

张晶, 郭德杰, 宋修超, 等. 棉隆消毒改善发酵床垫料基质连茬栽培西瓜的效果研究[J]. 农业资源与环境学报, 2017, 34(6): 562-567.

ZHANG Jing, GUO De-jie, SONG Xiu-chao, et al. Effects of Dazomet Disinfection on Watermelon Continuous Cultivation in Deep-litter Materials Substrate [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(6): 562-567.

棉隆消毒改善发酵床垫料基质连茬栽培西瓜的效果研究

张晶, 郭德杰, 宋修超, 马艳*

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏 南京 210014)

摘要:以发酵床垫料为主要原料的复合基质作为栽培基质,采用槽式栽培方式,研究连茬种植西瓜效果、种后基质理化和微生物学性状的变化特征以及棉隆消毒后旧基质连茬种植西瓜效果。结果表明:种完1茬西瓜的旧基质继续种植西瓜会出现再植障碍,整个生育期枯萎病发病率可达35%;种植西瓜对基质中尖孢镰刀菌数量影响显著,连续种植2茬西瓜后,基质中尖孢镰刀菌数量可从0升高至 8.0×10^3 cfu·g⁻¹基质;种完1茬西瓜的旧基质经棉隆消毒处理后,真菌和尖孢镰刀菌数量均显著减少,且继续种植西瓜后其产量和单果重与新配基质相比均无显著差异。

关键词:发酵床垫料;基质栽培;西瓜;棉隆消毒

中图分类号:S344.4

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2017)06-0562-06

doi: 10.13254/j.jare.2017.0143

Effects of Dazomet Disinfection on Watermelon Continuous Cultivation in Deep-litter Materials Substrate

ZHANG Jing, GUO De-jie, SONG Xiu-chao, MA Yan*

(Institute of Agricultural Resource and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: An experiment was conducted to study the effects of a soilless substrate composed mainly of deep-litter materials on watermelon cultivation and the effects of cultivation on physicochemical and microbiological properties of this substrate. The reuse effect of old substrate after disinfection was also studied. The results showed that replant obstacle would occur if old substrate was used to continue growing watermelon and the incidence of fusarium wilt could reach 35% during the whole growth period. The number of *Fusarium oxysporum* in the substrate increased from 0 to 8.0×10^3 cfu·g⁻¹ after continuously two-crops growing of watermelon. The number of fungi and *Fusarium oxysporum* were significantly reduced in the substrate used once after dazomet disinfection. There was no significant differences in fruit weight and total yield when continue growing watermelon in disinfection substrate compared with in new substrate.

Keywords: deep-litter materials; substrate culture; watermelon; dazomet disinfection

发酵床养殖技术是基于控制畜禽粪尿排放与污染的一种新型生态养殖模式。有研究表明,养殖后的废弃垫料中富含有机质和氮、磷、钾等养分,资源化利用价值巨大^[1]。合理有效利用发酵床废弃垫料资源,不仅能延伸产业链、提高经济效益,还可以实现废弃物

再利用,促进生态农业的可持续发展。目前,关于发酵床垫料的资源化利用研究相对较少,且多是围绕其作为有机肥料直接施用土壤的可行性方面^[1-3]。关于垫料基质化利用方面则未见相关报道。

与传统的土壤栽培相比,基质栽培具有诸多优点,然而基质的高成本和重复利用是制约基质栽培发展的2个主要因素^[4],合理地重复利用基质可有效降低生产成本与劳动强度。然而,无论是何种基质,都存在栽培后的各种性状变化问题,基质在种植完作物后,受外界环境、作物本身以及施肥的影响,其理化和微生物学性状均会发生变化^[5]。如何将使用过的旧基

收稿日期:2017-06-01 录用日期:2017-09-05

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(15)1003-9);设施蔬菜化肥农药减施增效技术集成研究与示范项目(2016YFD0201000);江苏省博士后科研资助项目(1501119B)

