

樊丽琴,吴霞,李磊,等. 水肥管理对土壤盐分、硝态氮分布及番茄产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):298-302.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.067

# 水肥管理对土壤盐分、硝态氮分布 及番茄产量和品质的影响

樊丽琴<sup>1</sup>, 吴霞<sup>1</sup>, 李磊<sup>1</sup>, 朱丹<sup>2</sup>

(1. 宁夏农林科学院农业资源与环境研究所, 宁夏银川 750002; 2. 宁夏回族自治区平罗县林业和城市管理局, 宁夏平罗 753400)

**摘要:**为探索盐碱地番茄一垄双行种植条件下的高效水肥管理模式,改善番茄品质,以当地习惯灌水施肥为对照,通过田间试验,开展不同灌溉方式下水肥减量对土壤盐氮分布、番茄产量和水分利用效率的影响。结果表明,土壤盐分含量随着施肥量的增加而增加,低水条件下的土壤盐分含量略高;土壤耕层硝态氮含量随着施肥量的增加而增加,随着灌水量的增加而降低。不同水量交替灌溉方式下,0~20 cm 土层土壤硝态氮含量均高于常规灌溉,而 40~60 cm 土层土壤硝态氮含量则低于常规灌溉。与对照相比,常规沟灌方式下,中水高肥和中水中肥处理下的番茄产量最高,番茄产量分别增加了 2.53% 和 2.02%,低灌水量下的番茄田灌溉水利用效率大于 30%,但产量下降了 9.60% 以上;不同水量交替沟灌方式下,高水低水交替灌溉配施高肥处理下的番茄产量最高,番茄产量增加了 1.58%,水分利用效率增加了 23.97%,而中水低水交替灌溉配施中肥处理下的灌溉水利用效率最高,水分利用效率增加了 36.80%,而产量并没有降低,该处理下番茄品质也有了明显改善。对一垄双行番茄田种植方式而言,采用中水低水交替灌溉配施中肥的水肥管理模式是一种可行的节水提质措施。

**关键词:**常规灌溉;不同水量交替灌溉;土壤盐分;土壤硝态氮;灌溉水利用效率;番茄品质

**中图分类号:**S275.3; S641.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)11-0298-04

蔬菜是一种需水量较大的作物,随着水资源的日益短缺,充分灌溉在许多蔬菜种植地区已不可行,如何在节水节肥条件下,保证蔬菜品质提高的同时使产量降幅尽可能减少,是当前节水农业领域的研究重点<sup>[1]</sup>。交替隔沟灌溉技术作为地面节水灌溉技术之一,具有节水、减少土壤水分深层渗漏等特点<sup>[2-3]</sup>,同喷灌、微灌等现代节水技术相比,具有投资少、技术容易掌握等优点,在大田大面积灌溉中有着广阔的应用前景。杜社妮等在黄瓜上的研究表明,黄瓜前期产量是交替沟灌>滴灌>常规沟灌>固定沟灌,中期和后期产量是滴灌>交替沟灌>固定沟灌>常规沟灌,水分利用效率和水分产出率的变化趋势一致,滴灌最高,交替沟灌次之,常规沟灌最低<sup>[4]</sup>;曹琦等对交替隔沟节水灌溉的效果、水分利用效率以及黄瓜产量和品质等方面进行了研究,发现交替隔沟灌溉可节水 37%~48%,作物水分利用效率提高 47%~82%<sup>[5]</sup>;此外,王志平等在露地春甘蓝<sup>[6]</sup>、王志伟等在高原夏菜莴笋<sup>[7]</sup>上的研究表明,与传统灌溉相比,交替隔沟灌溉下,蔬菜产量降低均不显著,灌溉水生产效率、水分生产效率、灌溉水生产效益显著提高。王雪梅等比较了固定隔沟灌和交替隔沟灌 2 种灌水方式下不同水氮处理对土壤水氮运移规律和番茄的响应,结

