

马洪波,杨 苏,李传哲,等. 不同肥料和生物菌剂对重茬甘薯产量及土壤质量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(24):47-49,57.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.24.011

# 不同肥料和生物菌剂对重茬甘薯产量及土壤质量的影响

马洪波<sup>1</sup>, 杨 苏<sup>2</sup>, 李传哲<sup>1</sup>, 张永春<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所/农业农村部江苏耕地保育科学观测实验站, 江苏南京 210014;

2. 南京农业大学, 江苏南京 210095)

**摘要:**为缓解甘薯在土壤中的连作障碍,丰富缓解甘薯连作障碍的关键技术,以宁盾 A 菌剂、宁盾 B 菌剂、宁粮有机肥、南农有机肥为材料,施用于重茬栽培的甘薯,甘薯品种为苏 16、苏 22,以发病率、产量、土壤微生物数量、理化性质等为观测值,研究缓解甘薯连作障碍的关键技术。试验结果表明,引进的苏 22 品种与当地品种苏 16 相比,能降低发病率 11%,对于甘薯品种苏 16,宁盾菌剂 A 型处理的产量最高,甘薯发病率最低,而对于甘薯品种苏 22,宁粮有机肥处理的产量最高,甘薯发病率最低,宁盾系列菌剂和有机肥均能增加微生物多样性和土壤有机质含量,而土壤 pH 值的因素影响较小。综合 2 个甘薯品种,宁盾系列菌剂改善对甘薯连作障碍起到了较好的效果,在一定程度上能够抑制连作障碍的恶化,值得进一步推广。

**关键词:**菌剂;有机肥;连作障碍;甘薯;产量;土壤质量

**中图分类号:** S531.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)24-0047-03

甘薯 [*Ipomoea batatas* (L.)] 是旋花科一年生或多年生草本块根植物,是重要的粮食、饲料和工业加工原料<sup>[1-2]</sup>。目前中国甘薯种植面积约 670 万  $\text{hm}^2$ ,年产量约 1 亿 t,居世界首位<sup>[3-4]</sup>。作为加工淀粉和燃料乙醇的重要原料,甘薯块根淀粉含量与产量对甘薯食用、加工和产业化都具有极其重要的影响<sup>[5-6]</sup>。近年来,随着甘薯种植面积的扩大,因重茬导致的连作障碍是很多地区甘薯生产可持续发展的主要制约因素之一。马代夫等认为,甘薯产业因受地域和产业底蕴的影响,发展不平衡,部分甘薯主产区种植年份长,各种甘薯病虫害发生普遍比较严重,特别是甘薯引种不规范导致各类病虫害的蔓延,病虫害有逐步加重的趋势,新发生甘薯病毒病 (SPVD)、黑痣病、紫纹羽病、黑腐病等病害较多,对产量影响很大,许多产区呈现出南病北移、南北病混发的现象<sup>[2]</sup>。如果不加大防控措施,甘薯 SPVD 近年内将上升为甘薯生产上的制约因素。

在甘薯众多病虫害中,甘薯茎线虫病被认为是甘薯生产中最重要制约因子。甘薯茎线虫病病原为马铃薯腐烂茎线虫 (*Ditylenchus destructor*),甘薯一旦受茎线虫侵染,表皮会被啃食,轻者减产 10% ~ 30%,重者达 50% ~ 80%,甚至绝收<sup>[7]</sup>。国内外学者对作物土传病害的控制大多通过选育拮

抗性菌剂进行生物防治<sup>[8]</sup>;土壤理化性质劣变则通过施用土壤调理剂来改良<sup>[9]</sup>;还有通过引进优良的抗线虫甘薯品种,基本上可以杜绝线虫病的发生,而根系分泌的自毒物质所导致的连作障碍则通过增强作物自身生长势及合理施肥来消除。

## 1 材料与方法

本试验选取南京农业大学提供的有机肥与南京中粮集团提供的宁盾 A、宁盾 B 菌剂,在连续 5 年栽培甘薯的地块上进行试验。通过不同菌剂、有机肥料产品的施用效果比较,研究缓解甘薯连作障碍的关键技术。优选出对甘薯产量和抗病害较为突出的产品,用于推广示范。

### 1.1 试验实施

选择江苏省灌云县小伊乡,此地常年种植甘薯。每小区面积 25  $\text{m}^2$ ,3 次重复,土壤类型为沙壤,碱解氮含量为 79  $\text{mg/kg}$ ,有效磷含量为 5.29  $\text{mg/kg}$ ,速效钾含量为 169  $\text{mg/kg}$ ,pH 值 7.69,有机质含量 2.41%。

### 1.2 供试甘薯和肥料品种

甘薯品种为当地的品种苏薯 16、引进的新品种苏薯 22;肥料品种为宁粮生物科技有限公司生产的复合肥 ( $\text{N}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  含量均为 15%),南京农业大学生物源农药创制公司生产的宁盾生物菌剂 ( $1 \times 10^6$  CFU/mL),南京农业大学研发的生物有机肥 (有机质含量为 50%)。

