含钙、赖氨酸、蛋氨酸等多种营养物质,可以作为栽培基质,为作物生长发育提供营养。醋糟偏酸,粉煤灰的相对偏碱,两者混合就可使酸碱性适于植物栽培,从而满足了植物生长要求;另外粉煤灰的颗粒较小,与醋糟混合,能够很好地降低纯醋糟的孔隙度,提高纯醋糟的保水性。因此,两者结合后改善了作物根际气水环境,提高了保水保肥能力和根际通气能力。

本研究结果表明, $P_n$ 与叶绿素含量呈正相关,高

表4 不同处理对高粱光合指标以及叶绿素含量的影响

处理名称	光合速率/ $[\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$	气孔导度/ $[\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$	蒸腾速率/ $[\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$	叶绿素
处理1	29.54±2.12c	0.38±2.01bc	4.1±3.85cd	46.5±1.55b
处理2	31.09±1.95d	0.30±2.51d	3.94±3.91d	48.5±1.85d
处理3	28.64±1.85b	0.37±2.88bc	4.29±2.50bc	47.5±1.80c
处理4	27.57±2.03a	0.42±2.50c	4.31±3.88b	46.2±1.625ba
对照(CK)	27.74±2.19a	0.46±2.84a	4.51±3.85a	43.7±1.70a

注:标准数据为3次平均数据,多重比较采用DPS法,同列小写字母表示0.05上水平差异显著。

粱的产量与 $P_n$ 达极显著正相关,这与郑殿君等<sup>[9]</sup>在大豆上、范娜等<sup>[10-11]</sup>在高粱、韩勇等<sup>[12]</sup>在水稻上的研究结果一致。

### 2.2 不同处理对高粱幼苗生长的影响

播种后40天测定高粱幼苗生长高度及叶片数。试验采用的醋糟pH相对偏酸,粉煤灰的pH相对偏碱,2种混合比例使基质的酸碱中和,从而满足了植物生长要求。由表5可以看出,醋糟处理可以提高幼苗的生长,其效果为处理2>处理1>处理3>处理4>CK。主要是由于醋糟具有微观多孔结构,该结构为土壤微生物的栖息活动提供良好的场所。

表5 不同处理对高粱幼苗生长的影响

不同处理	生长时期	幼苗株高/cm
处理1	5片叶	46.45±1.03d
处理2	6片叶	49.26±1.25e
处理3	5片叶	44.84±1.40bc
处理4	5片叶	43.43±1.80b
对照(CK)	4片叶	35.97±1.16a

## 3 结论与讨论

利用农业废弃物,一方面可以减少农业废弃物本身分解产生的CO<sub>2</sub>,另一方面可以通过使用醋糟增加

对空气中的CO<sub>2</sub>固定,从而增加土壤碳截留<sup>[13-15]</sup>。醋糟含有大量的有机物和无机物,可为土壤微生物的生命活动提供能量和养料<sup>[16-18]</sup>。

(1)本试验结果表明,醋糟、粉煤灰混合物可以显著提高高粱幼苗生长速率及叶片光合速率。醋糟营养丰富,总N、P、K含量高。另外,还含钙、赖氨酸、蛋氨酸等多种营养物质,为作物生长发育提供营养<sup>[19-20]</sup>。

(2)醋糟肥料施入土壤后,其变化过程是相当复杂的,醋糟、粉煤灰混合物提高高粱幼苗生长速率及叶片光合速率的作用机理有待更进一步地研究。

(3)本试验在温室小区效果明显,是否适合大田大面积施用还有待进一步研究;本试验只对高粱苗期生长情况进行了调查,醋糟、粉煤灰混合物是否对整个生育期都有影响有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 李萍萍,胡永光,赵玉国,等.利用醋糟开发植物栽培基质的发酵技术[J].城市环境与城市生态,2003(8):79-50.
- [2] 牛常青,杨艳君,王向东,等.醋糟粉煤灰不同比例混合基质对高羊茅生长的影响[J].晋中学院学报,2010(6):51-54.
- [3] Caldwell C D. A comparison of ethephon alone and in combination with CCC or DPC applied to spring barley[J].Canadian Journal of Plant Science,1988(68):941-946.
- [4] Ma B L. Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon[J].Agronomy Journal,1991(83):270-274.
- [5] 袁晓华,杨中汉.植物生理生化试验[M].北京:高等教育出版社,1983:128-132.
- [6] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005:103-120.
- [7] 张志良,瞿伟菁.植物生理学试验指导[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [8] 郝建军,康宗利,于洋.植物生理学试验技术[M].北京:化学工业出版社,2007.
- [9] 郑殿君,张治安,姜丽艳,等.不同产量水平大豆叶片净光合速率的比较[J].东北农业大学学报,2010,41(9):1-5.
- [10] 范娜.2种生长调节剂对高粱生长、产量和品质影响的研究[J].中国农学学报,2015,5(10):6-10.
- [11] 范娜.硅肥对高粱产量、光合速率以及抗折力影响的研究[J].中国农学通报,2015,30(31):139-142.
- [12] 韩勇,李建国,姜秀英.辽宁省水稻灌浆期光合特性及其与产量品质的相关性分析[J].吉林农业科学,2012,37(1):4-8.
- [13] 胡廷会,李立军,李杨,等.结瘤因子和苏云金菌素对干旱胁迫下燕麦产量及其保护酶活性的影响[J].西北植物学报,2013,33(12):2451-2458.
- [14] 吕军,文庭池,郭刊亮,等.酒糟生物有机肥和微生物菌剂对土壤微生物数量及高粱产量的影响[J].农业现代化研究,2013,34(4):502-506.
- [15] 胡廷会.干旱胁迫下LC0和Th-17对燕麦形态、生理指标及根际土壤环境的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014:41.
- [16] 王宁,曹敏建,王君,等.NaCl和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+NaHCO<sub>3</sub>对玉米种子萌发及幼苗生长的影响差异研究[J].作物杂志,2009(4):52-56.
- [17] 张秀玲.不同盐分胁迫对野生大豆种子发芽的影响[J].大豆科学,2009,28(3):461-466.
- [18] 郭望模,傅亚萍,孙宗修.水稻芽期和苗期耐盐指标的选择研究[J].浙江农业科学,2004(1):30-33.
- [19] Azhar F M, McNeilly T. Variability for salt tolerance in *Sorghum bicolor* L. Moench under hydroponic conditions[J].J Agron Crop Sci,1987,159:269-277.
- [20] 苗春乐,郝丽珍,王萍,等.NaCl胁迫对沙葱种子生活力及抗氧化酶活性的影响[J].华北农学报,2008,23(4):172-175.