果发现,交替隔沟灌比固定隔沟灌有利于提高番茄的产量和水分利用效率<sup>[8]</sup>。

宁夏回族自治区石嘴山市平罗县位于宁夏引黄灌区下游,光热资源丰富,排灌畅通,具有得天独厚的蔬菜生产优势,2014 年平罗县全县蔬菜种植面积 1.55 万  $\text{hm}^2$ ,其中露地蔬菜面积 1.15 万  $\text{hm}^2$ ,占蔬菜总面积的 74.19%,蔬菜生产中由于缺少切实有效的水肥管理措施,存在“肥大水勤”问题,过量的施肥和灌水不但造成水、肥资源浪费,而且会导致土壤剖面硝态氮累积增加、作物品质及水氮利用效率降低、土壤次生盐渍化现象严重。前人有关番茄田交替灌溉模式的研究中,多采用盆栽试验,或者采用一垄一行田间种植试验,相邻沟沟间距离较小,灌溉水可侧渗到垄作番茄植株根部,但在宁夏当前农业生产中,番茄田多采用一垄双行种植模式,隔沟交替灌溉方式可能会因为两灌水沟沟间距离较远,而使番茄植株受到严重的水分胁迫,可否以分根区交替灌溉理论为基础,寻求一种适合一垄双行番茄种植条件下的高效水肥管理模式是值得探讨的问题。为此,笔者以盐碱地番茄田为研究对象,通过田间试验探讨不同灌水方式下水肥减量对土壤水盐氮含量的影响及番茄的响应,寻求不同水肥管理下土壤水分、盐分、硝态氮运移、番茄产量、灌溉水利用效率表现出的相似性和差异性,建立露地番茄节水控肥优化技术模式,旨在为宁夏引黄灌区番茄田水肥高效利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

田间试验地点位于平罗县黄渠桥镇通润村,土壤盐分、养分本底值见表 1,可看出试区土壤 pH 值和全盐含量较高,为

收稿日期:2018-02-08

基金项目:宁夏农林科学院科技创新先导资金(编号: NKYJ-15-35);宁夏农林科学院重点科技项目课题(编号: NKYZ-16-0905);宁夏农林科学院一二三产业融合发展科技创新示范课题(编号: NKYZ-16-0908)。

作者简介:樊丽琴(1979—),女,河南漯河人,硕士,副研究员,主要从事盐碱地改良研究。Tel: (0951) 6886760; E-mail: fanlqnx@126.com。

盐碱化土壤。根据菜园土壤养分含量丰缺临界指标判定,试区土壤有机质、全氮含量中等,全磷、全钾、速效钾含量较高,但碱解氮、有效磷含量缺乏。从土壤质地来看,土壤质地为沙质黏壤土,0~20 cm 土层土壤容重为 1.45 g/cm<sup>3</sup>,20~40 cm 土层土壤容重为 1.50 g/cm<sup>3</sup>,40~60 cm 土层土壤容重为 1.61 g/cm<sup>3</sup>,土壤紧实。当地农户习惯种植番茄,基肥以有机肥为主,结合深翻施腐熟农家肥 45 t/hm<sup>2</sup>、45% 硫酸钾型复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 为 15:15:15)750 kg/hm<sup>2</sup>、过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16%)375 kg/hm<sup>2</sup>、尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>。起垄,垄底宽

75 cm,沟底宽 50 cm,垄高 18 cm,垄上覆膜,膜宽 120 cm,沟底留缝隙并盖土以便沟内水分渗入。番茄于 2016 年 5 月 9 日移栽,移栽时座水栽苗,行距 60 cm,株距 50 cm,供试番茄品种为欧盾,栽苗 4 d 后浇缓苗水,缓苗水灌水量为 40 mm。整个生育期划分为苗期(5 月 20 日至 6 月 5 日)、开花坐果期(6 月 5—24 日)、果实膨大期(6 月 24 日至 7 月 16 日)、成熟采收期(7 月 16 日至 9 月 19 日),共 7 穗果,产量只统计 5 层果。试验过程中,采用统一的耕作和病虫害防治田间管理措施。

表 1 试区土壤盐分和养分状况

土层 (cm)	pH 值	全盐含量 (g/kg)	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (g/kg)	速效钾含量 (g/kg)
0~20	8.68	1.49	20.48	1.01	0.91	22.72	74.81	23.36	258.37
20~40	8.84	1.21	13.38	0.63	0.57	23.38	57.30	3.19	169.72
40~60	8.87	3.05							
60~80	9.27	1.76							
80~100	8.89	1.32							

