

沙地改良剂对土壤水分及燕麦产量和品质的影响

刘慧军, 刘景辉*, 徐胜涛, 李倩, 张娜, 侯冠男

(内蒙古农业大学农学院, 内蒙古呼和浩特 010019)

摘要: 于2011年在内蒙古武川县研究了沙地改良剂对土壤水分及燕麦产量和品质的影响。结果表明,沙地改良剂能够明显提高0~60 cm土层土壤含水量,其中以12 000 kg/hm²施用量效果最佳;施用量6 000 kg/hm²、12 000 kg/hm²、18 000 kg/hm²和24 000 kg/hm²沙地改良剂土壤水分利用效率较对照分别显著提高了14.50%、25.70%、13.28%和5.86%;不同用量沙地改良剂处理较对照增产显著,当施用量为12 000 kg/hm²时,燕麦籽粒产量和生物产量最高,达4 884.4 kg/hm²和13 001.3 kg/hm²,施用量为18 000 kg/hm²时次之;沙地改良剂对燕麦籽粒粗蛋白、赖氨酸和β-葡聚糖含量影响显著,均以12 000 kg/hm²施用量时效果较佳,施用量过大或过小都不利于燕麦品质的提高。

关键词: 沙地改良剂;燕麦;土壤水分;产量;品质

中图分类号: S512.6;S156.5

文献标志码: A

文章编号: 1000-7601(2012)06-0174-04

燕麦作为一种优质的粮饲兼用作物^[1],在内蒙古的栽培面积约为全国的40%,居全国之首^[2],其籽粒中含有丰富的蛋白质、脂肪、粗纤维,为我国北方地区人们喜爱的特色作物^[3]。但由于生态环境恶化,干旱缺水和土壤贫瘠成为限制内蒙古地区燕麦高产的主要原因。尤其是近年来,气候恶化导致该区水土流失,水资源利用率下降,土壤沙化,对燕麦生产造成直接的威胁。在这样的形势下,土壤改良剂能够有效地改善土壤理化性状和土壤养分状况^[4],并对土壤微生物产生积极影响,从而提高退化土壤的生产力^[5],增加作物产量^[6]和品质^[7]。马军勇等^[8]在土壤改良剂节水增产的研究中表明,无灌水条件下施用土壤改良剂能提高冬小麦产量和水分利用效率,较对照分别增加了15%和21.65%,说明了土壤改良剂能够有效地将降雨转化成土壤有效水,并且减少了无效蒸发。陈超君等^[9]研究认为,在土壤中施用石灰土壤改良剂显著增加了甘蔗的产量与品质。本文所用的沙地改良剂主要成分为膨润土,其来源广泛、成本低廉,且无毒无害,显示了较好的土壤改良效果^[10],但目前燕麦的研究主要集中在遗传育种^[11]、抗病性^[12]及燕麦草加工等方面^[13],在使用沙地改良剂条件下对燕麦土壤水分及籽粒产量和品质的影响研究较少。本研究旨在通过研究沙地改良剂不同用量对土壤水分及燕麦产量与品质的影响,探明适宜当地燕麦种植的最佳沙地改良剂施用

量,为该区土壤改良剂合理施用和燕麦高产优质生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2011年在内蒙古武川县大豆铺乡大田进行,位于41°10'N,111°36'E,属中温带大陆性季风气候,海拔1 555 m,年均气温2.6℃,年均降水量358.3 mm,年均日照时数2 787.9 h,无霜期110 d左右。试验地土壤为沙壤,耕层土壤有机质含量8.8 g/kg,碱解氮含量32.4 mg/kg,速效磷含量6.6 mg/kg,速效钾含量54 mg/kg,pH为7.6。

1.2 试验材料

供试作物:燕麦(燕科1号)。

沙地改良剂:以膨润土为主要原料,化学成分包括微量元素0.35%,SiO₂73.2%,Al₂O₃11.4%,Fe₂O₃0.29%,Na₂O0.31%,CaO2.67%,MgO1.05%,K₂O2.58%,粒度为200目。