作者简介:张晶(1988—),女,江苏泗阳人,博士,助理研究员,主要从事设施蔬菜土传病害防控研究。E-mail:jz0107@163.com

*通信作者:马艳 E-mail:myjaas@sina.com

质重新利用已成为相关领域研究者关注的新问题。如果旧基质的物理性状仍符合栽培基质的条件,可选择适宜的消毒措施对基质进行处理,改善其微生物学性状。而使用合理的化学消毒剂可以快速杀灭旧基质中积累的病原微生物,消除重复利用隐患,是一种便捷有效的措施。棉隆是一种甲基溴的替代品,具有高效、低毒、无残留等优点。该药剂遇水分解生成异硫氰酸甲酯气体,该气体能迅速扩散至物料中,可以有效杀灭各种病原真菌、线虫和杂草种子。

本试验以发酵床垫料复合基质为材料,研究连茬种植西瓜效果、种后基质理化和微生物学性状的变化特征以及棉隆消毒对旧基质连茬种植西瓜效果的改善。本研究结果可为发酵床垫料的资源化利用提供新的思路,既能提高废弃垫料的附加值,又能降低基质栽培成本,从而促进循环农业的健康发展。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试基质材料为充分腐熟的秸秆发酵床养猪垫料与蛭石、珍珠岩和泥炭,按3:2:3:2体积比混合制成,基本理化指标如下:容重 $0.24\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、总孔隙度72.06%、pH值6.77、EC值 $3.69\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。上述发酵床垫料配方为秸秆和菌糠(重量比为5:1)。供试商品基质为德国HAWITA(维特)泥炭基质,基本理化指标如下:容重 $0.21\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、总孔隙度74.18%、pH值6.52、EC值 $0.328\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。供试药剂为98%棉隆微粒剂,南通施壮化工有限公司产品。供试西瓜品种为苏蜜8号,由淮安市农业科学研究院提供。

1.2 试验设计

试验于2015年3—6月在江苏省农业科学院六合动物科学基地设施大棚进行。大棚长42 m,宽8 m。试验共设置4个处理:商品基质栽培(CK);发酵床垫料新基质栽培(1茬);发酵床垫料旧基质栽培(2茬);发酵床垫料旧基质棉隆消毒后栽培(2茬ML)。旧基质配方与新基质相同,为种完1茬西瓜后的基质,上茬西瓜单果重为1.2 kg左右。试验过程产生的发酵床垫料基质样品分为3种:种西瓜之前的新基质为0茬基质,新基质种完1茬西瓜后为1茬基质,旧基质继续种完1茬西瓜后为2茬基质。棉隆消毒具体方法:将棉隆粉剂按 $130\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ 用量加入旧基质中充分混合,浇透水后立即用塑料薄膜密封,保持20℃条件下密闭消毒12 d,结束后揭膜、透气,5 d后作为消毒处理基质备用。

试验采用槽式基质栽培方式。基质槽横切面为等腰梯形,上口宽25 cm,下口宽23 cm,高23 cm,总长4 m,槽内铺设滴灌带用于日常浇水。每槽装基质 0.2 m^3 ,种植1行西瓜,株距35 cm,种植11棵,每个处理3次重复,大棚内各处理随机排列。西瓜于2015年3月31日移栽定植,田间管理均按常规进行。6月11日开始采收,6月18日收获完毕。定植30 d后每个处理取3棵苗测定株高、根长和整株鲜重。西瓜收获后统计产量,每个处理随机选取3个西瓜用于含糖量测定,每个基质槽用土钻采取4个点的基质,混匀后用于理化和微生物学性状测定。

1.3 测定项目与方法

基质理化性质测定:基质容重和总孔隙度测定参考文献[6]。取一已知体积(V)的容器,称重($W1$),装满自然风干的待测基质,称重($W2$),将装有基质的容器浸泡在水中24 h后,称重($W3$);容重 $= (W2 - W1) / V$;总孔隙度($\%$) $= (W3 - W2) / V \times 100$ (重量以g为单位,体积以 cm^3 为单位)。基质养分测定参考文献[7]。全氮测定采用碳氮元素分析仪;全磷测定采用钼锑抗比色法;全钾测定采用火焰光度计法。将风干基质与去离子水以1:5比例混合振荡,静置后取上清液,分别用电导率仪和pH计测定EC值和pH值。

