

周金燕,严少华,罗 佳,等. 以奶白菜为例评估有机基质再生利用的可行性及障碍因子消解策略[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):301-307.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.054

# 以奶白菜为例评估有机基质再生利用的可行性及障碍因子消解策略

周金燕, 严少华, 罗 佳, 刘新红, 张 苗, 郭德杰, 马 艳

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所/农业农村部长江下游平原农业环境重点实验室,江苏南京 210014)

**摘要:**有机基质的高成本生产限制了其规模化栽培的发展,探索有机基质重复利用的可行性及可能的障碍因子消解办法有利于节约生产成本。通过在有机基质上连续种植 5 茬奶白菜,检测奶白菜产量及品质、基质养分含量和理化性质等指标,评估有机基质重茬种植的效果及影响因子。结果表明,新基质连续种植 2 茬对奶白菜的产量无显著影响,在第 3 茬出现明显的生长抑制现象,产量降低 25%,这种抑制可以在第 3 茬基质中补充与新基质等量速效养分来消除。将第 3 茬无添加养分的基质作为重茬基质,添加与新基质等量的养分后继续种植 2 茬,直到第 5 茬奶白菜的产量与新基质中生长的并无显著差异。连续 5 茬种植中,奶白菜的品质指标硝酸盐、可溶性糖含量均在合格范围内。基质物理指标(容重、总孔隙度、田间持水量)均符合基质栽培生产要求,化学指标 pH 值为 6.91~7.87,可溶性盐浓度(EC 值)为 1.89~4.16 mS/cm 时,奶白菜均能正常生长。说明连续种植 5 茬奶白菜,养分是限制有机基质再生利用的影响因子,补齐养分可以有效降低规模化有机基质栽培下奶白菜生产成本。

**关键词:**奶白菜,有机基质,再生利用,可行性,消解策略

**中图分类号:**S634.304 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)22-0301-06

无土栽培是世界设施农业中广泛采用的先进技术,与传统的土壤栽培相比,具有充分利用农业生产物质、提高农业生产潜力、肥料利用率高、节水节肥省工、避免土壤盐渍化以及生产可控性等诸多优点,在无公害绿色蔬菜生产中得到迅速发展<sup>[1-3]</sup>。有机基质栽培是无土栽培中应用最为广泛的一种栽培方式,其基质主要由农业废弃物如农作物秸秆、菇渣、草炭、锯末、畜禽粪便等经发酵或高温处理后,按一定比例混合辅助以珍珠岩、蛭石等惰性矿物单独或混合制备而成<sup>[4-5]</sup>。因此,有机基质栽培不仅具备无土栽培的优点,还具有将农业废弃物“变废为宝”的优势,是一种有利于经济发展和环境保护的栽培方式<sup>[6-7]</sup>。然而,有机基质的高成本是限制有机基质栽培规模化发展的重要因素<sup>[8-9]</sup>。探索有机基质重复利用的可行性及可能的障碍因子

消解办法成为了生产实际的一种客观需要。

已有研究表明,田间土壤种植模式下,在同一块土地上连续种植同一种或同一科作物,会出现连作障碍(植株生长矮小、病虫害加剧、产量和品质下降)<sup>[10-11]</sup>。研究者们将原因主要归结为以下 4 个方面:(1)养分流失<sup>[12]</sup>;(2)土壤物理、化学性状恶化<sup>[13]</sup>;(3)微生物种群特征改变,病虫害加剧<sup>[14]</sup>;(4)根系残留及有害分泌物积累(如酚酸类物质)<sup>[15-16]</sup>。目前,国内外学者对于土壤连作障碍的研究较多,然而关于有机基质栽培中基质连作障碍的研究相对较少。鉴于与土壤质地、缓冲性等各方面的巨大差异,笔者推测有机基质的重复利用(客观上导致的重茬)可能与田间土壤种植模式下的表现存在一定差异。

奶白菜属于普通小白菜中株型中矮肥、叶柄宽厚的一个种类,因具有明目、健脾、和胃、润肠等功效,成为一种被人们广泛食用的叶菜类蔬菜,具有良好的市场前景。本试验以奶白菜为试验材料,通过在有机基质上连续种植 5 茬,检测奶白菜产量及品质、基质中养分含量和理化性质等指标,评估有机基质重复利用的可行性,并探索可能的障碍因子消解策略,以期有机基质栽培下奶白菜的规模化经济生产提供理论和实践依据。

收稿日期:2020-03-31

基金项目:江苏省博士后科研资助计划(编号:2019K168);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(18)3064]。