1.2 试验设计

试验设计见表 2,共 15 个处理,每个处理 2 次重复,共 42 个小区。处理 1~9 每个小区 4 垄,各定植番茄 80 株;处理 10~15 每个小区 8 垄,各定植番茄 160 株。小区四周之间 0~40 cm 深铺设隔离薄膜。

处理号 1~9 为常规沟灌方式,2 个因素试验设计,因素 1 为灌水水平,分别设有高水、中水、低水,因素 2 为施肥水平,只有追施的部分设置 3 个水平,即高肥、中肥、低肥,高肥施肥量参照农户习惯施肥量,中肥施肥量为农户习惯施肥量的 80%,低肥施肥量为农户习惯施肥量的 60%。番茄在开花坐果期和第 2、3、4 穗果膨大期均按照试验设计进行灌水施肥处理,开花坐果期高水处理灌水量为 50 mm,第 2、3、4 穗果膨大期高水灌水量为 60 mm,中水和低水处理灌水量分别为高水处理灌水量的 80% 和 60%。开花坐果期高肥处理施肥量为硫酸钾型复合肥 450 kg/hm<sup>2</sup>、尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>;第 2 穗果膨大期、第 4 穗果膨大期高肥处理施肥量为 45% 硫酸钾复合肥 750 kg/hm<sup>2</sup>。

处理号 10~15 为交替灌溉方式。番茄一垄双行种植模式下,灌水沟沟间距较大,沟中水分均匀性和侧渗距离会受到限制,进而影响低水量灌水沟的番茄生长发育,因此在开花坐果期各处理均采用常规中量灌水方式,肥料施用量按高、中、低不同处理进行施用。高水低水交替灌溉处理按 1/2 常规高水灌水量计算(该沟下次灌水采用低水灌水量,依次交替进行),相邻沟采用低灌水量灌溉(该沟下次灌水采用 1/2 常规高水灌水量处理,依次交替进行),中水低水交替灌溉处理每隔 1 沟按 1/2 常规中水灌水量计算(该沟下次灌水采用低水灌水量,依次交替进行),相邻沟同样进行低水灌水量(该沟下次灌水采用中水灌水量,依次交替进行),肥料施用量和施用方法同常规方式。番茄不同水肥管理下的灌水量、施肥量见表 2。

1.3 测定项目与方法

统计每个小区第 1~5 穗果产量,第 5 穗果采摘后,每个处理随机选取 6 个果实测定番茄可溶性固形物、可溶性糖、维生素 C、总酸含量。其中可溶性固形物含量利用手持数字糖

表 2 试验设计

处理号	处理	灌水量 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	肥料施用量		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	高水高肥	2 700	681.0	465.0	405.0
2	高水中肥	2 700	594.9	406.5	346.5
3	高水低肥	2 700	508.8	348.0	346.5
4	中水高肥	2 240	681.0	465.0	405.0
5	中水中肥	2 240	594.9	406.5	346.5
6	中水低肥	2 240	508.8	348.0	346.5
7	低水高肥	1 780	681.0	465.0	405.0
8	低水中肥	1 780	594.9	406.5	346.5
9	低水低肥	1 780	508.8	348.0	346.5
10	高水低水交替配施高肥	2 240	681.0	465.0	405.0
11	高水低水交替配施中肥	2 240	594.9	406.5	346.5
12	高水低水交替配施低肥	2 240	508.8	348.0	346.5
13	中水低水交替配施高肥	2 010	681.0	465.0	405.0
14	中水低水交替配施中肥	2 010	594.9	406.5	346.5
15	中水低水交替配施低肥	2 010	508.8	348.0	346.5

度计测定;可溶性糖含量用硫酸蒽酮比色法测定;总酸含量采用 NaOH 滴定法测定;糖酸比=可溶性糖/总酸;硝酸盐含量采用水杨酸-硫酸法测定。同时采集垄两侧靠近沟底混合土样测定剖面土壤全盐和硝态氮含量,全盐含量采用雷磁 DDS-307A 型电导率测定。为消除边际效应,收获时只以每个小区中间 2 行番茄的中心 10 株为产量观测株。根据观测株的果实质量总和除以占地面积计算总产量。本试验中番茄的水分利用效率(WUE)为灌溉水利用效率:WUE=Y/I,式中:Y 为各个处理番茄的总产量,kg;I 为生育期内灌水量,m<sup>3</sup>。