基质生物学性状测定:采用梯度稀释涂平板法测定可培养细菌、真菌和放线菌数量,采用的培养基分别是牛肉膏蛋白胨培养基、马丁氏培养基和高氏一号培养基。采用Komada选择性培养基测定尖孢镰刀菌数量^[8]。采用实时荧光定量PCR技术测定细菌和真菌数量^[9]。

西瓜产量和单果重测定:每个小区所有西瓜收获后逐个称重,记下总个数,分别计算单果重和小区产量。

西瓜含糖量测定:使用手持式折光仪分别测定西瓜中心和边缘的含糖量。

1.4 数据分析

试验数据经Excel处理后应用SPSS 22.0软件进行统计分析,采用单因素方差分析比较处理间差异的显著性水平。

2 结果与分析

2.1 发酵床垫料基质连茬栽培西瓜效果

由表1可以看出,定植30 d后,发酵床垫料基质栽培的第1茬西瓜与市售商品基质(CK)相比,株高减少28.36%,差异显著;整株鲜重减少24.51%,差异

显著;根长相近,差异不显著。此外,第 2 茬西瓜和第 1 茬相比,在株高、根长和整株鲜重方面均无显著性差异。第 2 茬西瓜与对照相比,株高减少 20.62%,差异显著;整株鲜重减少 15.13%,差异不显著;根长相近,差异不显著。结果表明,西瓜生长前期,市售商品基质中的植株长势比发酵床垫料基质中要好。

发酵床垫料基质栽培的第 1 茬西瓜产量和单果重与对照相比,分别减少 12.64%和 12.23%,但均无显著性差异。然而,第 2 茬西瓜无论是产量还是单果重都急剧下降,与第 1 茬相比,分别降低了 73.11%和 45.90%,均达到显著差异,主要原因是第 2 茬西瓜枯萎病发生严重,从而影响到产量和单果重。单果重是表征西瓜外观品质的最直观指标,其大小决定西瓜的商品价值,本研究以 0.9 kg 作为该品种西瓜的商品果重最低值,由表 1 可以看出,商品果率结果与单果重和产量结果一致,即发酵床垫料基质栽培的第 1 茬西瓜商品果率与对照相比无显著差异,而第 2 茬西瓜商品果率显著降低,仅有 10%,与第 1 茬和对照相比,分别减少了 89%和 90%。

2.2 连茬栽培西瓜后基质理化性状变化特征

由表 2 可以看出,种植 1 茬西瓜后的基质与新配基质(0 茬)相比,大部分理化指标均发生了显著变化。其中容重和 pH 值显著增加,容重由 $0.24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 升高至 $0.37 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,pH 值由 6.77 升高至 7.08。EC 值急剧降低,由 $3.69 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 降低至 $0.917 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,减少了 75.15%。全磷和全钾含量显著降低,全磷含量由 $28.4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降低至 $23.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全钾含量由 $21.6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降低至 $18.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。总孔隙度和全氮含量变化不显著。

种植 2 茬西瓜后基质大部分理化指标与 1 茬时

相比变化不显著,其中仅有 pH 值显著降低,由 7.08 降低至 6.79。种植 2 茬西瓜后基质大部分理化指标与新配基质相比均发生显著变化。其中 EC 值、全氮、全磷和全钾含量均显著降低,EC 值由 $3.69 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 降低至 $0.626 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,减少了 83.04%;全氮含量由 $15.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降低至 $13.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$;全磷含量由 $28.4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降低至 $22.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$;全钾含量由 $21.6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降低至 $18.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。容重由 $0.24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 升高至 $0.36 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,显著增加。总孔隙度和 pH 值变化不显著。

2.3 连茬栽培西瓜后基质微生物学性状变化特征

2.3.1 可培养微生物数量变化

由表 3 可以看出,种植不同茬次西瓜对基质中可培养细菌、真菌、放线菌以及西瓜枯萎病菌(尖孢镰刀菌)数量有不同程度的影响。连续种植 2 茬西瓜对基质中细菌和真菌数量影响不显著。种植西瓜后基质中放线菌数量呈逐渐减少趋势,1 茬后放线菌数量与新配基质(0 茬)相比,减少了 40.0%,差异显著;2 茬后放线菌数量与 1 茬时相比差异不显著,与新配基质相比,减少了 57.5%,差异显著。种植西瓜对基质中尖孢镰刀菌数量影响显著,新配基质中尖孢镰刀菌数量为 0,而种完 1 茬西瓜后,基质中尖孢镰刀菌数量迅速增