施用肥料:磷酸二铵(N:P:K=18:46:0)。

1.3 试验设计

试验设5个不同沙地改良剂用量处理,分别为:0 kg/hm²(CK),6 000 kg/hm²(T1),12 000 kg/hm²(T2),18 000 kg/hm²(T3),24 000 kg/hm²(T4)。随机区组排列,重复3次,小区面积30 m²(5 m×6 m)。试验于2011年5月25日播种,9月25日成熟收获。

收稿日期:2012-06-29

基金项目:国家自然科学基金项目(31160267);内蒙古科技计划项目(20090708,20100704);内蒙古农业大学科技创新团队建设计划项目(NDTD2010-8)

作者简介:刘慧军(1985—),男,硕士研究生,主要从事耕作制度与农业生态系统研究。E-mail:liuhuijun1144@163.com。

*通信作者:刘景辉(1965—),男,博士生导师,教授,主要从事耕作制度与农业生态系统研究。E-mail:cauljh@yahoo.com.cn。

播种前将不同量沙地改良剂均匀撒施于各小区表面,之后用旋耕机将其旋入地下,耕深 15 cm。旋耕后采用机播燕麦,播量为 150 kg/hm²,行距 25 cm,以 150 kg/hm² 磷酸二铵作为基肥在播种时同时施入。

于拔节期前后进行锄草。全生育期内田间管理同常规大田,无追肥,无灌水。燕麦全生育期内共降水 21 次,累计 183.5 mm,其中有效降水 13 次,累计 178.6 mm。生育期降水量见图 1。

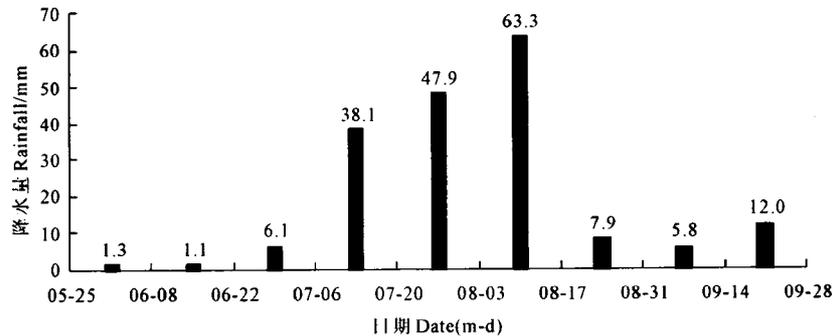


图 1 燕麦生育期内降水量

Fig. 1 Rainfall in growth stage of oat

1.4 测定项目与方法

在苗期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期分别用土钻钻取不同深度(0~10、10~20、20~40 cm 和 40~60 cm)土层土壤,采用烘干法测定土壤含水量。利用公式:水分利用效率 [kg/(mm·hm²)] = 产量(kg)/耗水量(mm)求得燕麦 60 cm 土层水分利用效率,耗水量 = 播前土壤贮水量 + 生育期降水量 + 田间灌水量 - 成熟期土壤贮水量。燕麦成熟后每小区选取有代表性的 3 个点,每点收获 1 m² 测定实际产量,将实测数据折算成每公顷产量;取有代表性的 20 株燕麦测定穗数、穗粒数和千粒重各项指标。用凯氏法测定籽粒中粗蛋白含量,茚三酮比色法测定赖氨酸含量,刚果红法测定 β-葡聚糖含量。

1.5 数据处理

试验数据均采用 Microsoft Excel 和 SPSS13.0 统计软件进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 沙地改良剂对土壤含水量的影响

由图 2 可见,全生育期内各土层不同处理土壤含水量随生育期变化呈先降后升再降的趋势。苗期到拔节期气温逐渐上升,没有降水,地表蒸腾使土壤含水量呈下降趋势;从拔节期到抽穗期间有大量降水,使土壤含水量大幅提升;抽穗期到灌浆期由于气温的升高,田间土壤水分蒸发量大,作物生长旺盛,使表层土壤含水量迅速下降;从燕麦灌浆到成熟期间降水少且燕麦耗水使含水量又缓慢降低。沙地改良剂对各生育时期 0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 土壤含水量均有不同程度的提高,较对照分别增加了 5.21%~25.44%、6.53%~

