

猪场沼液灌溉冬小麦对土壤质量的影响

陈永杏,董红敏,陶秀萍,尚斌

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,农业部农业环境与气候变化重点开放实验室,北京 100081)

摘要:为了研究猪场沼液灌溉冬小麦后,对土壤有机质、全氮、全磷以及铜、锌等金属元素含量变化的影响程度,笔者通过田间试验的方法对规模化猪场沼液灌溉冬小麦进行研究,重点研究沼液利用对土壤质量和生态安全的影响。结果表明,沼液处理使表层土壤有机质增加达 3.0 kg/hm²,全氮含量提高 65%,土壤 pH 值下降 0.4 个单位,土壤铜、锌、铅、镉含量符合《小麦产地环境技术条件》NY/T 851—2004 的要求。本研究结果仅说明沼液以大田灌溉方式利用在短期内不会造成土壤质量下降和土壤环境污染,长期灌溉的影响需进一步研究确定。

关键词:沼液;冬小麦;土壤质量

中图分类号:S145.2,S512.1+1

文献标志码:A

论文编号:2010-2635

Effect of Irrigating Winter Wheat with Anaerobic Digested Swine Farm Wastewater (ADSWF) on Soil Quality

Chen Yongxing, Dong Hongmin, Tao Xiuping, Shang Bin

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture Chinese Academy of Agricultural Sciences,

Key Lab. for Agro-Environment & Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081)

Abstract: The objective of this study is to determine the effect of using anaerobic effluent of swine farm wastewater for winter wheat irrigation on soil contents of organic matter, total nitrogen, total phosphorus, copper, zinc etc. A field plot experiment was carried out to investigate the effect of irrigating winter wheat with anaerobic digested swine farm wastewater (ADSWF) on soil quality and ecological safety. The results showed that the organic matter content of the surface soil of the ADSWF irrigation treatment increased up to 3.0 kg/hm², and total nitrogen content increased by 65%, while pH down 0.4, and copper, zinc, lead and cadmium content all met the requirements of NY/T 851—2004. These results only indicated the use of ADSWF in field irrigation would not result in the short term decline in soil quality and cause soil pollution, and the impact of long term irrigation needed further research to determine.

Key words: anaerobic digested wastewater; winter wheat; soil quality

0 引言

猪场沼液是指由猪粪便和污水一起经过厌氧发酵后产生的液体残余物。猪场沼液一般氮磷养含量较高、悬浮物含量与原污水相比降低程度很大。因此,比较适合作为农田灌溉用水,既解决了农业用水缺乏的

矛盾,又把沼液中所含养分由作物进行吸收利用,避免了排放到环境中的污染。

沼液利用对土壤的影响,已有的研究主要涉及以下 5 个方面:(1)对土壤结构、理化性质的影响,利用沼气肥进行土壤改良等研究^[1-6];(2)对土壤全量养分和速

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费课题“环渤海区域畜禽养殖碳氮平衡定量评价与调控技术与示范”(200803036)。

第一作者简介:陈永杏,女,1979 年出生,助研,硕士,在读博士,主要从事畜禽养殖业废弃物处理利用研究。地址:100081 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, Tel: 010-82105988, E-mail: chenyx@ieda.org.cn。

通讯作者:董红敏,女,1964 年出生,研究员,博士,主要从事畜禽场温室气体排放和减排技术研究、畜牧环境工程研究以及动物废弃物处理利用技术研究等。通信地址:100081 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, Tel: 010-82109979, E-mail: donghm@mail.caas.net.cn。

收稿日期:2010-09-07,修回日期:2010-09-14。

效养分含量的影响,通过沼肥利用改善土壤养分供给状况的研究^[7-11]; (3)对土壤有机质含量的影响,通过沼肥利用进行土壤有机质提升的研究^[12-13]; (4)沼肥利用对土壤中酶活性、微生物群落的影响研究^[14-17]; (5)沼肥利用对土壤中抗生素、金属、硝酸盐等有毒有害物质积累的影响研究^[18-20]。但是,上述研究大部分针对的是保护地土壤,在大田作物上的利用研究较少见报道,原因在于大田试验影响因素较多,较难控制,因而,沼液的农田利用仍存在较大的障碍。另一方面,在沼液大量产生的同时,大面积的农田却因为水资源短缺而灌溉不足。