作者简介:周金燕(1987—),女,河南沈丘人,博士,助理研究员,主要从事植物营养与废弃物资源化利用研究。E-mail:23240962@163.com。

通信作者:马 艳,博士,研究员,主要从事植物营养与废弃物资源化利用研究。E-mail:myjaas@sina.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试有机基质(江苏省农业科学院六合动物科学基地堆肥厂提供)由发酵床熟化垫料、蛭石、泥炭和灰渣,按 2:3:3:2 的体积比混合制成,它的基本理化性质指标如下:容重  $0.38\text{ g/cm}^3$ 、总孔隙度 79.1%、pH 值 6.91、可溶性盐浓度(EC 值)  $4.16\text{ mS/cm}$ 、全氮含量  $9.23\text{ g/kg}$ 、全磷含量  $6.96\text{ g/kg}$ 、全钾含量为  $18.81\text{ g/kg}$ 、速效氮含量  $2.12\text{ g/kg}$ 、有效磷含量  $0.49\text{ g/kg}$ 、速效钾含量  $5.91\text{ g/kg}$ 。供试奶白菜品种为火箭小黄白(昆明九华农业发展有限公司生产)。

### 1.2 试验设计

试验于 2018 年 9 月至 2019 年 5 月在江苏省农业科学院试验基地温室大棚内进行。基质槽长 80 cm,宽 15 cm,高 10 cm,种植时以 7 L 体积计算。待培育的奶白菜秧苗长至三叶一心时,选择长势基本一致的幼苗定植于装好基质的基质槽中,每槽 8 株,每茬至少种植 9 槽。

以未种植过的基质为新基质种植第 1 茬奶白菜。每茬收获后在其生长基质(去掉其中根系后混匀)上继续种植,直至 5 茬。每茬试验均以新基质为对照。考虑到重茬种植可能产生养分耗竭的情况,在第 3 茬重茬基质中分别进行补齐养分(添加与新基质等量的速效养分)、与不添加养分的处理,发现养分不足限制了奶白菜生长。于是,第 4 茬以第 3 茬无添加养分的重茬基质为栽培基质继续补齐养分,考察其他的基质重复利用限制因子。所用化肥 N、P、K 分别以化学试剂硝酸钙、磷酸二氢钾和硫酸钾的形式添加。

奶白菜定植 30d 后,测定每槽中奶白菜的产量,每个处理取 6 棵苗测定植株叶片数、叶面积及叶绿素相对含量(SPAD 值),并将植株分为根系和地上部 2 个部分,用去离子水清洗干净,于  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘箱中杀青 30 min,然后在  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  下烘干至恒质量,用于可溶性糖含量的测定。另取 4 棵苗,洗净后,用液氮冷冻,置于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  下保存,用于硝酸盐含量的测定。奶白菜收获后将基质混匀取样,每 3 个基质槽作为 1 个重复,共 3 个重复,用于基质基础理化性质的测定。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 基质理化性质测定 基质容重、总孔隙度以及田间持水量的测定参考连兆煌的《无土栽培原理

与技术》中的方法<sup>[17]</sup>。基质养分含量依照常规方法测定,用浓  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$  消煮后分别测定全氮、全磷、全钾含量,水浸提后分别测定速效氮、速效磷、速效钾含量<sup>[18]</sup>。有机质含量采用湿烧法测定。pH 值和可溶性盐浓度(EC 值)的测定方法:将风干基质与去离子水以质量比 1:5 混合,在  $180\text{ r/min}$  下振荡 30 min,静置 30 min 后,分别用 pH 计和电导仪测定基质 pH 值和可溶性盐浓度。

1.3.2 植株叶绿素含量以及品质测定 叶绿素含量采用 SPAD-502 型叶绿素仪进行测定,以 SPAD 值表示,采集时每个处理选定 6 棵植株,每株取最大展开叶片的不同部位测 6 次取平均值。植株品质指标硝酸盐含量采用水杨酸-硫酸法测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定。

### 1.4 数据分析

为了去除环境因子对奶白菜产量及品质的影响,以新基质种植第 1 茬奶白菜为基准,各重茬基质奶白菜产量、生长发育指标以及硝酸盐含量和可溶性糖含量采取相对值,具体计算方法如下:

第  $n$  茬重茬基质奶白菜各指标相对数值 = 第  $n$  茬重茬基质上种植奶白菜的各指标实际数值  $\times$  (第 1 茬新基质上种植奶白菜的各指标数值/第  $n$  茬新基质上种植奶白菜的各指标实际数值)。