33.57%、5.39%~20.75% 和 4.32%~10.17%。全生育期内 0~60 cm 土层 T1、T2、T3 和 T4 土壤含水量分别较对照增加了 15.55%、26.44%、18.62% 和 5.77%,不同土层和不同生育时期各处理土壤含水量均表现 T2 > T3 > T1 > T4 > CK,但 0~10 cm 土层由于受降水、蒸腾等影响较大,各处理差异不明显,10~20 cm 和 20~40 cm 土层各处理差异较明显,40~60 cm 土层变化趋于平缓,土壤改良剂作用明显降低。

2.2 沙地改良剂对燕麦水分利用效率的影响

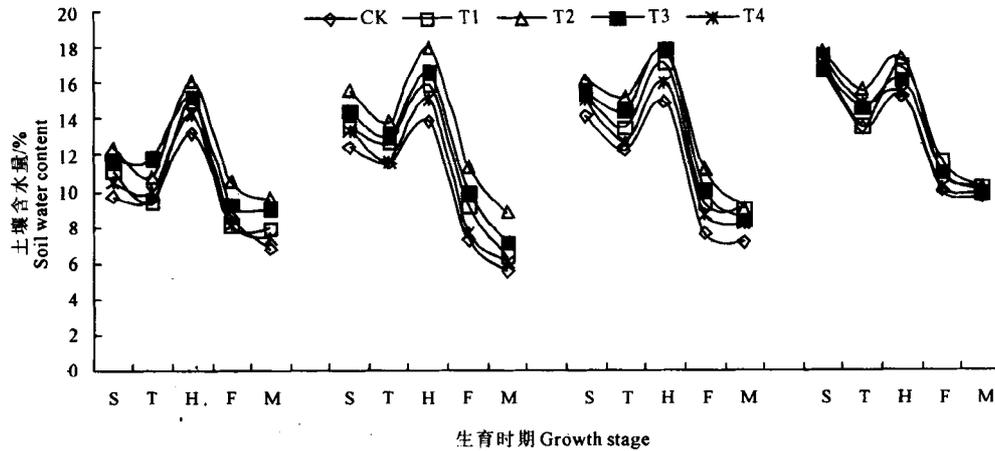
由表 1 看出,从燕麦种植到收获的整个生育期,各处理的土壤贮水量均降低,表明在燕麦生长过程中消耗了大量的土壤水和降雨以满足燕麦的生长。各土壤改良剂处理水分利用效率均显著高于对照, T1、T2、T3、T4 分别较对照提高 14.50%、25.70%、13.28%、5.86%,说明沙地改良剂能抑制蒸发,保持土壤水分,显著提高燕麦土壤水分利用效率,其中 T2 处理效果最佳。但随着改良剂施用量的增加,水分利用效率先增加后减少, T2 时达到最大,可能由于燕麦生育期间降水量过少,施用改良剂超过一定量后,施用量越大,土水势越低,导致水分有效性降低,不利于燕麦生长利用,水分利用效率降低。

2.3 沙地改良剂对燕麦产量及产量构成因素的影响

由表 2 可以看出,沙地改良剂可以显著提高燕麦籽粒产量和生物产量。各土壤改良剂用量处理穗数除 T4 与 CK 差异不显著外,其他处理均与 CK 差异显著,其中 T2 最高;从穗粒数看,除 T1 和 T4 外其他处理均显著高于 CK,其中 T3 较高;对千粒重也有较大的影响,除 T4 外各处理均与 CK 呈显著差异,

各处理比对照增加了 0.9 ~ 2.7 g,大小顺序为 T2 > T3 > T1 > T4 > CK;各土壤改良剂处理籽粒产量均显著高于对照,其中 T2 籽粒产量较其他处理高,为

4 884.4 kg/hm²,较对照增产 20.41%,各处理籽粒产量由高到低依次为 T2 > T3 > T1 > T4 > CK;生物产量也明显高于对照,效果最佳为 T2,其次为 T1。



注: S-苗期; J-拔节期; H-抽穗期; F-灌浆期; M-成熟期。
Note: S - Seedling stage; J - Jointing stage; H - Heading stage; F - Filling stage; M - Maturing stage.