表 3 西瓜连茬栽培对基质中可培养微生物数量的影响
Table 3 Effects of continuous watermelon planting on the populations of culturable microorganisms in substrates

基质样品	细菌/ $\times 10^8$ cfu·g ⁻¹	真菌/ $\times 10^4$ cfu·g ⁻¹	放线菌/ $\times 10^7$ cfu·g ⁻¹	尖孢镰刀菌/ $\times 10^3$ cfu·g ⁻¹
0 茬	2.6±0.4a	1.3±0.3a	4.0±0.2a	0a
1 茬	3.1±0.5a	1.2±0.3a	2.4±0.6b	5.0±0.3b
2 茬	4.0±0.7a	1.5±0.2a	1.7±0.5b	8.0±0.3c

表 1 不同茬次西瓜生长发育指标及产量结果

Table 1 Growth indexes and yields of watermelon of different stubbles

处理	株高/cm	根长/cm	整株鲜重/g	小区产量/kg·m ⁻²	单果重/kg	商品果率/%
CK	81.70±5.60a	16.90±1.35a	42.64±4.77a	13.92±0.76a	1.39±0.12a	100±0a
1 茬	58.53±3.19b	18.60±2.47a	32.19±2.54b	12.16±0.59a	1.22±0.06a	93±6a
2 茬	64.85±2.33b	16.05±2.90a	36.19±0.61ab	3.27±0.75b	0.66±0.02b	10±2b

注:同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

表 2 西瓜连茬栽培对基质理化性状的影响

Table 2 Effects of continuous watermelon planting on the physical and chemical properties of substrate

基质样品	容重/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	总孔隙度/%	EC/ $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$	pH 值	全氮/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	全磷/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	全钾/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
0 茬	0.24±0.02b	72.06±0.28a	3.69±0.26a	6.77±0.03b	15.0±0.11a	28.4±0.24a	21.6±0.26a
1 茬	0.37±0.08a	71.75±0.36a	0.917±0.24b	7.08±0.09a	13.6±0.41ab	23.1±0.16b	18.0±0.39b
2 茬	0.36±0.09a	70.19±0.68a	0.626±0.25b	6.79±0.08b	13.1±0.24b	22.2±0.28b	18.0±0.29b

加到 $5 \times 10^3 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ 基质,种完 2 茬西瓜后,基质中尖孢镰刀菌数量继续增加,升高至 $8 \times 10^3 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ 基质,与 1 茬时相比差异显著。尖孢镰刀菌的迅速累积也是第 2 茬西瓜枯萎病发生严重的主要因素。

2.3.2 总细菌和总真菌数量变化

采用实时荧光定量 PCR 技术测定种植不同茬次西瓜后基质中微生物数量变化情况,结果见图 1。在细菌数量差异上,定量 PCR 结果与表 3 平板计数结果一致,即连续种植 2 茬西瓜对基质中细菌数量影响不大;1 茬后细菌总量为 $1.54 \times 10^{15} \text{ copies} \cdot \text{g}^{-1}$,2 茬后细菌总量为 $1.39 \times 10^{15} \text{ copies} \cdot \text{g}^{-1}$,与新配基质(0 茬 $1.84 \times 10^{15} \text{ copies} \cdot \text{g}^{-1}$)相比数量均稍有减少,但差异均不显著。

在真菌数量差异上,定量 PCR 结果与平板计数结果不一致,种植西瓜对基质中真菌数量影响显著;1 茬后真菌总量显著降低,由 $3.80 \times 10^9 \text{ copies} \cdot \text{g}^{-1}$ 减少至 $1.69 \times 10^9 \text{ copies} \cdot \text{g}^{-1}$,2 茬后基质中真菌总量与 1 茬时相比差异不显著,总量为 $1.95 \times 10^9 \text{ copies} \cdot \text{g}^{-1}$,而表 3 结果显示,连续种植 2 茬西瓜对基质中可培养真菌数量影响不显著,推测种植西瓜可能会减少基质中不可培养真菌的数量,从而导致真菌总量显著降低。