试验数据用 Excel 2010 和 SPSS 16.0 整理和统计分析,采用 Duncan's 法进行多重比较( $P < 0.05$ )。

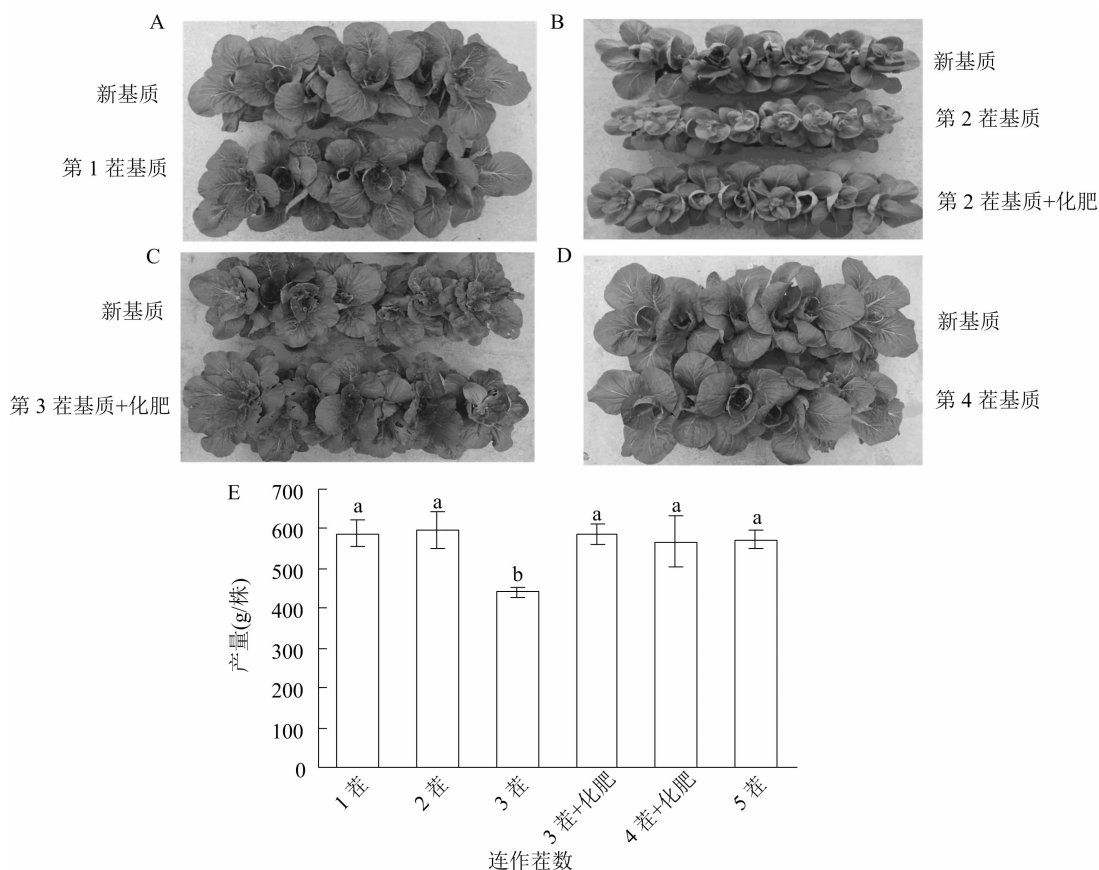
## 2 结果与分析

### 2.1 有机基质连茬种植对奶白菜生长及产量的影响

由图 1 可知,将新基质上种植后的基质、奶白菜分别命名为(第)1 茬基质、(第)1 茬奶白菜。将第 1 茬基质种植后的基质、奶白菜产量分别命名为(第)2 茬基质、(第)2 茬产量。依次类推,直到 5 茬。与新基质相比,基质种植第 2 茬的奶白菜生长效果并无显著性差异。表明有机基质连续种植 2 茬对奶白菜生长并无影响(图 1-A、图 1-E)。而在种植 2 茬奶白菜后的基质直接种植第 3 茬时,奶白菜生长与新基质相比显著矮小,产量降低了 25%;但在第 3 茬基质中添加与新基质等量养分后,奶白菜生长恢复到与对照新基质中相当的水平(图 1-B;图 1-E)。在第 4 茬基质中添加与新基质等量的速效养分后,奶白菜的生长与新基质中并没有显著性差异(图 1-C;图 1-E)。此外,利用第 4 茬的基

质继续种植奶白菜,即使不补充养分,生长的奶白菜与新基质对照相比也无显著性差异(图 1-D;图 1-E)。新基质连续种植的 2 茬奶白菜的产量并无显著差异,种植第 3 茬时产量显著降低,添加与新基质等量养分后恢复正常生长。向第 4 茬基质中添加

与新基质等量养分可以维持 4、5 茬的奶白菜产量与第 1 茬相比无显著差异(图 1-E)。上述结果说明,奶白菜连续种植 3 茬时出现生长障碍,生长障碍的主要限制因子是养分不足;新基质或者补齐养分的旧基质可以连续种植 2 茬奶白菜,不影响产量。



柱上不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同

图1 有机基质连续种植 2 茬(A)、3 茬(B)、4 茬(C)、5 茬(D)对奶白菜生长及产量(E)的影响

## 2.2 有机基质连茬种植对奶白菜生长发育的影响

图 2 表明,新基质连续种植 2 茬时,奶白菜叶片数、叶面积、SPAD 值与第 1 茬(对照)相比并无显著变化;种植第 3 茬时,奶白菜叶片数无显著变化,叶面积、SPAD 值分别下降了 40%、19%,添加养分之后,与第 1 茬相比均无显著性差异。说明连续种植 3 茬,养分是限制基质重复利用的主要因子。将第 3 茬无添加养分的基质作为重茬基质,添加与新基质等量养分后,继续种植的第 4 茬和第 5 茬奶白菜叶片数、叶面积和 SPAD 值与第 1 茬相比均无显著性差异。说明补充一次养分可供 2 茬奶白菜正常生长。