图 2 不同处理对 0~60 cm 土壤含水量的影响

Fig.2 Effect of different treatments on soil water content in 0~60 cm soil layer

表 1 不同处理对燕麦水分利用效率的影响

Table 1 Effect of different treatments on water consumption and WUE of oat

处理 Treatment	播前贮水量 Water storage before planting /mm	收获期贮水量 Water storage after harvest /mm	生育期降水量 Rainfall in growth period /mm	耗水量 Water consumption /mm	籽粒产量 Grain yield /(kg·hm ⁻²)	水分利用 效率 WUE /(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
CK	122.79	66.15	178.6	235.24	4056.6d	17.24e
T1	116.64	72.95	178.6	222.29	4389.0b	19.74b
T2	123.25	76.49	178.6	225.36	4884.4a	21.67a
T3	125.54	76.65	178.6	227.49	4443.2b	19.53bc
T4	120.63	65.39	178.6	233.84	4268.6c	18.25d

注:不同小写字母表示在 5% 水平上差异显著。下同。

Note: Different small letters stand for significance at 0.05 level. They are the same as below.

表 2 不同处理对燕麦产量及其构成因素的影响

Table 2 Effect of different treatments on yield and yield components of oat

处理 Treatment	穗数 No. of spikelets /10 ⁴ hm ²	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight/g	籽粒产量 Grain yield /(kg·hm ⁻²)	生物产量 Biological yield/(kg·hm ⁻²)	经济系数 Economic coefficient
CK	374.7c	50.3c	19.4c	4056.6d	11600.0c	0.35c
T1	397.0ab	51.7bc	20.5b	4389.0b	12201.7b	0.36abc
T2	409.6a	54.4ab	22.1a	4884.4a	13001.3a	0.38a
T3	405.6a	56.4a	20.7b	4443.2b	12002.3b	0.37ab
T4	381.9bc	50.0c	20.3bc	4268.6c	11939.7b	0.36bc

2.4 沙地改良剂对燕麦品质的影响

由表 3 可见,施用沙地改良剂能够明显提高燕麦粗蛋白、赖氨酸和 β-葡聚糖的含量,但随着改良剂施用量的增大,燕麦籽粒粗蛋白、赖氨酸和 β-葡聚糖含量均呈先增加后减少的趋势。粗蛋白含量比

对照提高 1.53% ~ 5.26%,赖氨酸含量提高 1.23% ~ 9.88%,β-葡聚糖含量提高 5.81% ~ 23.87%。其中 T2 处理粗蛋白、赖氨酸和 β-葡聚糖含量最高,并均与对照差异显著。

表3 不同处理对燕麦品质的影响

Table 3 Effect of different treatments on quality of oat/%

处理 Treatment	粗蛋白含量 Crude protein content	赖氨酸含量 Lysine content	β -葡聚糖含量 β -glucan content
CK	15.03b	0.81c	3.10c
T1	15.43ab	0.83bc	3.54ab
T2	15.82a	0.89a	3.84a
T3	15.75a	0.85b	3.41bc
T4	15.26ab	0.82bc	3.28bc

3 结论与讨论

作物生长阶段耕层土壤含水量的改善,对促进作物的生长发育及土壤养分的转化和作物的吸收利用具有重要作用。沙地改良剂能够有效地减少土壤表层水分的散失和蒸发,可以起到保墒蓄水的作用^[14]。胡丽华^[15]实验结果表明,施用土壤改良剂膨润土后土壤含水量比对照土壤提高了0.6%~4.3%,体积能随所吸水分胀大10~30倍,从而提高土壤的抗旱能力。本试验结果表明,燕麦施用沙地改良剂能明显提高各土层土壤含水量和作物水分利用效率,但随着施用量的增加二者均呈先增加后下降的趋势,在施用量为12 000 kg/hm²时达到最大值。