针对这种状况,研究沼液农田利用对作物本身及土壤性质的影响有着非常重要的意义。笔者通过在实际大田生产中以灌溉方式利用沼液,采集土壤样品进行分析测试,探讨沼液短期利用对大田土壤性质的影响,以期对猪场沼液的合理化农田利用提供数据支持和参考。

1 材料与方法

1.1 试验时间和地点

研究田间试验于2008年10月—2009年6月在北

京市大兴区进行。

1.2 试验材料

1.2.1 供试沼液 本研究所用沼液取自北京大兴安定猪选育有限公司的沼气发酵罐出水。使用沼液进行灌溉的当天,在沼液配水箱中分3个不同时段对沼液取样3次,测定结果的平均值作为当天所用沼液的测定结果。试验期间的沼液氮含量为475~1067 mg/L。

1.2.2 供试作物 供试冬小麦品种为‘中优206’。该品种适宜于北京及与北京生态条件相似地区中上等肥力地块种植。基本苗控制在20万左右。一般每667 m²产量为400 kg,高的可达450 kg以上。

1.2.3 试验区概况 试验地共有24个小区,分为东、西2列,每列12个。每个小区面积为30 m²,7.5 m×4.0 m,各小区之间以PVC塑料板隔开,塑料板插入地面以下40 cm,用于防止各小区间液相物质的横向交流。

1.2.4 土壤本底值 在试验处理前,对试验地块进行本底土样采集。将试验地块分为东、西2个地块,每侧地块各设12个样点,分别采集0~20 cm土壤样品后全部混合,用四分法分成4个样品,以其测定值的平均值作为试验地土壤本底值(见表1)。

表1 土壤本底值

	全氮/ (g/kg)	全磷/ (g/kg)	全钾/ (g/kg)	有机质/ (g/kg)	碱解氮/ (mg/kg)	速效磷/ (mg/kg)	速效钾/ (mg/kg)	总铜/ (mg/kg)	总锌/ (mg/kg)	总铅/ (mg/kg)	总镉/ (μg/kg)	pH值
平均值	0.75	1.00	17.4	10.3	76.4	13.5	115.5	2.78	87.3	3.32	183.1	8.3
标准差	0.028	0.065	0.014	0.89	2.5	4.3	17.5	0.82	12.3	0.15	93.7	0.06

1.3 试验方法

1.3.1 试验处理 根据施用氮肥的来源和用量不同,试验设8个处理,每个处理3次重复。试验安排见表2。

表2 试验安排

处理号	基肥施氮量/(kg/hm ²)	追肥处理
I	0	0
II	化肥112.5	化肥112.5 kg/hm ²
III	化肥112.5	灌溉1次沼液
IV	化肥112.5	灌溉2次沼液
V	化肥112.5	灌溉3次沼液
VI	沼液112.5	灌溉1次沼液
VII	沼液112.5	灌溉2次沼液
VIII	沼液112.5	灌溉3次沼液

试验小区采用随机排列。各处理磷和钾均一次性以基肥形式施入,用量分别为磷(P₂O₅)150 kg/hm²,钾(K₂O)112.5 kg/hm²。

1.3.2 采样及样品分析方法 土壤采样深度为0~10 cm,分别采用梅花点法和对角线采样法^[21],土壤样品中的全氮和速效氮按照《土壤农化分析·第3版》^[22]中提供的方法测定。土壤有机质按NY/T 1121.6—2006第6部分“土壤有机质的测定”^[23]测定。土壤pH值按NY/T 1121.2—2006第2部分“土壤pH值的测定”^[24]测定。土壤铜锌按GB/T 17138—1997^[25]规定测试。土壤铅镉按GB/T 17141—1997^[26]规定测试。