### 1.3 试验设计

处理 1 (CK):当地常规施肥 (复合肥 600  $\text{kg/hm}^2$ ),不施生物菌剂。

处理 2:当地常规施肥 (复合肥 600  $\text{kg/hm}^2$ ) + (施用宁盾生物菌剂产品 A) 菌剂液体产品灌根,用量 75  $\text{L/hm}^2$ ,甘薯移栽后稀释 200 倍灌根。

收稿日期:2018-08-21

基金项目:现代农业产业技术体系 (编号:CARS-10-B9);农业部植物营养与肥料学科群开放基金 (编号:APF2015037);国家公益性行业 (农业) 科研专项 (编号:201203013);江苏农业科学院院基金 (编号:027176111634)。

作者简介:马洪波 (1983—),男,黑龙江铁力人,硕士,助理研究员,从事土壤质量管理研究。E-mail:274579992@qq.com。

通信作者:张永春,博士,研究员,从事土壤质量管理研究。E-mail:yczhang66@sina.com。

处理 3:当地常规施肥(复合肥 600 kg/hm<sup>2</sup>) + (施用宁盾生物菌剂产品 B) 菌剂液体产品叶面喷洒,地上部发病前(移栽后 20 d 开始)喷施,用量 8.25 L/hm<sup>2</sup>,稀释 200 倍每隔 10 d 喷 1 次,共喷 3 次。

处理 4:当地常规施肥(复合肥 600 kg/hm<sup>2</sup>) + 施用生物有机肥产品 1(南农有机肥,固体产品 3 000 kg/hm<sup>2</sup>),起垄前撒施或垄上开沟撒施(拌土后再移栽)。

处理 5:当地常规施肥(复合肥 600 kg/hm<sup>2</sup>) + 施用生物有机肥产品 2(宁粮有机肥,固体产品 3 000 kg/hm<sup>2</sup>),起垄前撒施或垄上开沟撒施(拌土后再移栽)。

试验开始时间为 2017 年 5 月 20 日,收获取样时间为 2017 年 10 月 28 日。

1.4 甘薯病情指数的测定

每个小区随机选取 3 个点,每个点调查 50 块薯,记录危害分级。薯块危害分级方法:0 级,没有危害;1 级,25% 以下受害;3 级,≥25% ~ <50% 受害;5 级,≥50% ~ ≤75% 受害;7 级,75% 以上受害。

发病率 = (发病薯数/调查总薯数) × 100%。

表 1 不同处理对甘薯藤质量和薯质量的影响

品种	处理	藤质量 (kg/hm <sup>2</sup> )	薯质量 (kg/hm <sup>2</sup> )
苏 16	不施菌剂(CK)	21 578.68 ± 3 129.13a	23 468.51 ± 1 317.53bc
	宁盾 A	26 334.14 ± 6 340.62a	25 197.77 ± 0.00a
	宁盾 B	20 751.11 ± 2 799.75a	24 950.74 ± 905.80b
	南农有机肥	26 185.92 ± 2 799.75a	20 751.11 ± 1 976.29c
	宁粮有机肥	23 592.03 ± 2 140.98a	19 762.96 ± 2 552.71c
苏 22	不施菌剂(CK)	18 428.96 ± 1 597.50ab	36 932.03 ± 2 033.93c
	宁盾 A	21 022.85 ± 1 663.38a	41 625.74 ± 279.97b
	宁盾 B	16 551.48 ± 1 646.91b	38 784.81 ± 2 964.44bc
	南农有机肥	19 268.88 ± 1 482.22ab	39 772.96 ± 5 517.16abc
	宁粮有机肥	19 021.85 ± 1 811.60ab	44 960.74 ± 1 811.60a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。表 4 同。

2.2 不同处理对甘薯抗病性的影响

从表 2 可以看出,对于甘薯品种苏 16,南农有机肥处理的甘薯发病率最高,达 88.00%,对照不施菌剂的为 84.00%,已经达到危害分级 7 级,宁粮有机肥、宁盾 B 型处理的发病率分别为 74.66%、71.33%,危害分级为 5 级,宁盾 A 型处理的甘薯发病率最低,为 62.66%,表明在连作障碍的土壤中宁盾系列菌剂对苏 16 品种甘薯发病率有一定的抑制作用,有机肥处理的效果不理想。对于甘薯品种苏 22,南农有机肥处理的甘薯发病率最高,达 67.33%,对照不施菌剂的为 67.33%,危害分级为 5 级,宁粮有机肥、宁盾 A、宁盾 B 处理抑制发病率效果好,发病率分别为 51.33%、54.66%、55.33%,分别低于对照不施菌剂 16.00、12.66、12.00 百分点。