2 结果与分析

2.1 不同水肥管理对土壤盐分和硝态氮含量的影响

由图 1 可以看出,常规灌溉条件下,同一灌水水平下的土壤盐分含量表现为高肥>中肥>低肥,盐分含量的增加可能与肥料中含有较多的硫酸根离子有关。同一施肥水平下,灌水量对土壤盐分的影响表现为低水条件下的土壤盐分含量略高,可能是由于较低的灌水量对土壤剖面盐分的淋洗效果较差所致。

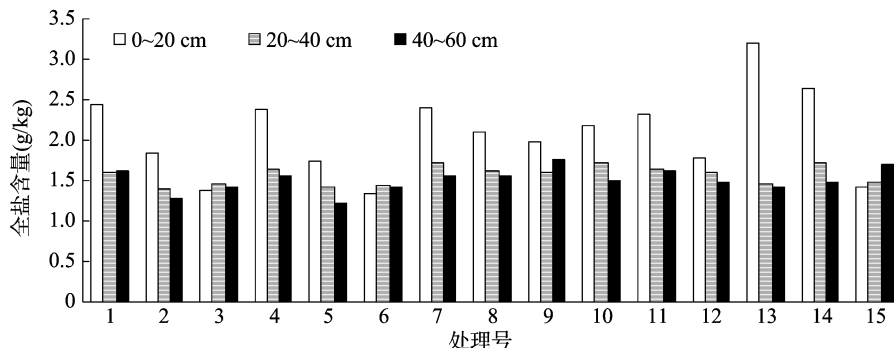


图1 不同水肥管理对土壤剖面全盐含量的影响

不同水量交替灌溉方式下,土壤盐分表聚现象更为明显,且高于初始值,其含量表现为高肥>中肥>低肥,高水<中水。

由图2可以看出,常规灌溉条件下,同一灌水水平下的土壤耕层硝态氮含量表现为高肥>中肥>低肥,土壤剖面硝态氮浓度随着施肥量的增加而升高,硝态氮向深层淋洗风险也加大,这与前人的研究结论<sup>[9]</sup>是一致的。同一施肥水平下,土壤耕层硝态氮含量表现为高水<中水<低水,高水低肥处理的土壤硝态氮含量最低,由此可见,不论降低灌溉量还是降低施肥量都有可能减少土壤中氮素的淋洗量。低水条件下由于减少了灌水量,降低了土壤中硝态氮随水向深层的渗漏,缓解了土壤中硝态氮的淋洗。同一灌水水平下,耕层土壤硝态氮含量表现为高肥>中肥>低肥,同一施肥水平下0~20 cm

土层土壤硝态氮含量表现为高水<中水,20~60 cm 土层土壤硝态氮含量表现为高水>中水。灌水量过大易把硝态氮带入土壤深层,不能被作物吸收而造成淋洗损失,这与前人研究结果<sup>[10]</sup>类似。对0~60 cm 土层而言,施肥量对土壤硝态氮残留量影响大于灌水量。由此可见,灌水量影响番茄土壤硝态氮剖面分布规律,施肥量则影响土壤硝态氮累积量。交替沟灌方式下0~20 cm 土层土壤硝态氮含量均高于常规沟灌方式下,而40~60 cm 土层土壤硝态氮含量则低于常规沟灌,可能是由于交替沟灌方式下土壤存在较强的侧渗现象,降低了土壤中硝态氮随水向深层的渗漏,致使土壤硝态氮在耕层累积,这种现象对增加作物对土壤中硝态氮的吸收利用、减少肥料淋溶有积极影响<sup>[11]</sup>。

