

范娜, 白文斌, 王海燕, 等. 醋糟、粉煤灰对盐渍地高粱生长及土壤性状影响的研究[J]. 农业资源与环境学报, 2017, 34(6): 531-535.

FAN Na, BAI Wen-bin, WANG Hai-yan, et al. Effects of Vinegar Bad and Flyash on the Growth of Sorghum and the Improvement of Saline Soils[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(6): 531-535.

醋糟、粉煤灰对盐渍地高粱生长及土壤性状影响的研究

范娜^{1,2}, 白文斌^{1,2*}, 王海燕^{1,2}, 乔月静³, 彭之东^{1,2}, 马涌¹

(1.山西省农科院高粱研究所, 山西 晋中 030600; 2.高粱遗传与种质创新山西省重点实验室, 山西 晋中 030600; 3.山西农业大学农学院, 山西 太谷 030801)

摘要:以高粱生长情况和盐渍土改良作为切入点,研究醋糟、粉煤灰对盐渍地高粱生长及盐渍土的改良效果,为醋糟、粉煤灰盐渍土改良提供理论指导和技术依据。试验采用随机区组设计,分别设置纯醋糟(处理1)、醋糟与粉煤灰1:1配比(处理2)、醋糟与粉煤灰2:1配比(处理3)和对照4个处理。试验结果表明:高粱生长的4个时期,土壤速效养分含量均呈现先上升后下降的趋势,醋糟、粉煤灰处理效果好于对照,其中以醋糟和粉煤灰1:1配比效果最好;对照处理土壤容重播种前后下降幅度最小,处理1、处理2、处理3土壤容重降幅分别为19.6%、28.6%、11.32%;处理1、处理2、处理3穗长分别比对照提高了6.25%、9.06%、3.93%;千粒重分别比对照提高了8.41%、9.26%、1.35%;单株产量分别比对照提高了10.53%、13.26%、8.89%;处理以醋糟、粉煤灰1:1配比效果最好。综上所述,醋糟、粉煤灰改善了盐渍土理化性质,改善深层土壤的环境,为植物生长提供了适宜的生长环境,从而提高了高粱产量。

关键词:高粱;盐渍土;醋糟;粉煤灰;改良

中图分类号:S156.4

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2017)06-0531-05

doi: 10.13254/j.jare.2017.0132

Effects of Vinegar Bad and Flyash on the Growth of Sorghum and the Improvement of Saline Soils

FAN Na^{1,2}, BAI Wen-bin^{1,2*}, WANG Hai-yan^{1,2}, QIAO Yue-jing³, PENG Zhi-dong^{1,2}, MA Yong¹

(1.Sorghum Research Institute of Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Jinzhong 030600, China; 2.Sorghum Genetic and Germplasm Innovation in Shanxi Province Key Laboratory, Jinzhong 030600, China; 3.College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract:Based on the sorghum growth and salinity soil improvement, the effects of vinegar bad and flyash on the growth of sorghum and the improvement of saline soils were studied. The experiment was carried out with random block design, in 4 treatment, which were pure vinegar bad(treatment 1), vinegar bad and fly ash 1:1 ratio(treatment 2), vinegar bad and fly ash 2:1 ratio(treatment 3) and control respectively. The results showed that the contents of available nutrient in the four periods of sorghum growth increased firstly and then decreased, and the effect of vinegar bad and flyash treatment was better than that of control. Among them, the ratio 1:1 of vinegar and fly ash had the best effect. The results showed that compared with the control, the soil bulk density of treatment 1~3 was decreased by 19.6%, 28.6% and 11.32%, respectively. The spike length of treatment 1~3 was 6.25%, 9.06%, 3.93% higher than that of the control, respectively. The yield per plant of treatment 1~3 was increased by 10.53%, 13.26% and 8.89%, respectively. In summary, vinegar bad, flyash could improve the physical and chemical properties of saline soil, improve the environment of deep soil for plant growth, thereby increase the yield of sorghum.