## 2.3 有机基质连茬种植对奶白菜硝酸盐和可溶性糖含量的影响

硝酸盐和可溶性糖含量是表征叶菜品质的重要指标。由图 3-A 可知,新基质连续种植 3 茬(无

添加养分),随着种植茬数的增加,植株体内硝酸盐含量逐渐降低。将第 3 茬无添加养分的基质作为重茬基质,添加与新基质等量的养分后继续种植 2 茬,硝酸盐含量依旧呈降低趋势。与第 1 茬相比,第 2 茬和第 3 茬硝酸盐含量分别下降 25% 和 90%。补齐养分后继续种植(第 3 茬 + 化肥、第 4 茬 + 化肥),硝酸盐含量较不补充养分的第 3 茬剧烈增加,增加幅度分别为 9.8 倍和 9.6 倍,但与第 1 茬相比均无显著性差异。第 5 茬(不补养分)较第 4 茬硝酸盐含量降低约 36%,但与第 2 茬相比无显著性差异。

从图 3-B 可以看出,新基质连续种植 3 茬(无添加养分),随着种植茬数的增加,植株体内可溶性糖含量先降低后增加,将第 3 茬无添加养分的基质作为重茬基质,添加与新基质等量的养分后继续种植 2 茬,可溶性糖含量呈降低趋势。与第 1 茬相比,

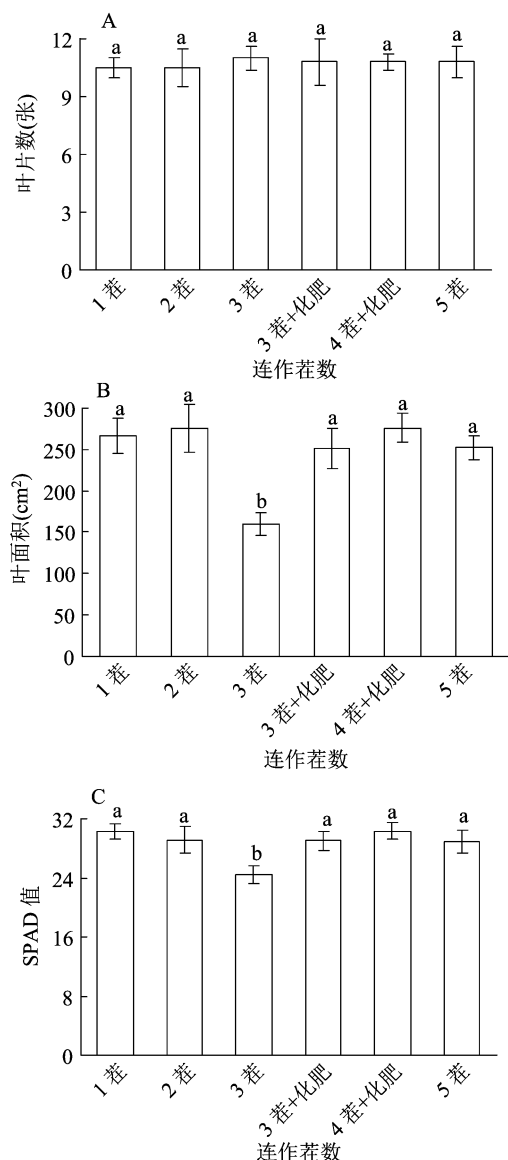


图2 有机基质连茬种植对奶白菜生长发育指标的影响

第2茬降低了53%,第3茬升高了约44%。补齐养分后继续种植(第3茬+化肥、第4茬+化肥),可溶性糖含量与第1茬相比均无显著差异。第5茬(不补养分)较第4茬可溶性糖含量降低约39%,但与第2茬相比无显著差异。

#### 2.4 有机基质连茬种植奶白菜对基质理化性状的影响

**2.4.1 有机基质连茬种植奶白菜对基质养分含量的影响** 如表1所示,新基质种植奶白菜后,随着种植茬数的增加,有机质含量显著下降,且下降幅度呈降低趋势。前3茬中,随着种植茬数的增加,基质的所有养分含量均逐渐降低。在第3茬补加化肥后,虽然基质的速效养分含量与不加化肥处理相比均明显升高,但仍明显低于种植1茬后基质的速效