易杰祥等^[16]研究了膨润土作为土壤改良剂对土壤化学性质和作物生长的影响,结果表明,在酸性土壤中施用膨润土能够提高作物产量、分蘖数和植株高度。李吉进等人^[17]试验结果表明,膨润土能增加玉米株高、干鲜重和生物产量等。本试验结果认为沙地改良剂可显著增加燕麦籽粒产量和生物产量,由于膨润土类土壤改良剂的施用能够增加肥力^[18],改善表层土壤物理结构,为作物生长提供了良好的水分条件,从而影响到产量,以12 000 kg/hm²施用量的籽粒产量和生物产量最大,分别为4 884.4 kg/hm²和13 001.3 kg/hm²。从产量构成因素看,其中12 000 kg/hm²施用量在穗数和千粒重上均与对照达到显著差异,而穗粒数则以18 000 kg/hm²施用量最高且与对照差异显著。

本试验认为适量沙地改良剂可以显著提高燕麦籽粒粗蛋白、赖氨酸和 β -葡聚糖含量。粗蛋白和赖氨酸含量表现为T2>T3>T1>T4>CK, β -葡聚

糖含量表现为T2>T1>T3>T4>CK,当施用量为12 000 kg/hm²时燕麦品质效果较佳,施用量过大或过小都不利于燕麦品质的提高。但以膨润土为主要原料的沙地改良剂在作物品质上的研究目前甚少,对于其它作物品质的影响还有待于深入研究。

参考文献:

- [1] 毛思帅, Islam M R, 贾鹏飞, 等. 保水剂和施肥量对沙地燕麦生产的影响[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(2): 308-313.
- [2] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 159-163.
- [3] 赵宝平, 庞云, 曾昭海, 等. 有限灌溉对燕麦产量和水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(1): 105-108.
- [4] 王久志. 土壤结构改良剂覆盖改土作用的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1991, (2): 48-56.
- [5] 吴增芳. 土壤结构改良剂[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 24-34.
- [6] 杜相革, 曲再红. 有机土壤改良剂和施用方式对番茄早疫病防治效果[J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 71-72.
- [7] 李素霞, 张建英, 杨钢, 等. 土壤改良剂对氮磷交互作用下番茄品质的影响[J]. 北方园艺, 2010, 23: 12-14.
- [8] 马军勇, 吴普特, 冯浩, 等. 土壤改良剂节水增产效应的田间试验研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(4): 72-75.
- [9] 陈超君, 黄有总, 徐建云. 酸性蔗作土施用石灰、钙镁磷肥的效应[J]. 甘蔗, 2002, 9(3): 24-29.
- [10] 徐军. 秸秆-膨润土-PAM对土壤肥力及作物产量的调控效应[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [11] Oraby H F, Ransom C B, Kravchenko A N, et al. Barley HVA1 gene confers salt tolerance in R3 transgenic oats[J]. Crop Sci, 2005, 45: 2218-2227.
- [12] Long J, Holland J B, Munkvold G P, et al. Responses to selection for partial resistance to crown rust in oat[J]. Crop Sci, 2006, 46: 1260-1265.
- [13] Eagles H A, Lewis T D, Holland R. Quality and quantity of forage from winter oats in the manawatu[J]. New Zealand J Exp Agric, 1979, 7: 337-341.
- [14] 马毅杰. 膨润土资源、性质及其利用[J]. 土壤学进展, 1994, 22(2): 22-28.
- [15] 胡丽华. 棉花施用膨润土的效应与技术[J]. 试验研究, 1995, (3): 10-12.
- [16] 易杰祥, 刘国道, 孙水芬, 等. 膨润土的土壤改良效果及其对作物生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(10): 2209-2212.
- [17] 李吉进, 徐秋明, 张宜霞, 等. 膨润土对土壤水分和玉米植株生育性状的影响[J]. 北京农业科学, 2001, (6): 18-20.
- [18] 王晶莹, 贺占彪, 阎伟义. 膨润土吸水保肥能力初探[J]. 内蒙古林业科技, 2007, 33(2): 20-22.