Keywords:sorghum; saline soil; vinegar bad; flyash; improvement

收稿日期:2017-05-18 录用日期:2017-06-26

基金项目:高粱遗传与种质创新山西省重点实验室项目“有机废弃物对高粱生长及次生盐渍土修复效果的研究”(2017K-02);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)

作者简介:范娜(1981—),女,山西太原人,硕士,助研,主要从事高粱逆境生理和生物有机肥研究工作。E-mail:glzszps@163.com

*通信作者:白文斌 E-mail:baiwenbin1983@126.com

我国盐碱地分布面积广,并且呈现逐年增长的趋势,造成严重的经济损失^[1]。近年来,随着人口的不断增加、不合理的灌溉,导致大面积土地产生土壤盐渍化。盐碱胁迫损伤农作物植物膜结构,损害膜脂及功能蛋白,破坏细胞正常的生理生化过程,影响植物蛋白质合成、抑制呼吸、光合作用以及能量代谢等。盐渍土作为国家后备耕地资源,对其进行改良具有重要意义^[2]。

高粱是重要的粮食饲料作物,也是酿酒和新型能源工业的原料。高粱具有比较强的耐旱、耐盐碱性^[3]。在我国人地矛盾和能源困境日益加剧的今天,利用盐碱地发展高粱种植具有重大的现实意义。

山西省作为重要的能源基地,粉煤灰是火力发电厂产生的废弃物;山西省制醋产业发展迅速,醋糟是制醋业排放的典型有机废弃物。醋糟、粉煤灰产生量大,对环境造成不良影响^[4]。醋糟营养丰富,氮、磷、钾含量高,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;粉煤灰具有很好的透气性、透水性、保水性,并且粉煤趋碱性,醋糟偏酸性,两者结合可以有效地改善土壤特性^[5-6]。鉴于以上原因将废弃物醋糟、粉煤灰应用在盐渍土改良中,为醋糟粉煤灰循环经济体系提供一条途径。

目前研究醋糟、粉煤灰盐渍地高粱生长及土壤特性的较少。本课题组以高粱生长情况和盐渍土改良作为切入点,研究醋糟、粉煤灰对次生盐渍地高粱生长及盐渍土的改良效果,为废弃物利用及盐渍土改良提供理论指导和技术依据。

1 材料和方法

1.1 试验地基本情况

试验于 2014—2016 年在山西省农业科学院东阳实验基地日光温室内进行。试验区属暖温带大陆性季风气候,年平均气温 9.4℃,≥10℃有效积温 3 875.6℃,常年平均降水量 437.4 mm,其中 5—10 月降水量 423.9 mm,无霜期平均为 151 d。试验年度 5—10 月降水量 453.8 mm,降水属丰水年型。

盐渍土理化性状见表 1。

表 1 盐渍土理化性状一览表

Table 1 The physical and chemical properties of saline soils

土壤容重/ g·cm ⁻³	总孔隙度/%	汽水比	碱解 N/ mg·kg ⁻¹	速效 P/ mg·kg ⁻¹	速效 K/ mg·kg ⁻¹	pH 值
1.52	36.7	0.23	31.48	9.63	26.8	8.51

1.2 试验材料

试验材料为粉煤灰、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”。醋糟、粉煤灰基本理化性状见表 2。

表 2 醋糟、粉煤灰基本理化性状

Table 2 The basic physical and chemical properties of vinegar bad and flyash

名称	pH 值	EC/ mS·cm ⁻¹	磷/%	钾/%	氮/%	速效磷/ mg·kg ⁻¹	速效钾/ mg·kg ⁻¹	容重/ kg·L ⁻¹
醋糟	3.8	4.89	0.12	0.31	2.48	279.45	351.07	0.25
粉煤灰	7.8	4.01	—	—	—	30.71	82.87	2.14

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,共设 4 个处理,每个处理设置 3 次重复,每个处理共计 15 盆。醋糟、粉煤灰播种前一次性施入。待幼苗长至 3~4 片真叶,间苗。每个盆中留苗 2 颗。具体试验处理情况见表 3。

表 3 试验处理一览表

Table 3 List of treatments

处理 Experimental treatment	质量比 Matching	醋糟 Vinegar bad/kg	粉煤灰 Flyash/kg
处理 1	纯醋糟(100%)	0.24	0
处理 2	醋糟:粉煤灰=1:1	0.12	0.12
处理 3	醋糟:粉煤灰=2:1	0.16	0.08
CK	—	—	—