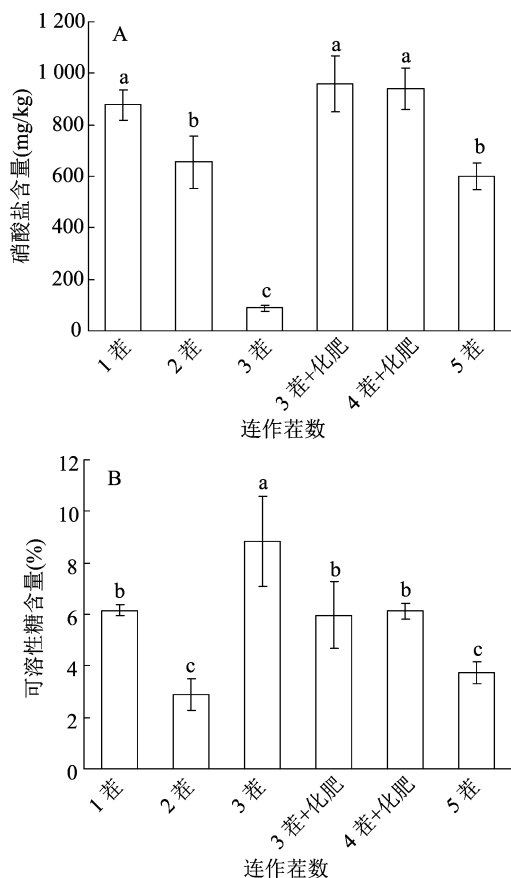


图3 有机基质连茬种植对奶白菜硝酸盐含量(A)和可溶性糖含量(B)的影响

养分含量,可能是由于第3茬奶白菜的实际产量高于第1茬(文中未显示),并且由于种植环境因素,本试验每茬新基质栽培下的奶白菜产量均与第1茬新基质栽培下的奶白菜产量不同,因此本试验每茬重茬基质栽培下的植株数据均为相对值,第 $n$ 茬重茬基质奶白菜各指标相对数值=第 $n$ 茬重茬基质上种植奶白菜的各指标实际数值 $\times$ (第1茬新基质上种植奶白菜的各指标数值/第 $n$ 茬新基质上种植奶白菜的各指标实际数值)。添加的速效养分在微生物等的作用下导致利用效果有所差异。第4茬补加化肥后,与第3茬无补加养分处理相比,全磷含量、速效磷、钾含量及 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量均显著升高,且随着茬数的增加逐渐减少。说明养分不足是限制基质再生利用的主要障碍因子。

**2.4.2 有机基质连茬种植奶白菜对基质容重、孔隙度及田间持水量的影响** 由表2可知,连续种植2茬奶白菜对有机基质的物理性质影响较大,容重由 $0.38 \text{ g/cm}^3$ 增大到 $0.47 \text{ g/cm}^3$ ,增加了24%;孔隙度由79.1%降低到72.5%;田间持水量由67.5%降低到61.9%。然而补齐养分后继续种植奶白菜至5

表 1 有机基质连茬种植奶白菜对基质养分含量的影响

基质	有机质含量 (%)	全 N 含量 (g/kg)	全 P 含量 (g/kg)	全 K 含量 (g/kg)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N 含量 (g/kg)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N 含量 (g/kg)	速效 P 含量 (g/kg)	速效 K 含量 (g/kg)
新基质	31.3 ± 0.6a	9.23 ± 0.45a	6.96 ± 0.15a	18.82 ± 0.21a	0.02 ± 0.00b	2.10 ± 0.13a	0.49 ± 0.05a	5.91 ± 0.37a
1 茬	26.6 ± 0.1b	7.71 ± 0.11b	6.45 ± 0.10b	16.79 ± 0.35b	0.01 ± 0.00b	1.22 ± 0.15b	0.34 ± 0.06bc	4.29 ± 0.36b
2 茬	25.4 ± 0.2c	6.34 ± 0.24c	6.09 ± 0.19cd	14.06 ± 0.48d	nd	0.17 ± 0.06d	0.16 ± 0.05d	1.69 ± 0.31e
3 茬	24.7 ± 0.1d	6.16 ± 0.14cd	5.93 ± 0.29d	13.59 ± 0.39de	nd	0.03 ± 0.01d	0.12 ± 0.05d	1.34 ± 0.16e
3 茬 + 化肥	24.6 ± 0.1d	7.48 ± 0.17b	6.57 ± 0.14b	15.13 ± 0.25c	0.03 ± 0.02ab	0.81 ± 0.10c	0.29 ± 0.08c	2.30 ± 0.18d
4 茬 + 化肥	24.2 ± 0.2e	6.48 ± 0.28c	6.39 ± 0.17bc	13.29 ± 0.20e	0.04 ± 0.02a	1.28 ± 0.08ab	0.40 ± 0.04ab	4.77 ± 0.19b
5 茬	23.9 ± 0.2f	5.78 ± 0.44d	6.23 ± 0.14bcd	11.60 ± 0.41f	0.03 ± 0.01ab	0.70 ± 0.08c	0.27 ± 0.07c	3.14 ± 0.40c

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。nd 表示未检测。下表同。

茬,基质容重、孔隙度、田间持水量与 3 茬、4 茬相比无显著变化,由于连续种植 5 茬时,奶白菜产量与新基质上种植的奶白菜产量并无显著差异,说明本试验中基质的物理性质(容重、总孔隙度、田间持水量)变化并非影响基质再生利用的主要限制因子,同时也说明奶白菜可适应这种幅度的物理性质变化。