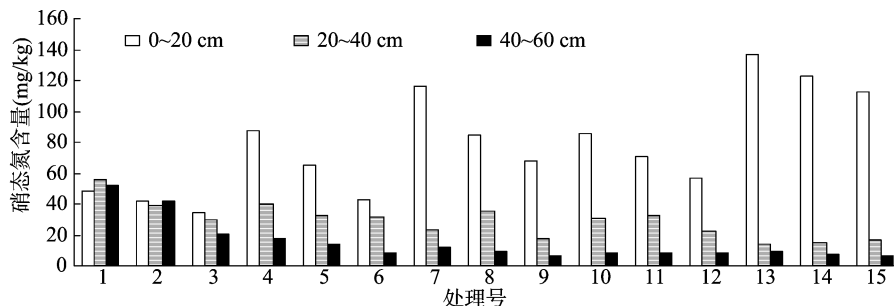


图2 不同水肥管理对土壤剖面硝态氮含量的影响

## 2.2 不同水肥管理对番茄产量和水分利用效率的影响

在一定范围内,水肥对产量的影响具有相互促进的关系,合理有效的水肥调控措施是实现高产高效生产的前提与重要基础。前人研究<sup>[12-13]</sup>表明,番茄的产量随着灌水量的增加呈先增后减的趋势,灌水量存在一阈值,过高和过低的灌水量均不利于番茄的生产。由图3可知,常规灌溉方式下,番茄果实产量表现为中水高肥处理(处理4)和中水中肥处理(处理5)下的番茄产量最高,与对照(处理1)相比,中水高肥处理(处理4)和中水中肥处理(处理5)番茄产量分别增加了2.53%和2.02%,其他处理番茄产量则有不同程度的降低。从灌溉水分利用效率来看,与对照相比,减量灌溉下各处理灌溉水分利用效率均有不同程度的增加,减少20%灌水量条件下,水分利用效率增加了10.16%~23.56%,减少40%灌水量条件下,番茄产量下降了7.88%~16.10%,水分利用效率增加了31.64%~37.10%,低水中肥处理(处理8)灌溉水分利用效率最大,但其产量下降幅度也较大,可能是由于其灌水量较低,番茄植株干旱胁迫严重所致。综合考虑番茄产量、施肥量和灌溉水分利用效率,中水中肥处理表现最优。

与对照相比,不同水量交替灌溉方式下,从番茄产量来看,高水低水交替灌溉配施高肥处理(处理10)下的番茄产量最高,番茄产量增加1.58%,灌水量下降17.04%,水分利用效率增加23.97%,高水低水交替灌溉配施中肥处理(处理11)和中水低水交替灌溉配施中肥处理(处理14)次之,番茄产量分别增加0.58%、0.59%,灌水量分别下降17.04%、25.56%,灌溉水分利用效率分别提高22.75%、36.80%;从灌溉水利用效率来看,中水低水交替灌溉配施中肥处理(处理14)最高,中水低水交替灌溉配施高肥处理(处理13)次之。综合考虑番茄产量和灌溉水利用效率2个因素,中水低水交替灌溉配施中肥处理(处理14)表现最优。不同水量交替灌溉并没有因为大幅度的节水而使产量降低,原因可能是调节了营养与生殖生长的关系,控制了叶片旺长,有效地减少了植株生长冗余<sup>[14]</sup>,也可能与2016年度番茄果实膨大期降水量较大,交替灌溉对番茄生长的不利影响较小有关。