试验采用桶栽栽培的方法,桶高 35 cm,直径 30 cm。为了避免水分淋洗对盐渍土表征性状的影响,采用滴灌的方式浇水。播种前将 PVC 管插入土壤中,PVC 管(内径 2 cm,长 40 cm)与栽培桶上方悬挂装水的杯子连接,杯底与栽培桶内的 PVC 管通过塑料导流管连接,在导流管上安装流速调节器,浇水时通过流速调节器控制水流速度,使得 PVC 管中的水不溢出,通过毛细现象将桶内基质由下而上润湿。

1.4 样品采集与分析

1.4.1 土壤样品采集

分别在高粱苗期、拔节期、抽穗期和成熟期进行土壤样品的采集,每次取土在 1 d 内完成。取 0~20 cm 土壤表层土进行测定,每个小区选 3 个点。

取样后称质量,之后于 105℃烘 6~8 h,干燥器内冷却 30 min,然后测定土的质量含水率。将烘干土与

水按 1:5 配置成浸提液,利用 DDS2307 型电导仪测定电导值,换算获得土壤含盐量;利用 PHS-3 型 pH 酸度计测定 pH 值。

1.4.2 土壤理化性状的测定

土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法,土壤碱解氮采用半微量凯氏定氮法,土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提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^[7-8]。土壤 pH 值:蒸馏水与待测基质按质量比 5:1 混合,搅拌 5 min,静置 30 min 后用 pH 计测定,读数。

1.4.3 高粱生长指标

选择晴天正午,分别在高粱苗期、拔节期、抽穗期和成熟期测定光合速率。采用便携式光合测定系统(c1-340 型,美国 CID 公司)。

高粱成熟期取样,于室内进行考种,测定相关农艺指标。

2 结果与分析

2.1 不同处理土壤性状影响

2.1.1 不同处理对土壤速效养分的影响

施醋糟、粉煤灰增加根系生物量,改善土壤环境,有利于土壤微生物生长繁育。由图 1 可知:高粱生长的 4 个时期,速效磷含量均呈现先上升后下降的趋势,拔节期处理 1~处理 3 速效磷含量分别比对照提高了 7.249%、9.033%、2.25%。

由图 2 可知,醋糟处理速效钾含量均高于 CK,其中处理 2 速效钾含量苗期、拔节期、抽穗期和成熟期分别比 CK 提高 6.63%、7.59%、13.69%和 2.71%,处理 2 速效钾含量苗期、拔节期、抽穗期和成熟期比处理 1 提高了 3.11%、7.34%、3.24%、7.09%,处理 2 速效钾含量苗期、拔节期、抽穗期和成熟期比处理 3 提高了 4.51%、8.14%、6.19%、5.07%。

由图 3 可知处理 2 苗期、拔节期、抽穗期和成熟期碱解氮含量分别为 51.25、59.32、55.48 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 53.41 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.1.2 不同处理对土壤容重影响的研究

土壤容重作为土壤物理性状的一个重要指标,综合反映土壤质地、结构、孔隙等指标。容重在 $1.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以上时,土壤的机械抵抗力大,阻碍根系伸展,土壤的通气性也差,对植物生长极为不利。由图 4 可以看到,播种前土壤容重在 $1.47 \sim 1.52 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 之间,收获后土壤容重在 $1.15 \sim 1.40 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 之间,CK 试验前后土壤容重下幅最小,仅为 7.85%;处理 1~处理 3 试验