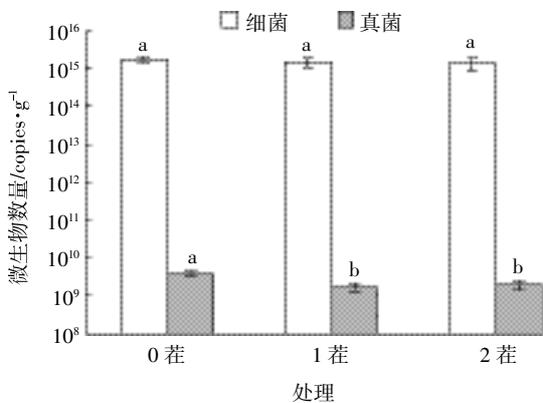


图 1 西瓜连茬栽培对基质中细菌和真菌数量的影响

Figure 1 Effects of continuous watermelon planting on the number of bacteria and fungi in substrates

2.4 棉隆消毒后基质连茬栽培西瓜效果

采用绿色消毒剂棉隆对种完 1 茬西瓜的旧基质进行消毒,消毒后基质种植西瓜效果见表 4。结果表明,棉隆消毒后基质种植西瓜(2 茬 ML),无论是产量还是单果重与新基质种植(1 茬)相比均无显著差异,与未经消毒的旧基质种植(2 茬)相比,产量和单果重均显著增加,且整个生育期西瓜未发病,而未经消毒的旧基质种植西瓜,整个生育期西瓜枯萎病发病率高

表 4 棉隆消毒对旧基质种植西瓜效果影响

Table 4 Effects of dazomet disinfection on watermelon planting in old substrate

处理	小区产量/kg·m ⁻²	单果重/kg	商品果率/%	发病率/%
1 茬	12.16±0.59a	1.22±0.06a	93±6a	0b
2 茬	3.27±0.75b	0.66±0.02b	10±2c	35±5a
2 茬(ML)	10.86±0.42a	1.09±0.07a	70±4b	0b

达 35%。从商品果率结果来看,棉隆消毒后基质种植西瓜其商品果率可达 70%,与新基质种植(93%)相比减少了 25%,差异显著,然而与未经消毒的旧基质种植(10%)相比,增加了 86%,差异显著。综上,经棉隆消毒后的旧基质继续种植西瓜,无论是产量、单果重还是商品果率与未经消毒的旧基质种植相比均大幅度显著增加,其中产量和单果重与新基质种植相比更是无显著差异。

除了外观品质,果实的风味品质也是决定其市场竞争力的重要指标,含糖量高的西瓜在市场上更受欢迎。从图 2 结果可以看出,各处理西瓜无论是中心还是边缘的含糖量之间均无显著差异,说明棉隆消毒对西瓜的口感没有显著影响。

以上结果表明,经棉隆消毒后的旧基质可以继续种植西瓜,整个生育期西瓜几乎不发病,且产量和单果重与新基质种植效果相近。

2.5 棉隆消毒对旧基质微生物学性状影响

棉隆消毒对基质中可培养微生物数量影响见表 5。从表中结果可以看出,种完 1 茬西瓜的旧基质经棉隆消毒后,细菌和放线菌数量变化不显著,而真菌和尖孢镰刀菌数量均显著减少,分别由消毒前的 $2.7 \times 10^4 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ 基质和 $7.5 \times 10^3 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ 基质降低至消毒后