## 2.3 不同水肥管理对番茄果实品质的影响

可溶性固形物、糖酸比属于风味品质。研究表明,常规高灌和中灌水量条件下,施肥量增加能提高番茄果实可溶性固

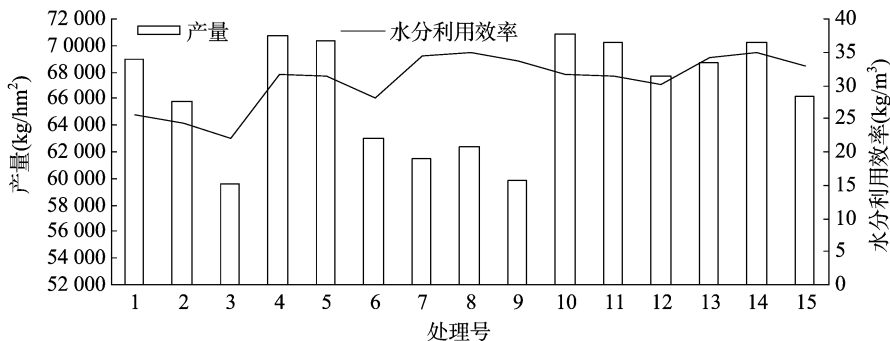


图3 不同水肥管理对番茄产量和灌溉水利用效率的影响

形物的含量,低灌水量下则相反;不论采用常规灌溉还是交替灌溉,随着灌水量的增加,番茄果实可溶性糖、可溶性固性物含量降低,表现为“稀释效应”,相反,灌水量减少则有利于提高番茄果实可溶性固形物和可溶性糖含量,增加糖酸比,改善番茄风味,这与前人的研究结论<sup>[15-16]</sup>基本一致;随着施肥量的增加,可溶性糖含量呈先增加后下降趋势。15 个处理中,常规沟灌方式下的低水低肥处理(处理 9)可溶性固形物含量最高,不同水量交替灌溉方式下(处理 10~处理 15),糖酸比表现为中水低水交替灌溉配施中肥(处理 14)最高,中水低水交替灌溉配施低肥(处理 15)次之;可溶性固形物则表现为处理 15 最高,处理 12 和处理 14 次之(表 3)。

蔬菜硝酸盐含量与氮肥用量有着直接的关系。本研究表明,不论采用常规灌溉还是交替灌溉,番茄果实硝酸盐含量均随着施肥量的增加而增加,随着灌水量的增加而降低,不同水量交替灌溉下的番茄果实硝酸盐含量更高(表 3)。可能有 2 个方面的原因:一方面,干旱促使植物体内硝酸还原酶合成受阻,分解加快,活性降低,导致硝酸盐累积增加;同时,土壤水分较低时土壤通气良好,有利于硝化作用的进行,提高了土壤中硝态氮可供量;另一方面,当灌水量增加导致土壤含水量增大时,土壤硝态氮因深层淋失增多,其含量可能减小。亏缺灌溉可提高果实中的硝酸盐含量,这与前人的研究结论<sup>[17]</sup>一致,但各处理番茄硝酸盐含量均低于 200 mg/kg,没有超过我国 2003 年发布的蔬菜中硝酸盐允许摄入量的标准(≤400 mg/kg)。

### 3 结论

研究结果表明,同一灌水水平下,土壤盐分含量表现为高肥>中肥>低肥,同一施肥水平下,低水条件下的土壤盐分含量略高,不同水量交替灌溉方式下的土壤盐分表聚现象更为明显;同一灌水水平下的土壤耕层硝态氮含量表现为高肥>中肥>低肥,同一施肥水平下,土壤耕层硝态氮含量表现为高水<中水<低水,高水低肥处理的土壤硝态氮含量最低,不同水量交替灌溉方式下 0~20 cm 土层土壤硝态氮含量均高于常规灌溉,而 40~60 cm 土层土壤硝态氮含量则低于常规灌溉,常规灌溉更容易导致硝态氮的淋失。与对照相比,常规灌溉方式下,中水高肥和中水中肥处理下的番茄产量最高,番茄产量分别增加了 2.53% 和 2.02%,灌溉水利用效率增加了 23.56% 和 22.94%,低水中肥处理下的灌溉水利用效率最高,较对照提高了 37.10%,但产量下降了 9.60%;不同水量交替灌溉方式下,高水低水交替灌溉配施高肥处理下的番茄产量最高,番茄产量增加了 1.58%,水分利用效率增加了

表 3 不同水肥管理对番茄果实品质的影响

处理号	可溶性固形物 (%)	可溶性糖 (%)	总酸 (%)	糖酸比	硝酸盐含量 (mg/kg)
1	5.45	2.16	0.64	3.38	132.9
2	5.16	2.35	0.57	4.12	130.9
3	5.07	2.31	0.51	4.53	129.2
4	5.58	2.33	0.62	3.76	141.6
5	5.43	2.58	0.49	5.27	138.2
6	5.31	2.42	0.45	5.38	132.4
7	5.65	2.49	0.58	4.29	165.7
8	5.88	2.61	0.44	5.93	151.6
9	6.46	2.53	0.4	6.33	145.2
10	5.16	2.47	0.56	4.41	148.2
11	5.45	2.59	0.48	5.40	139.7
12	5.87	2.29	0.37	6.19	133.8
13	5.35	2.68	0.48	5.58	155.2
14	5.82	2.72	0.43	6.33	132.9
15	6.14	2.46	0.39	6.31	128.7