1.3.3 数据处理与统计分析 试验数据采用Microsoft Office 2003和SPSS11.0软件进行分析处理。

2 结果分析与讨论

2.1 沼液灌溉对土壤有机质的影响

从冬小麦收获后各个处理土壤样品分析结果(图1)看出,施用3次沼液处理后,土壤有机质含量增加明显,与本底值(图1中横线所示)相比,均提高30%以上,达到13 g/kg以上。而化肥对照的土壤有机质只比本底值提高不到5%,为10.8 g/kg。“化肥基肥+3次沼

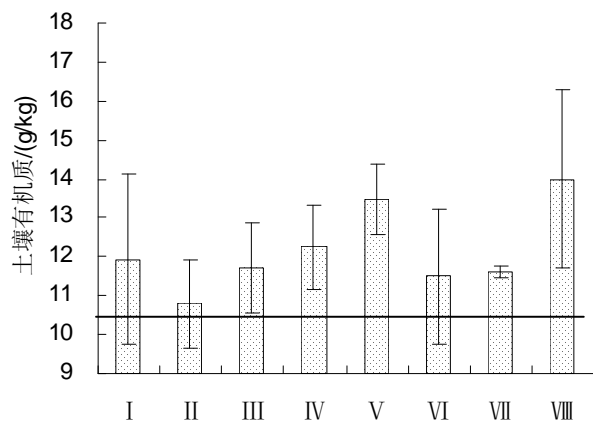


图1 土壤有机质含量比较

液”即处理V和“沼液基肥+3次沼液”即处理VIII的土壤有机质含量较化肥对照分别高出25%、30%，经LSD方差检验，均达显著差异水平($P=0.041$ 和 $P=0.017$)。将III、IV、V统一视为“化肥+沼液”，VI、VII、VIII视为“全沼液”，则可以发现，“化肥+沼液”处理的土壤有机质较本底提高幅度最大，为21%；其次为“全沼液”，提高了20%，提高幅度远远高于化肥对照(不足5%)。这与邢少峰等^[27]的研究结论一致，他们的研究表明，“有机肥+化肥”处理对土壤化学性质影响最大，有机质增幅高达65.39%。倪亮等^[28]的研究结果表明，沼液处理的土壤有机质含量比化肥处理的提高23.52%，与本研究结果接近。

2.2 沼液灌溉对土壤氮的影响

由冬小麦收获后所取各处理土壤样品的全氮和碱解氮含量(表3)分析可以看出，各处理土壤全氮含量较本底值均有所提高，只是幅度不同。提高幅度最小的是无氮对照，土壤全氮含量只增加了0.05 g/kg，即提高了6.2%。提高幅度最大的是“化肥基肥+3次沼液”处理V，该处理土壤全氮较本底提高了0.49 g/kg，即65%。“化肥+沼液”处理(III、IV、V)在小麦收获后，土

表3 沼液灌溉对冬小麦收获后土壤氮含量比较

处理	全氮/(g/kg)	碱解氮/(mg/kg)
I	0.80±0.09	78.6±29.7
II	0.87±0.09	58.4±6.4
III	1.07±0.05	68.7±5.6
IV	1.16±0.05	83.8±7.1
V	1.24±0.16	150.7±5.7
VI	0.98±0.18	73.6±8.9
VII	1.01±0.12	88.5±22.3
VIII	1.16±0.17	137.2±45.7

壤全氮含量均显著高于($P<0.05$)无氮对照，而“沼液+沼液”处理只有追施3次沼液的处理VIII与无氮对照达到显著差异($P<0.05$)，这表明“化肥+沼液”有更多的氮素未经植物吸收而留在土壤中，“沼液+沼液”处理则有更多的氮素转化为植物可利用形态为植物所吸收利用，只有追施3次沼液的处理才有土壤中明显氮积累的现象。