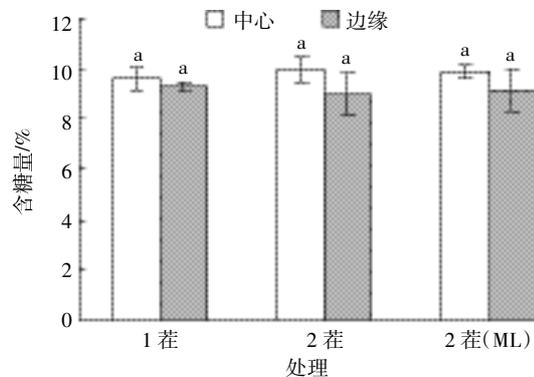


图 2 棉隆消毒对西瓜含糖量影响

Figure 2 Effects of dazomet disinfection on sugar content in watermelon

表5 棉隆消毒对基质中可培养微生物数量影响

Table 5 Effects of dazomet disinfection on the populations of culturable microorganisms in substrates

采样日期	细菌/ $\times 10^8$ cfu·g ⁻¹	真菌/ $\times 10^3$ cfu·g ⁻¹	放线菌/ $\times 10^7$ cfu·g ⁻¹	尖孢镰刀菌/ $\times 10^3$ cfu·g ⁻¹
2015/3/5(消毒前)	2.2±0.3a	27±3a	1.9±0.4a	7.5±0.6a
2015/3/17(消毒后)	2.1±0.4a	5.8±0.5b	1.6±0.2a	0b
2015/6/18 (西瓜收获)	1.8±0.2a	4.0±0.2b	1.3±0.3a	1.0±0.2b

的 5.8×10^3 cfu·g⁻¹ 基质和 0。西瓜移栽后, 基质中微生物数量有所变化, 至西瓜收获时, 真菌数量依然较低, 与消毒结束时相比无显著差异; 尖孢镰刀菌数量有所增加, 由消毒结束时的 0 增加到 1.0×10^3 cfu·g⁻¹ 基质, 但与消毒前相比, 仍显著降低; 棉隆消毒和西瓜种植对基质中细菌和放线菌数量均无显著影响。

3 讨论

迄今为止, 关于发酵床垫料的资源化利用研究较少, 关于垫料基质化利用方面则未见相关报道。本研究将以发酵床垫料为主要原料的复合基质用于设施西瓜栽培。结果表明, 与市售商品基质相比, 发酵床垫料基质栽培的西瓜在产量、单果重以及商品果率方面均无显著差异, 说明发酵床垫料无害化堆肥处理后作为基质生产的主要原料用于蔬菜栽培的思路是可行的。

在作物栽培过程中, 栽培基质只有具备适宜的理化性质, 才能为作物生长提供良好的根际环境。郭世荣^[10]提出关于理想基质的标准: 容重在 $0.1 \sim 0.8$ g·cm⁻³ 范围, 总孔隙度在 54%~96% 范围, pH 值 7.0 左右, 作物栽培效果较好。本试验的测定结果表明, 种完 1 茬西瓜的基质容重为 0.37 g·cm⁻³, 总孔隙度为 71.75%, pH 值为 7.08, EC 值为 0.917 mS·cm⁻¹, 均在适宜作物生长的范围内。种植 2 茬西瓜后的基质与种植 1 茬后的相比, 大部分理化指标变化不显著, 说明种植 1 茬西瓜后, 基质的理化性状趋于稳定, 且主要理化性状仍符合栽培基质的条件, 这样有利于旧基质的重复使用。然而, 旧基质在种植第 2 茬西瓜时, 枯萎病发生严重, 无论是西瓜总产量还是单果重都急剧下降, 多种指标的综合分析表明基质中枯萎病菌的大量累积是限制基质重复利用的主要原因。

为了实现西瓜栽培基质的重复和多次利用, 本研究选用联合国推荐的绿色消毒剂棉隆对栽培过西瓜的旧基质进行处理, 结果表明, 棉隆处理能有效杀灭

基质中尖孢镰刀菌, 并能显著降低基质中真菌的总体数量, 而对细菌和放线菌数量影响不大。余宏军等^[11]的研究结果也表明棉隆消毒对基质中尖孢镰刀菌的杀灭效果显著, 然而该研究只是测定了棉隆对基质中人工接种尖孢镰刀菌的杀灭效果, 并未进一步研究消毒后基质的栽培应用效果。而本研究将棉隆用于实际栽培过西瓜、自然产生尖孢镰刀菌的基质消毒, 并将消毒后的旧基质继续种植西瓜, 结果表明, 无论是产量还是单果重与新基质相比均无显著差异。本研究结果说明棉隆可以作为西瓜重茬基质消毒剂, 用于防治西瓜枯萎病, 从而达到基质多次利用、降低栽培成本目的。本研究为栽培基质的消毒和重复利用提供了直接的理论和技术支撑, 具有良好的生产指导意义。