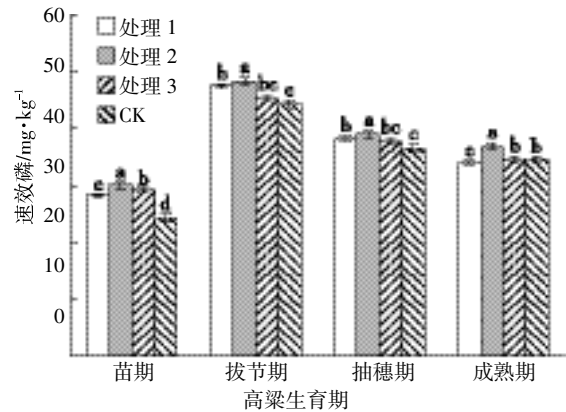


图 1 土壤速效磷变化情况

Figure 1 Changes in soil available phosphorus

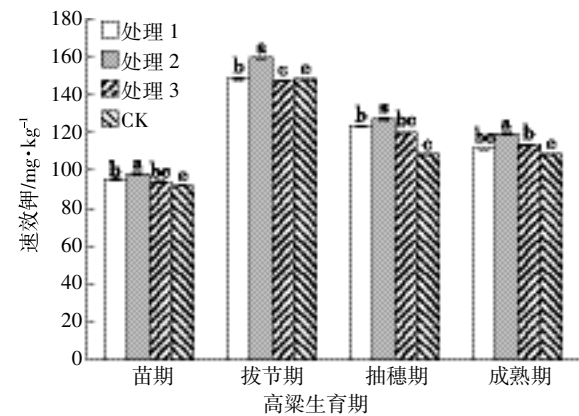


图 2 土壤速效钾变化情况

Figure 2 Changes in soil available potassium

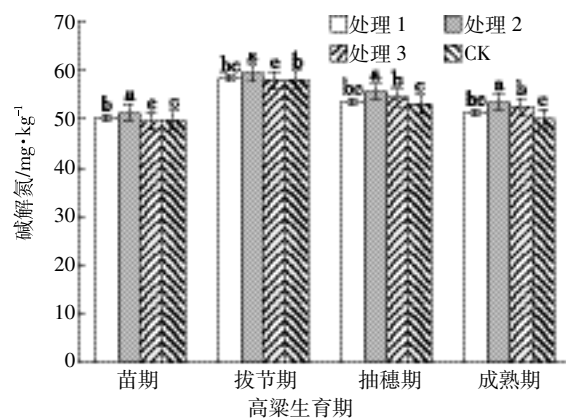


图 3 土壤碱解氮变化情况

Figure 3 Changes in soil alkaline hydrolysis of nitrogen

前后土壤容重下幅分别为 19.6%、28.6%、11.32%。

醋糟、粉煤灰改善了盐渍土理化性质,原因可能是由于醋糟含有大量的有机物质和无机物质,可为土壤微生物的生命活动提供能量和养料,促进土壤微生物的繁殖^[9-10]。醋糟粉煤灰中有机组分代谢产物可以中和盐渍土壤中的碱度,降低 pH 胁迫,减轻盐胁迫

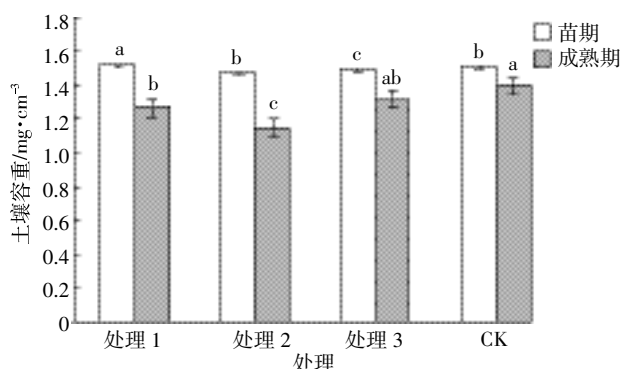


图 4 不同处理土壤容重变化

Figure 4 Changes in soil bulk density

对植物细胞产生的渗透胁迫及离子毒害作用,促进了较小粒径微团聚体向较大粒径微团聚体团聚,土壤容重下降,孔隙度提高,改良了土壤结构,有利于土壤的气体交换,促进好氧微生物的活化和矿物质分解,增加土壤微生物总体含量,改善深层土壤的环境,为植物生长提供了适宜的生长环境^[11-13]。

2.2 不同处理对高粱出苗情况的影响

播种后 20 d 测定相关指标(表 4)。处理 2 的出苗率为 71.33%,比 CK 高 18.33%,与其他处理之间达到极显著水平。处理 2 叶面积、株高和干重分别比对照提高 5.87%、5.79%、15.6%。

表 4 不同处理对高粱生长指标及出苗率的影响

Table 4 Effects of different treatments on growth and emergence rate of sorghum

处理 Treatments	叶面积/cm ² Leaf area	株高/cm height	干重/g Dry weight	出苗率/% Emergence rate
1	9.72±0.45b	6.92±0.88c	0.94±0.05ab	61.00±2.65b
2	10.09±0.26a	7.30±0.72ab	0.98±0.09a	71.33±1.73a
3	9.58±0.55bc	7.36±0.55a	0.92±0.03b	61.25±2.65b
CK	9.53±0.55c	6.90±0.44b	0.83±0.03c	60.00±2.65c