从表3中还可以看出，虽然在“化肥基肥+沼液”处理和“沼液基肥+沼液”处理中，随着沼液施用次数的增加，土壤全氮含量有提高的趋势，但是纯沼液处理的土壤全氮含量增加程度却不如“化肥+沼液”处理，同时又高于纯化肥对照。由此可以推测，沼液与化肥结合使用，对提高土壤全氮含量有正效应。考虑到土壤中氮素绝大部分为有机的结合形态，无机形态的氮一般占全氮的1%~5%^[22]，本研究对土壤有效氮，即碱解氮进行测定。从测定结果可以看出，一直到小麦收获时期，施用3次沼液的处理中，仍有充足的有效氮供应，有效氮含量在140 mg/kg以上，远高于化肥对照(处理II)的58.4 mg/kg。即便是只施用1次沼液的处理(III和VI)，在冬小麦季末，土壤有效氮含量也在70 mg/kg左右，比化肥对照高10 mg/kg以上或18%~26%。由此可见，沼液在冬小麦生长过程中，可以释放出足够的有效氮，供作物生长之用。

2.3 沼液灌溉对土壤pH值的影响

经过1个冬小麦生长季，不同处理的土壤pH值呈现出不同的变化趋势(图2)。无氮对照(I)和化肥对照(II)的土壤pH值均提高约0.2个pH单位，从原来的8.28升高到8.55左右。只灌溉1次沼液的处理，土壤pH值保持不变或略有升高，pH值在8.30~8.45之间；而灌溉沼液超过1次的处理，土壤pH值则呈现下降趋势，最大降幅达0.4个pH单位；灌溉2次沼液的处理，

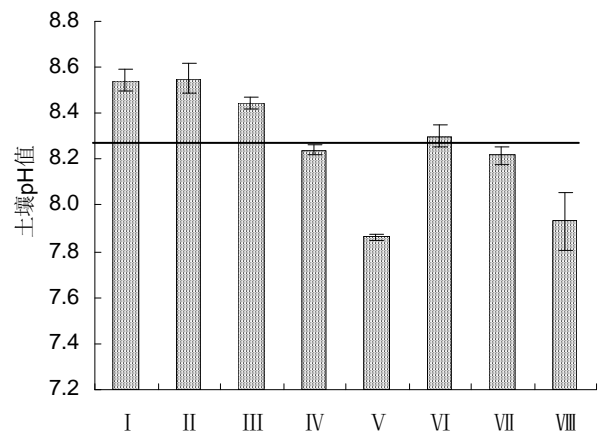


图2 土壤pH值比较

pH值降至8.23左右;灌溉3次沼液的处理,pH值降至7.86~7.93范围内。

对于北方碱性土而言,土壤pH值下降可能并不直接导致土壤酸化而不利作物生长。但是土壤pH值下降直接影响土壤中金属元素的有效性。《小麦产地环境技术条件》NY/T 851—2004^[30]中关于金属元素限定值的要求划分的pH值临界值为7.5,即当土壤pH值下降到低于7.5时,该标准中对于铜、锌、铅、镉等金属元素限定值的要求都将更加严格。本研究所有处理的土壤pH值均高于7.5,这与李轶等^[29]的结论一致,其研究表明,施用沼肥的保护地蔬菜栽培土壤pH有下降的趋势,但无酸化现象发生。该结论也与王卫平等^[31]的研究结果一致,他们的研究也表明施用沼液后土壤pH值有所下降。

2.4 沼液灌溉对土壤铜锌铅镉的影响

《小麦产地环境技术条件》NY/T 851—2004中规定,在土壤pH值>7.5的条件下,要求总铜≤100 mg/kg,总

锌≤300 mg/kg,总铅≤350 mg/kg,总镉≤0.6 mg/kg。在小麦生长季完成后所取土壤测定结果(表4)表明,土壤质量在铜、锌、铅、镉含量方面符合NY/T 851—2004的相关规定。王卫平等^[31]的研究结果也表明,施用沼液后,土壤的铜、锌、铅、镉含量都在国家土壤环境质量标准允许范围内。