表 2 有机基质连茬种植奶白菜对基质容重、孔隙度及田间持水量的影响

基质	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	孔隙度 (%)	田间持水量 (%)
新基质	0.38 ± 0.01c	79.1 ± 0.9a	67.5 ± 0.4a
1 茬	0.41 ± 0.01b	76.2 ± 0.4b	64.7 ± 0.6b
2 茬	0.47 ± 0.01a	72.5 ± 0.4cd	61.9 ± 0.5c
3 茬	0.48 ± 0.01a	73.4 ± 0.8c	60.7 ± 0.6c
3 茬 + 化肥	0.48 ± 0.01a	72.7 ± 0.7cd	60.5 ± 0.4c
4 茬 + 化肥	0.46 ± 0.02a	72.3 ± 0.5cd	61.5 ± 0.8c
5 茬	0.48 ± 0.02a	71.8 ± 0.8d	60.9 ± 1.1c

2.4.3 有机基质连茬种植奶白菜对基质 pH 值和电导率的影响 如图 4 所示,前 3 茬中(无添加养分处理),随着种植茬数的增加,基质 pH 值持续增加,EC 值持续降低,直至第 3 茬达到平台期;与新基质相比,第 3 茬基质 pH 值由 6.91 增加到 7.91,增加了约 1 个单位,EC 值由 4.16 mS/cm 降低到 1.64 mS/cm,降低了约 61%。补齐养分后继续种植(第 3 茬 + 化肥、第 4 茬 + 化肥),与没有补充养分的第 3 茬相比,基质 pH 值显著下降,EC 值显著升高。这些结果表明,养分是造成基质 pH 值和 EC 值改变的主要原因。另外,与第 4 茬相比,第 5 茬(不补养分)的 pH 值增加了约 0.8 个单位,达到 8.22,而 EC 值降低到 2.07,降低了约 34%。由于连续种植 5 茬,补充养分后奶白菜产量并未降低,说明基质 pH 值为 6.91 ~ 8.22,EC 值为 1.89 ~ 4.16 mS/cm 时

均适合奶白菜生长栽培。

### 3 讨论与结论

目前,关于有机基质进行叶菜栽培时基质重复利用方面的报道相对较少。本研究以发酵床垫料为基础原料配制有机基质,以叶菜类蔬菜——奶白菜为例评估有机基质重复利用的可行性,分析可能产生的限制因子的消解策略。

3.1 仅补齐养分即可保障奶白菜在重复利用基质上正常生长 5 茬

本试验结果表明,以发酵床垫料为主要原料配制的有机基质,连续种植 2 茬不会影响奶白菜的产量及生长发育指标,说明基质中含有的养分足以供 2 茬奶白菜正常生长。种植第 3 茬时,奶白菜出现生长矮小状况,补加化肥后恢复正常生长,说明限制有机基质重复利用第 3 茬的主要因子是养分。第 4 茬补加养分后连续种植 2 茬奶白菜的产量及生长发育指标,与新基质相比均无显著差异,说明以发酵床垫料为基础原料配制的有机基质连续种植 5 茬,在补足养分的条件下,即可以满足奶白菜的正常生长。随着人们生活水平的提高,蔬菜的品质越来越受到重视。研究表明,氮肥用量与蔬菜体内的硝酸盐含量呈正相关关系<sup>[19]</sup>,在本试验中,奶白菜体内的硝酸盐含量与基质中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 含量呈明显的正相关关系(表 1、图 3)。前 3 茬中,随着基质 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 含量的降低,奶白菜体内硝酸盐含量逐渐降低,补加化肥后,基质 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 含量升高,硝酸盐含量升高。此外,根据 GB 18406.1—2001《农产品安全质量 无公害蔬菜安全要求》的规定,叶菜类硝酸盐含量不得高于 3 000 mg/kg,而本试验中硝酸盐含量为 88 ~ 960 mg/kg,均在合适的范围内。说明一次性补充养分不会影响奶白菜硝酸盐品质。可溶