(英文摘要下转第199页)

- [12] 中华人民共和国统计局. 2010 中国统计年鉴[EB/OL]:http://www.stats.gov.cn/tjsujia, 2010.
- [13] 张无敌, 刘士清, 周 斌, 等. 我国农村有机废弃物资源及沼气潜力[J]. 自然资源, 1997, (1): 67-80.
- [14] 中国畜牧业年鉴编辑委员会. 2003 中国畜牧业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 306-311.
- [15] 冯永忠, 杨世琦, 任广鑫, 等. 双重背景下发展沼气产业的机遇和挑战[J]. 中国沼气, 2005, (3): 33-34, 43.
- [16] 毕于运, 王亚静, 高春雨. 中国主要秸秆资源数量及其区域分布[J]. 农机化研究, 2010, (3): 1-7.
- [17] 朱建春, 李荣华, 杨香云, 等. 近 30 年来中国农作物秸秆资源量的时空分布[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(4): 143.
- [18] 孙振钧. 中国生物质产业及发展取向[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 1-5.
- [19] 程 序. 中国农业有机废弃物利用中的创新和存在的问题[J]. 农业工程学报, 2002, 18(5): 1-6.

Chinese marsh gas resource potential of agricultural wastes in 2009

ZHANG Hai-cheng^{1,4}, ZHANG Ting-ting^{2,4}, GUO Yan^{3,4}, YANG Gai-he^{2,4*}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Agriculture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

4. The Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: With the fast development of agricultural economy in China, the quantity of crop straws and other wastes produced by plant industry, animal husbandry and human activities is instantly increased, an estimation of their quantities and associated methods converting to biogas production potential is critical to their rational evaluation and exploration. In this study, conversion coefficients of various agricultural wastes to biogas were determined by development of methods for evaluation of their biogas transforming potentials, and the total amount of agricultural wastes were estimated for the year 2009 in China. The results showed that the amount crop straws reached 8.99×10^8 t, excrement and urine of beasts and birds 39.9×10^8 t, and the human being's night soil 2.53×10^8 t. Their marsh gas potentials were estimated to be 5832.67×10^8 m³ in total, which is equivalent to 4.14×10^8 t SCE (standard coal equivalent). We conclude that the marsh gas resource potential of agricultural wastes is enormous in China, which is important to practical cycling economy.

Keywords: agricultural wastes; marsh gas, resource potential

(上接第 177 页)

Effects of sandy soil amendment on soil water, oat yield and quality

LIU Hui-jun, LIU Jing-hui*, XU Sheng-tao, LI Qian, ZHANG Na, HOU Guan-nan

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China)

Abstract: The effects of different amounts of sandy soil amendment on soil water, oat yield and quality were studied in Wuchuan County of Inner Mongolia in 2011. The results showed that sandy soil amendment could improve significantly the soil water content of each layer in 0 ~ 60 cm depth, and the amount of 12 000 kg/hm² was the best. Compared with CK, the WUE of the amount of 6 000 kg/hm², 12 000 kg/hm², 18 000 kg/hm² and 24 000 kg/hm² increased by 14.50%, 25.70%, 13.28% and 5.86%. Oat yield was significantly affected by sandy soil amendment, and when the amount was 12 000 kg/hm², the grain yield and biological yield all were the highest and when 18 000 kg/hm², it was the second. Sandy soil amendment had significant effect on crude protein, lysine and β -glucan content, and the amount of 12 000 kg/hm² was the best. Excess or lack of application amount were all bad for the increase of oat quality.

Keywords: sandy soil amendment; oat; soil water; yield; quality