23.97%,高水低水交替灌溉配施中肥处理和中水低水交替灌溉配施中肥处理次之,番茄产量分别增加了 0.58% 和 0.59%,灌溉水分利用效率分别提高了 22.75% 和 36.80%。考虑番茄产量和灌溉水利用效率 2 个因素,中水低水交替灌溉配施中肥处理表现最优。从番茄果实品质来看,不论是常规沟灌还是非均匀沟灌,水肥减量均有利于番茄可溶性固形物、可溶性糖含量和糖酸比的增加,改善番茄品质。对宁夏引黄灌区盐碱地上番茄一垄双行农户习惯种植模式而言,在维持番茄产量不降低的前提下,考虑灌溉水分利用效率和果实品质,中水低水交替灌溉配施中肥的处理为最佳处理。

灌溉水受重力和土壤基质吸力 2 种力的作用,灌溉水除向下浸润外,也可以向四周扩散,由于试区土壤为黏壤土,水流垂直下渗速度较慢,而向灌水沟四周沟壁的侧渗速度相对较强。与常规沟灌方式相比,非均匀沟灌方式下,灌水量较高的灌水沟与垄、灌水量较低的灌水沟之间由于灌水量的差异,存在水势梯度,水势梯度的存在使沟中水分容易侧渗入垄中,有利于番茄植株对水分的吸收。

### 参考文献:

- [1]殷韶梅,胡笑涛,康绍忠,等. 温室番茄结果期产量和品质对水分亏缺的响应[J]. 灌溉排水学报,2011,30(3):39-42,81.
- [2]Kang S Z,Zhang L,Hu X T,et al. An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots[J]. Scientia Horticulturae,2001,89(4):257-267.

张霞,刘蓓一,李健,等. 养猪发酵床熟化垫料组分及重金属含量评估[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):302-305.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.068

# 养猪发酵床熟化垫料组分及重金属含量评估

张霞<sup>1,2</sup>, 刘蓓一<sup>1,2,3</sup>, 李健<sup>1,2</sup>, 秦枫<sup>1,2</sup>, 潘孝青<sup>1,2</sup>, 邵乐<sup>1,2</sup>, 杨杰<sup>1,2</sup>, 顾洪如<sup>1,2</sup>

(1. 江苏省农业科学院畜牧研究所, 江苏南京 210014; 2. 农业部种养结合重点实验室, 江苏南京 210014;

3. 扬州市伊绿鲜生态农业科技有限公司, 江苏扬州 225261)

**摘要:**为评价猪发酵床废弃垫料的资源化利用价值及潜力,测定4种使用了3~4年的猪发酵床废弃垫料的基本理化性质、盐分及重金属含量等指标。结果表明,垫料富含有机质及氮磷钾营养物质,有机质含量在37.11%~50.73%之间,全氮含量为13.62~18.99 mg/g,全磷( $P_2O_5$ )含量为23.04~55.32 mg/g,全钾( $K_2O$ )含量为40.37~51.74 mg/g,且部分垫料之间差异显著。总腐殖酸含量较高,在35.36~43.60 g/kg之间。废弃垫料pH值在6.72~7.58之间,电导率为1.06~2.60 mS/cm,可溶性总盐含量为1.28%~3.77%,电导率、可溶性总盐含量及 $Na^+$ 、 $NO_3^- - N$ 含量不同垫料间差异显著,电导率与无机氮含量、可溶性总盐含量呈极显著正相关,pH值与 $NO_3^- - N$ 含量、可溶性总盐含量呈极显著负相关。垫料Cr、Cd、Pb含量均低于有机肥料农业行业标准(NY 884—2012《生物有机肥》)的要求;菌糠垫料As元素含量高于有机肥农业行业标准(As含量 $\leq 15$  mg/kg)。Cu、Zn含量超过了《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284—1984)控制范围。总之,使用了3~4年的废弃垫料有机质、氮、磷、钾、腐殖酸含量丰富,盐含量相对较高,超标的重金属以Cu、Zn、As为主。