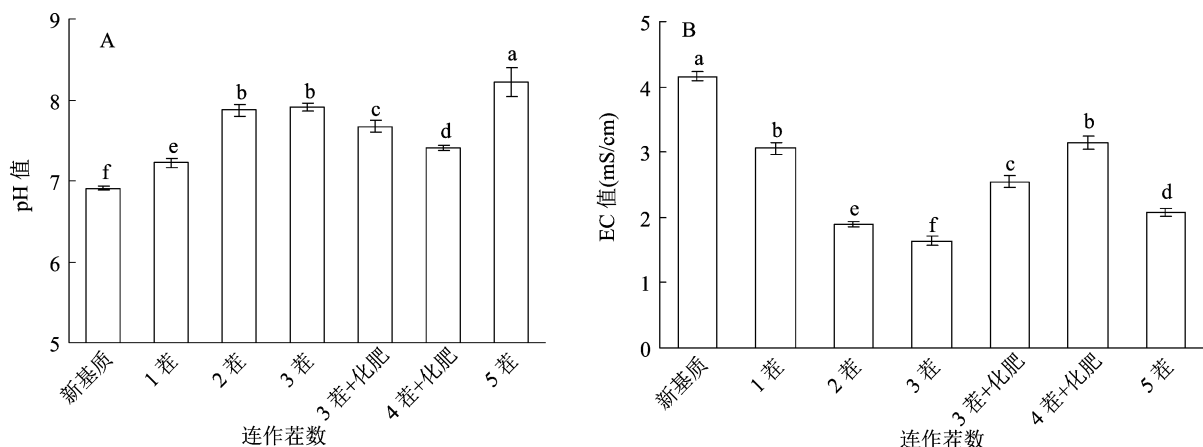


图4 有机基质连茬种植奶白菜对基质 pH 值(A)和可溶性盐浓度(B)的影响

性糖含量是农产品品质性状的重要指标之一,它是果蔬味觉感受的有效调节剂,直接影响蔬菜的甜度口感<sup>[20]</sup>。本试验表明,前 3 茬中,随着种植茬数的增加,可溶性糖含量先降低后增加,第 3 茬增加可能是由于收获时间在 3 月份,气温较低,低水平氮促进了奶白菜提前长薹,而长薹促进了可溶性糖含量的增加<sup>[21-22]</sup>。第 3 茬和第 4 茬添加养分后,可溶性糖含量和第 1 茬相比无显著差异,说明补齐养分不会影响可溶性糖含量,与第 4 茬相比,第 5 茬可溶性糖含量呈降低趋势,在旧基质中补齐养分即可将这一指标恢复到与新基质中相当的水平。由此,仅补齐养分即可保障奶白菜在重复利用基质上至少正常生长(产量和品质)5 茬。

本试验中发现的基质可重复利用(补齐养分即可维持连续 5 茬奶白菜的正常生长)可以有效降低有机基质叶菜类蔬菜规模化种植的成本,便于这种种植模式的推广。与田间土壤种植模式下造成的连作障碍相比<sup>[10-11,23]</sup>,本试验中仅补齐养分即可维持有机基质上奶白菜种植连续 5 茬生长良好,这一方面可能是因为有机基质种植的茬数相对较少,连作的障碍因子如化感物质累积还没有达到致毒阈值,另一方面可能与有机基质和土壤的差异以及叶菜类别有关。有研究表明,番茄在有机基质上种植 2 茬后即出现连作障碍<sup>[9]</sup>,但有待于进一步研究。另外,本试验结果还说明,补充一次养分可以支撑 2 茬奶白菜的正常生长,这与笔者所在课题组利用辣椒进行的有机基质重复利用研究结果相类似<sup>[24]</sup>,体现了这种有机基质配比的便利性。

### 3.2 奶白菜在保障产量和品质的前提下可以忍耐有机基质理化性质在一定范围内的变化

在无土栽培条件下,基质理化性质的优劣是决

定基质栽培成功与否的关键<sup>[25]</sup>。基质理化性质只有达到一定的要求,才能为植物生长提供适宜的水肥气热根际环境。研究表明,基质的容重为 0.1 ~ 0.8 g/cm<sup>3</sup>,总孔隙度为 54% ~ 96%,pH 值在 7.0 左右,EC 值在 2.0 ~ 4.0 mS/cm 范围内时较宜适合作物生长<sup>[26]</sup>。本研究结果表明,连续种植 5 茬奶白菜的基质,容重为 0.38 ~ 0.48 g/cm<sup>3</sup>,总孔隙度为 71.8% ~ 79.1%,均在适宜范围内,当 pH 值为 6.91 ~ 7.87,EC 值为 1.89 ~ 4.16 mS/cm 时奶白菜均能正常生长,说明在一定范围内,基质 pH 值偏高,电导率过高对奶白菜的生长没有影响。

### 参考文献:

- [1] 谢小玉,邹志荣,江雪飞,等. 中国蔬菜无土栽培基质研究进展[J]. 园艺园林科学,2005,21(6):280-283.
- [2] 苏平. 无土栽培基质的研究进展[J]. 中国林副特产,2010,109(6):97-99.
- [3] 郭世荣. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J]. 农业工程学报,2005,21(增刊2):1-4.
- [4] Raviv M, Oka Y, Katan J, et al. High-nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops[J]. Bioresource Technology,2005,96(4):419-427.
- [5] 崔元圩,张升,孙晓军,等. 棉花秸秆为蔬菜栽培基质的可行性研究[J]. 北方园艺,2012(19):37-38.
- [6] 李赛群,肖光辉,王志伟. 有机生态型无土栽培的基质和施肥技术研究进展[J]. 湖南农业大学学报,2013,39(2):194-199.
- [7] 喻景权,周杰. “十二五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J]. 中国蔬菜,2016(9):18-30.
- [8] Li G J, Xu Z H, 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.
- [9] 李威,孟焕文,程智慧,等. 轮作叶菜对大棚番茄连作基质重复利用效果的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(1):164-170.