从表4可以看出,随着施用沼液次数的增加,土壤铜含量较本底值(2.78±0.82 mg/kg)增加的幅度越大。小麦收获后土壤取样测定结果表明,灌溉2次沼液的处理,铜含量比本底增加了84%和85%,灌溉3次沼液的处理,相应的增加量为88%。土壤中累积的铜来自于灌溉的猪场沼液,因为铜是猪饲料中最常用的重金属添加剂之一,通常的添加量为200~250 mg/kg,而这些添加剂绝大部分随畜禽粪便排出体外,进入环境^[32]。虽然经过一季冬小麦种植的沼液灌溉,土壤中铜、锌、铅、镉含量均未超标,但从铜含量的变化趋势来看,在长期灌溉沼液之后,存在着土壤铜含量超标的可能。

表4 沼液灌溉对冬小麦收获后土壤铜、锌、铅、镉含量比较

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
总铜	平均值/(mg/kg)	16.7	16.0	16.6	17.3	22.7	16.4	18.9	23.2
	标准差	1.45	1.51	0.99	1.40	0.61	1.76	1.68	4.76
	变异系数/%	9	9	6	8	3	11	9	21
总锌	平均值/(mg/kg)	33.4	27.0	30.3	41.5	46.0	33.1	27.3	43.4
	标准差	6.24	4.86	3.01	8.31	15.0	1.99	8.62	21.8
	变异系数/%	19	18	10	20	33	6	32	50
总铅	平均值/(mg/kg)	2.69	3.02	3.35	2.97	2.31	3.04	2.83	2.71
	标准差	0.12	0.29	1.07	0.29	0.88	0.25	0.38	0.29
	变异系数/%	4	10	32	10	38	8	13	11
总镉	平均值/(mg/kg)	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06
	标准差	0.009	0.006	0.005	0.008	0.027	0.009	0.009	0.020
	变异系数/%	18	15	13	16	45	15	18	33

3 结论

笔者在对北京地区猪场沼液灌溉冬小麦土壤采样分析的基础上,初步得出以下结论:

猪场沼液灌溉可增加表层土壤(0~10 cm)有机质含量,最高增幅为3.0 kg/hm²;灌溉猪场沼液有降低土壤pH值的作用,最高下降0.4个pH单位,但未发生土壤酸化;沼液灌溉不导致过量氮素在土壤中累积,同时可在小麦全生长期内提供较充足的有效氮;经1个小麦生长季的沼液灌溉处理,土壤的铜、锌、铅、镉含量均符合《小麦产地环境技术条件》NY/T 851—2004的要求,未造成土壤的金属污染,但长期效果则需进一步试

验验证。

参考文献

- [1] 李轶,张玉龙,宋春萍,等.施用沼肥对保护地蔬菜栽培土壤理化性质的影响[J].中国沼气,2006,24(4):17-19.
- [2] 陈道华,刘庆玉,艾天,等.施用沼肥对温室内土壤理化性质影响的研究[J].可再生能源,2007,25(1):23-25.
- [3] 张无敌,周长平,刘士清.厌氧消化残留物对改良土壤的作用[J].中国生态农业学报,1999,7(3):35-37.
- [4] 罗为群,蒋忠诚,邓艳,等.石灰土改良试验及其岩溶作用响应研究[J].南方农机,2008,27(3):221-227.
- [5] 刘飞虎.用沼肥改良红壤土地的试验和效果[J].南方农机,2000,6:

- 18.
- [6] 蔡阿兴,蒋其鳌,常运诚,等.沼气肥改良碱土及其增产效果研究[J].土壤通报,1999,30(1):4-6.
- [7] 柴仲平,王雪梅,孙霞,等.施用沼肥对枣园土壤养分含量的影响[J].西南农业学报,2010,23(3):782-785.
- [8] 史雅娟,刘敏超,吴成.施用沼肥对油菜硝酸盐含量及土壤速效氮的影响[J].农业现代化研究,2001,22(4):242-244.
- [9] 李彦超,廖新伟,吴银宝.施用沼液对杂交狼尾草产量和土壤养分含量的影响2007[J].农业环境科学学报,2007,26(4):1527-1531.
- [10] 李彦超,廖新伟,林东教,等.不同沼液灌溉强度对土壤和渗滤液的影响[J].家畜生态学报,2009,30(4):52-56.
- [11] 王宗寿.利用沼液种植黑麦草对土壤环境质量的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(增刊):172-175.
- [12] 杨合法,范聚芳,郝晋珉,等.沼肥对保护地番茄产量、品质和土壤肥力的影响[J].中国农学通报,2006,22(7):369-372.
- [13] 盛下放,钱永禄,刘丽.不同处理有机肥对蔬菜品质和土壤肥力的影响[J].农业环境科学学报,2006,25(1):77-80.
- [14] 王桂芳,李丙智,张林森,等.苹果园沼液配施钾肥对土壤酶活性及果实品质的影响[J].西北林学院学报,2009,24(5):88-91.
- [15] 李轶,张玉龙,谷士艳,等.施用沼肥对保护地土壤微生物群落影响的研究[J].可再生能源,2007,25(2):44-46.
- [16] 余海兵,刘正,叶盛兰.沼肥不同施用方法对糯玉米根际土壤肥力和微生物数量影响[J].中国农学通报,2007,23(8):399-402.
- [17] 李轶,刘庆玉,张玉龙,等.沼肥对保护地土壤酶及其呼吸强度的影响[J].中国土壤与肥料,2007,5:45-47.
- [18] 高红莉.施用沼肥对青菜产量品质及土壤质量的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(增刊):43-47.
- [19] 覃舟.施用沼液对紫甘蓝产量、营养品质及土壤质量的影响[J].江西农业学报,2009,21(7):83-86.
- [20] 李轶,张玉龙,虞娜,等.施用沼气肥对保护地土壤硝酸盐及盐分累积的影响[J].土壤通报,2007,38(2):409-411.
- [21] 刘素云,战新华,林匡飞,等.NY/T 395-2000,农田土壤环境质量监测技术规范[S].北京:中国标准出版社,2001:6-7.
- [22] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第三版.北京:中国农业出版社,2008:39-58.
- [23] 任意,辛景树,田有国,等.NY/T 1121.6-2006,第6部分土壤有机质的测定[S].北京:中国标准出版社,2006:1-3.
- [24] 田有国,辛景树,任意,等.NY/T 1121.2-2006,第2部分土壤pH值的测定[S].北京:中国标准出版社,2006:1-3.
- [25] 刘京,齐文启.GB/T 17138-1997,土壤质量铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法[S].北京:中国标准出版社,1998:1-4.
- [26] 齐文启,刘京.GB/T 17141-1997,土壤质量铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法[S].北京:中国标准出版社,1998:1-4.
- [27] 邢少峰,刘海轮,和文祥,等.培肥对烟田土壤化学性质及烟草品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(1):126-130.
- [28] 倪亮,孙广辉,罗光恩,等.沼液灌溉对土壤质量的影响[J].土壤,2008,40(4):608-611.
- [29] 李轶,张玉龙,宋春萍,等.施用沼肥对保护地蔬菜栽培土壤理化性质的影响[J].中国沼气,2006,24(4):17-19.
- [30] 张汝安,吴成,张玉芳,等.NY/T 851-2004,小麦产地环境技术条件[S].北京:中国标准出版社,2005:1-4.
- [31] 王卫平,朱凤香,陈晓昉,等.沼液浇灌对土壤质量和萝卜产量品质的影响[J].中国农学通报,2009,25(24):484-487.
- [32] 王瑾,韩剑众.饲料中重金属和抗生素对土壤和蔬菜的影响[J].生态与农村环境学报,2008,24(4):90-93.