4 结论

以发酵床垫料为主要原料的复合基质可以作为西瓜的栽培基质; 种完 1 茬西瓜的旧基质主要理化指标仍符合栽培基质要求, 但枯萎病菌大量累积, 若不经任何处理继续种植西瓜, 第 2 茬西瓜枯萎病发生严重; 而将种完 1 茬西瓜的旧基质经棉隆消毒后, 采用平板培养的检测方法没有检测到病原菌的存在, 而且继续栽种西瓜的效果与新基质没有明显差别。

参考文献:

- [1] 胡海燕, 于 勇, 张玉静, 等. 发酵床养猪废弃垫料的资源化利用评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(1): 252-258.
HU Hai-yan, YU Yong, ZHANG Yu-jing, et al. Evaluation on resource utilization of litters in pig-on-litter farming system[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2013, 19(1): 252-258. (in Chinese)
- [2] 罗 佳, 刘丽珠, 王 同, 等. 养猪发酵床垫料有机肥对辣椒产量及土壤微生物多样性的影响[J]. 土壤, 2015, 47(6): 1101-1106.
LUO Jia, LIU Li-zhu, WANG Tong, et al. Effect of organic fertilizer from deep-litter pig rearing on pepper yield and soil microbial diversity [J]. *Soils*, 2015, 47(6): 1101-1106. (in Chinese)
- [3] 刘宇锋, 罗 佳, 严少华, 等. 发酵床垫料特性与资源化利用研究进展[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(3): 700-707.
LIU Yu-feng, LUO Jia, YAN Shao-hua, et al. Research progress in characteristics of litter in a pig-on-litter system for swine production and their resource utilization[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 31(3): 700-707. (in Chinese)
- [4] 李国景, 徐志豪, Benoit F, 等. 环保型可重复利用的海棉无土栽培基质的应用研究[J]. 浙江农业学报, 2001, 13(2): 61-66.
LI Guo-jing, XU Zhi-hao, Benoit F, et al. The application of polyurethane ether foam (PUR) to soilless culture as a reusable and environmental sound substrate[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2001, 13(2): 61-66. (in Chinese)

- [5] Harland J, Lane S, Price D. Further experiences with recycled zeolite as a substrate for the sweet pepper crop[J]. *Acta Horticulture*, 1999, 481: 187-196.
- [6] 连兆煌. 无土栽培原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社, 1994:61-62.
LIAN Zhao-huang. Theories and techniques of soilless culture[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994:61-62. (in Chinese)
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社, 2000: 30-106.
BAO Shi-dan. Soil agricultural chemistry analysis(3rd edition)[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000:30-106. (in Chinese)
- [8] Komada H. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil[J]. *Review in Plant Protection Research*, 1975(8):114-125.
- [9] 沈宗专, 钟书堂, 赵建树, 等. 氨水熏蒸对高发枯萎病蕉园土壤微生物区系及发病率的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(9): 1-11.
SHEN Zong-zhuan, ZHONG Shu-tang, ZHAO Jian-shu, et al. Effects of ammonia fumigation on soil microflora and banana production in an orchard with serious *Fusarium* wilt disease[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(9): 1-11. (in Chinese)
- [10] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社, 2003:135-142.
GUO Shi-rong. Soilless culture[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 135-142. (in Chinese)
- [11] 余宏军, 吕雅悠, 李 强, 等. 不同熏蒸剂杀灭无土栽培基质中尖孢镰刀菌的效果评价[J]. 中国蔬菜, 2017, 1(3):46-51.
YU Hong-jun, LYU Ya-you, LI Qiang, et al. Evaluation on effect of different fumigants on *Fusarium oxysporum* in soilless culture substrates[J]. *China Vegetables*, 2017, 1(3):46-51. (in Chinese)