**关键词:**养猪发酵床;垫料;资源化利用;养分;重金属

**中图分类号:** X713 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)11-0302-04

发酵床养猪技术是基于控制畜禽粪便排放与污染的一种养殖模式,主要是将锯末、稻壳等材料接种生物菌种堆积发酵

后用作垫料,在厚的垫料上养猪,使粪污分解产生的臭味物质转化为菌体固定下来,达到降低养殖舍内有害气体浓度、减少养殖污染排放的目的<sup>[1-3]</sup>。发酵床养殖技术减少了现代养殖方式中水冲圈产生的大量污水对环境的污染,改善了饲养环境,在农业生态循环技术中起着重要的作用<sup>[4]</sup>。

近年来生物发酵床养殖技术逐渐发展起来,并在全国大力推广。但是垫料在使用一定年限后便因为各种原因(如垫料理化性质、微生物发酵菌群以及病原微生物等)导致处理粪便的能力及饲养效果下降,须要进行更新。作为有机肥还田是废弃垫料资源化利用的主要途径,而废弃垫料作有机肥

收稿日期:2018-02-27

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(16)1003-12];  
江苏省农业三新工程(编号: SXGC[2016]331);江苏省双创科技  
副总项目。

作者简介:张霞(1976—),河南新乡人,博士,副研究员,主要从事  
畜禽粪便综合利用研究。E-mail: 583765990@qq.com。

通信作者:顾洪如,研究员,主要从事牧草资源与育种以及生态畜牧  
业技术研究。E-mail: guhongrujs@163.com。

[3]孙景生,康绍忠,蔡焕杰,等. 控制性交替灌溉技术的研究进展  
[J]. 农业工程学报,2001,17(4):1-5.

[4]杜社妮,白岗栓,梁银丽. 灌溉方式对黄瓜生长、产量及水分利用  
效率的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2010,36  
(4):433-439.

[5]曹琦,王树忠,高丽红,等. 交替隔沟灌溉对温室黄瓜生长及水分  
利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(1):47-53.

[6]王志平,周继华,黄兴法,等. 交替沟灌在露地春甘蓝上的应用  
[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(4):40-45.

[7]王志伟,张玉鑫,王晓巍,等. 隔沟交替灌溉在高原夏菜莴笋上的  
应用研究[J]. 中国农村水利水电,2011(8):77-79.

[8]王雪梅,曹红霞,韩红亮. 水氮耦合对温室番茄产量和水分利用  
效率的影响[J]. 节水灌溉,2014(12):20-22.

[9]谢安坤,李志宏,张云贵,等. 不同施氮水平对番茄产量、品质及  
土壤剖面硝态氮的影响[J]. 中国土壤与肥料,2011(1):26-  
29,68.

[10]聂斌,李文刚,江丽华,等. 不同灌溉方式对设施番茄土壤剖  
面硝态氮分布及灌溉水分效率的影响[J]. 水土保持研究,

2012,19(3):102-107.

[11]王春辉,祝鹏飞,束良佐,等. 分根区交替灌溉和氮形态影响土  
壤硝态氮的迁移利用[J]. 农业工程学报,2014,30(11):92-  
101.

[12]王鹏勃,李建明,丁娟娟,等. 水肥耦合对温室袋培番茄品质、产  
量及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学,2015,48(2):  
314-323.

[13]李建明,潘铜华,王玲慧,等. 水肥耦合对番茄光合、产量及水分  
利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(10):82-90.

[14]李红峥,曹红霞,吴宣毅,等. 沟灌方式与灌水量对温室番茄生  
长指标的影响[J]. 节水灌溉,2016(9):90-93.

[15]刘小刚,张彦,张富仓,等. 交替灌溉下不同水氮供给对番茄  
产量和品质的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(4):283-287.

[16]周继堂,成自勇,王峰,等. 覆膜沟灌条件下不同水氮处理对  
番茄产量与品质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(4):  
43-49.

[17]郑国保,孔德杰,张源沛,等. 不同灌水量对日光温室番茄产量、  
品质和水肥利用效率的影响[J]. 北方园艺,2011(11):47-49.