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),下同。

醋糟、粉煤灰产生有机物分解彻底,产生更多的有机质和容易吸收的速效氮、速效钾、速效磷等养分,而这些养分能促进高粱的生长发育,使高粱能更好地进行光合作用,从而提高作物的产量^[14]。处理 1~处理 3 穗长分别比对照提高了 6.25%、9.06%、3.93%;千粒重分别比对照提高了 8.41%、9.26%、1.35%;单株产量分别比对照提高了 10.53%、13.26%、8.89%(表 5)。

2.3 不同处理对高粱叶片光合速率的影响

光合作用是作物产量的基础。光合性状比较好,有利于光合产物的累积,并且蒸腾作用较低,水分利用率较高^[15-16]。施用醋糟、粉煤灰改善了土壤氧分状

表 5 不同处理高粱产量指标

Table 5 List of sorghum yield indicators

处理 Experimental treatment	穗长/cm Spike length	千粒重/g Thousand-grain weight	产量/kg·hm ⁻² Grain yield
1	27.7±1.15ab	24.8±0.2ab	4 453.5±2.05b
2	28.1±2.20a	25.0±0.2a	4 467.0±2.15a
3	27.0±1.25b	23.6±0.1b	4 321.2±1.89c
CK	26.4±1.03c	22.15±0.31c	4 298.2±1.20d

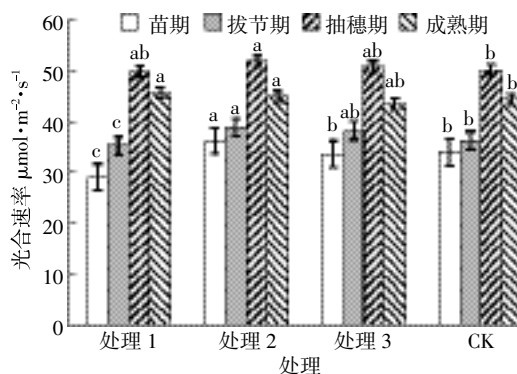


图 5 不同处理光合速率变化情况

Figure 5 Photosynthetic rate changes under different treatments

况,保持土壤水分,提高土壤肥力,促进植株根系生长,从而提高叶片水势,促进叶片气孔导度增加,从而增加叶片光合速率^[17-18](图 5)。

3 结论

(1)本试验将粉煤灰和醋糟制备盐渍土改良剂,施用后可以通过提高土壤的理化性质从而直接或间接促进盐分胁迫下高粱的生长。醋糟、粉煤灰改善了盐渍土理化性质,改善深层土壤的环境,为植物生长提供了适宜的生长环境。

(2)光合作用是作物形成产量的基础。盐胁迫影响植物光合作用的可能途径包括渗透胁迫、离子毒害及光合产物积累造成反馈抑制等方面。盐胁迫下植物叶片光合效率降低,主要源于气孔的部分关闭引起的气孔限制和叶肉细胞光合活性下降引起的非气孔限制。施用醋糟、粉煤灰改善了土壤氧分状况,保持土壤水分,提高土壤肥力,促进植株根系生长,从而提高叶片水势,促进叶片气孔导度增加,从而增加叶片光合速率。

(3)醋糟粉煤灰促进有机物分解彻底,产生更多的有机质和容易吸收的速效氮、速效钾、速效磷等养分,而这些养分能促进高粱的生长发育,使高粱能更好地进行光合作用,从而提高作物的产量。

(4)综合来看,醋糟与粉煤灰 1:1 配比对于提高高粱出苗率、促进高粱生长、改善盐渍土性状效果最佳。在明确改良剂配比基础上,进行多品种改良试验,探索配套栽培及施肥技术将成为盐碱地土壤改良的下一步工作重点之一。

参考文献:

- [1] 刘艳. 种植枸杞对晋北重度盐碱地植被改良技术研究[J]. 山西省农业科学, 2015, 13(2):21-24, 27.
LIU Yan. Improvement effect research on lycium chinense in severe saline-alkali soil in North Shanxi Province[J]. *Shanxi Forestry Science and Technology*, 2015, 13(2):21-24, 27. (in Chinese)
- [2] 朱家辉, 诸葛玉平, 陈宝成, 等. 滨海盐碱地控释掺混肥配施调理剂对玉米生长的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2017, 48(1):7-12, 19.
ZHU Jia-hui, ZHUGE Yu-ping, CHEN Bao-cheng, et al. Effects of controlled-release blended fertilizer with conditioner on maize in coastal saline area[J]. *Journal of Shandong Agricultural University(Natural Science Edition)*, 2017, 48(1):7-12, 19. (in Chinese).
- [3] 范娜, 白文斌, 董朗利, 等. 硅肥对高粱产量、光合速率以及抗折力影响的研究[J]. 中国农学报, 2015, 30(31):139-142.
FAN Na, BAI Wen-bin, DONG Liang-li, et al. Effects of silicon fertilizer on production, photosynthetic rate and bending force of sorghum[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 30(31):139-142. (in Chinese).
- [4] 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.
NIU Chang-qing, YANG Yan-jun, WANG Xiang-dong, et al. Effect on the growth of *Festuca arundinacea* with different ratios with coal ash and vinegar[J]. *Journal of Jinzhong University*, 2010(6):51-54. (in Chinese).
- [5] 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.
- [6] Ma B L. Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon[J]. *Agronomy Journal*, 1991(83):270-274.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012:103-120.
BAO Shi-dan. Soil agrochemical analysis(third edition)[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012:103-120. (in Chinese).
- [8] 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.
YUAN Xiao-hua, YANG Zhong-han. Plant physiology and biochemistry test[M]. Beijing: Higher Education Press, 1983:128-132. (in Chinese)
- [9] 吕军, 文庭池, 郭坤亮, 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.
LÜ Jun, WEN Ting-chi, GUO Kun-liang, et al. Effects of distiller's grains bio-organic fertilizer and microbial agent on microbial quantities and sorghum yield[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2013, 34(4):502-506. (in Chinese)
- [10] 宋曾廷, 董晓芳, 佟建明, 等. 醋糟的营养价值及其在饲料生产中的应用[J]. 中国畜牧杂志, 2011, 47(9):73-76.
SONG Zeng-ting, DONG Xiao-fang, TONG Jian-ming, et al. Research advances in nutritional value and application of waste vinegar residue in feed stuff[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2011, 47(9):73-76. (in Chinese)
- [11] Wang H, Lin X, Cao S, et al. Alkali tolerance in rice(*Oryza sativa* L.): Growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and ion homeostasis[J]. *Photosynthetica*, 2015, 53(1):55-65.
- [12] Lu Jun, Guo Kun-liang, Johnson pool, et al. Less bioorganic fertilizer and microbial effects on soil microbial quantity and yield of sorghum[J]. *Agricultural Modernization Research*, 2013, 34(4):502-506.
- [13] Cavalcanti F R, Oliveira J A, Martins - Miranda A S, et al. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves[J]. *New Phytologist*, 2004, 163(3):563-571.
- [14] 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.
HAN Yong, LI Jian-guo, JIANG Xiu-ying. Correlation of photosynthetic characteristics at filling stage with yield and quality of rice in Liaoning Province[J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2012, 37(1):4-8. (in Chinese).
- [15] 朱保葛, 柏惠侠, 张艳, 等. 大豆叶片净光合速率、转化酶活性与籽粒产量的关系[J]. 大豆科学, 2000, 19(4):346-349.
ZHU Bao-ge, BAI Hui-xia, ZHANG Yan, et al. The relationship between net photosynthetic rate, invertase activity and grain yield of soybean leaves[J]. *Soybean Science*, 2000, 19(4):346-349. (in Chinese)
- [16] 赵永平. 不同品种啤酒大麦叶片光合特性与产量和品质关系的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
ZHAO Yong-ping. Study on the relationship between photosynthetic characteristics, yield and quality of different barley leaves[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- [17] 张川红, 尹伟伦, 沈应柏. 盐胁迫对国槐与核桃气孔的影响[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(2):1-5.
ZHANG Chuan-hong, YI Wei-lun, SHEN Ying-bai. Effect of salinity on stomata in pagoda tree and walnut seedlings[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2002, 24(2):1-5. (in Chinese)
- [18] 范娜. 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[J]. 中国农学学报, 2017, 33(7):1-4.
FAN Na. Vinegar residue and coal ash: The effect on sorghum growth and photosynthetic rate[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33(7):1-4. (in Chinese)