魏 猛,唐忠厚,张爱君,等. 长期不同施肥对潮土微生物量碳、氮的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):307-310.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.055

# 长期不同施肥对潮土微生物量碳、氮的影响

魏 猛<sup>1</sup>,唐忠厚<sup>1</sup>,张爱君<sup>1</sup>,赵 鹏<sup>1</sup>,尚晓阳<sup>2</sup>,冯腾腾<sup>1</sup>

(1. 江苏徐淮地区徐州农业科学研究所/江苏徐州甘薯研究中心,江苏徐州 221131;

2. 山东省日照市农业农村局,山东日照 276826)

**摘要:**为揭示不同施肥方式对潮土微生物量碳、氮含量的影响规律,依托潮土区长期定位监测试验,分析长期不同施肥条件下土壤微生物量碳、氮含量变化特征及其与土壤有机碳含量、全氮含量、基础呼吸强度的关系。结果表明,施肥处理(NPK、M、MNPK)均能显著提高土壤有机质、全氮、微生物量碳、微生物量氮含量及土壤基础呼吸强度。施肥处理中以 MNPK 处理微生物量碳、氮含量较 CK 处理增幅最为显著,分别达到 70.65% 和 119.63%,显著高于 NPK 处理。相关分析表明,土壤微生物量碳、氮含量与土壤有机质、全氮含量及土壤基础呼吸强度均呈极显著正相关关系。因此,长期有机无机肥配施是提高土壤微生物生物量的有效途径。

**关键词:**长期施肥;土壤微生物量;潮土;土壤有机碳;全氮;基础呼吸强度

**中图分类号:**S158 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)22-0307-04

土壤微生物量是指土壤中微生物活体的总量,土壤微生物不仅可以促进土壤体系中的养分循环,而且还是土壤有效养分的重要来源<sup>[1-2]</sup>,影响土壤微生物量变化的主要因素有土壤温度、pH 值、水分、

施肥等<sup>[3-4]</sup>。施肥是农田高产和稳产最重要的措施,研究施肥措施对土壤微生物的影响一直是土壤学研究的热点。

长期肥料试验能够客观、系统地研究土壤肥力及肥料效益的变化规律。研究表明,长期施肥能够显著增加土壤微生物量碳、氮含量,与 CK 相比单施化肥处理土壤微生物量碳、氮含量的增幅最少,高量有机无机肥配施和单施有机肥处理土壤微生物量碳、氮含量的增幅最为显著<sup>[5]</sup>;施用有机肥有利于提高土壤微生物量碳、氮含量及土壤基础呼吸强

收稿日期:2020-03-05

基金项目:江苏省自然科学基金(编号:BK20191151);徐州市农业科学院院基金(编号:XK2019002)。

作者简介:魏 猛(1983—),男,山东济宁人,博士,副研究员,主要从事土壤养分管理相关研究。E-mail:weimeng1024@163.com。

通信作者:张爱君,副研究,主要从事土壤培肥及甘薯栽培技术相关研究。E-mail:zhangaijun608@163.com。

[10]侯 慧,董 坤,杨智仙,等. 连作障碍发生机理研究进展[J]. 土壤,2016,48(6):1068-1076.

[11]耿 贵,杨瑞瑞,於丽华,等. 作物连作障碍研究进展[J]. 中国农学通报,2019,35(10):36-42.

[12]吴凤芝,赵凤艳,刘元英. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析防治措施[J]. 东北农业大学学报,2000,31(3):241-247.

[13]刘 来,孙 锦,郭世荣,等. 大棚辣椒连作土壤养分和离子变化与酸化的关系[J]. 中国农学通报,2013,29(16):100-105.

[14]李 勇,黄小芳,丁万隆. 根系分泌物及其对植物根际土壤微生物生态环境的影响[J]. 华北农学报,2008,23(增刊1):182-186.

[15]张晓玲,潘振刚,周晓锋,等. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤通报,2007,38(4):781-784.

[16]Bertin C, Yang X H, Weston L A. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere [J]. Plant and Soil, 2003, 256(1):67-83.

[17]连兆煌. 无土栽培原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社,1994.

[18]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[19]李录久,刘荣乐,陈 防,等. 不同氮水平对生姜产量和品质及氮素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):382-388.

[20]赵长盛,苏 欣,胡承孝,等. 小白菜高产优质高效施用氮肥的研究[J]. 长江蔬菜,2009(14):70-75.

[21]陈丽丽,陈日远,宋世威. 氮素营养调控菜薹生长及抽薹开花的机制[C]//中国园艺学会 2018 年学术年会论文摘要集. 2018:2597.

[22]王神云,刘振宁,李建斌,等. 春甘蓝抽薹的生理与相关基因转录分析[J]. 分子植物育种,2011,9(5):605-610.

[23]李孝刚,张桃林,王兴祥. 花生连作土壤障碍机制研究进展[J]. 土壤,2015,47(2):266-271.

[24]张 晶,罗 佳,马 艳. 发酵床垫料栽培基质重复利用对辣椒生长和基质性状的影响[J]. 土壤,2017,49(6):1108-1114.

[25]谢小玉,邹志荣,江雪飞,等. 中国蔬菜无土栽培基质研究进展[J]. 中国农学通报,2005,21(6):287-290.

[26]郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:135-142.