发病率 = (发病薯数/调查总薯数) × 100%。

2.3 不同处理对土壤微生物数量的影响

从表 3 可以看出,宁盾 B 型处理的土壤真菌数量最高,显著高于对照不施菌剂处理,其他处理排序依次为宁粮有机肥 > 宁盾 A > 南农有机肥;宁盾 B 型处理的细菌数量最多,显著高于其他处理,不同处理与对照相比,差异均达到了显著水平,排序为宁盾 B > 南农有机肥 > 宁盾 A > 宁粮有机肥;宁盾

1.5 数据处理及分析

用 SPSS 软件进行数据统计、方差分析、新复极差检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对甘薯生物量的影响

从表 1 可以看出,甘薯品种苏 16,南农有机肥处理的藤质量最高,达 26 185.92 kg/hm<sup>2</sup>,与对照不施菌剂相比,高出 21.35%,但处理间差异不显著;从薯质量来看,宁盾菌剂 A 型处理的薯质量最高,达 25 197.77 kg/hm<sup>2</sup>,显著高于其他处理,表明在连作障碍的土壤中宁盾系列菌剂对苏 16 品种有增产效果,有机肥对苏 16 没有增产效果。对于甘薯品种苏 22,宁盾菌剂 A 型处理的藤质量最高,达 21 022.85 kg/hm<sup>2</sup>,明显高于其他处理;从薯质量来看,宁粮有机肥处理的薯质量最高,显著高于其他处理,其他排序为宁盾 A 菌剂、南农有机肥、宁盾 B 菌剂,表明在连作障碍的土壤中有有机肥和宁盾系列菌剂对苏 22 品种均有增产效果,且有机肥系列增产效果优于宁盾系列。

表 2 不同处理对甘薯发病率的影响

品种	处理	发病率(%)
苏 16	不施菌剂	84.00
	宁盾 A	62.66
	宁盾 B	71.33
	南农有机肥	88.00
	宁粮有机肥	74.66
苏 22	不施菌剂	67.33
	宁盾 A	54.66
	宁盾 B	55.33
	南农有机肥	67.33
	宁粮有机肥	51.33

A 型处理的放线菌数量最多,显著高于有机肥和对照处理,排序为宁盾 A > 宁盾 B > 南农有机肥 > 宁粮有机肥,表明宁盾系列菌剂在增加土壤生物多样性方面优于有机肥处理。

2.4 不同处理对苏 16 土壤理化性质的影响

从表 4 中可以看出,与对照相比,宁盾 A、宁盾 B 型菌剂和宁粮有机肥处理降低了土壤 pH 值,南农有机肥处理增加了土壤 pH 值,较对照增加了 1.5%,但不同处理间差异不显

表 3 不同处理对苏 16 土壤真菌、细菌和放线菌数量的影响

处理	真菌数量 (CFU/g)	细菌数量 (CFU/g)	放线菌数量 (CFU/g)
不施菌剂	$7.67 \times 10^4$ b	$6.17 \times 10^7$ d	$8.33 \times 10^5$ c
宁盾 A	$8.33 \times 10^4$ ab	$2.89 \times 10^8$ b	$1.73 \times 10^6$ a
宁盾 B	$1.10 \times 10^5$ a	$3.84 \times 10^9$ a	$1.53 \times 10^6$ a
南农有机肥	$8.00 \times 10^4$ ab	$2.93 \times 10^8$ b	$1.30 \times 10^6$ b
宁粮有机肥	$1.07 \times 10^5$ a	$1.84 \times 10^8$ c	$1.20 \times 10^6$ b

注:计数用平板直径为 90 mm。

表 4 不同处理对苏 16 土壤 pH 值和有机质含量的影响

处理	pH 值	有机质含量 (%)
不施菌剂	7.19a	2.40a
宁盾 A	7.02a	2.61a
宁盾 B	6.98a	2.42a
南农有机肥	7.30a	2.79a
宁粮有机肥	7.17a	2.87a

著,与对照相比,各处理均增加了土壤有机质含量,宁粮有机肥增加最多,增幅达 19.58%,南农有机肥处理使有机质含量增加 13.97%,宁盾 A 处理增加有机质含量 8.75%,宁盾 B 处理增加有机质含量达 0.83%,但是处理间差异不显著。

### 3 讨论与结论

植物病害是农作物优质高产的重要制约因素之一,据估计,全球主要农作物的平均病害损失约占总产量的 16%,每年直接经济损失高达数千亿美元<sup>[10]</sup>。甘薯连作障碍的发生具有普遍性,引起连作障碍的原因复杂多样,主要有微生物群落结构失衡<sup>[11]</sup>,特别是有害真菌数量剧增<sup>[12]</sup>以及酚酸类化感物质积累等<sup>[13]</sup>。越来越多的研究者认为,导致作物连作障碍的因素之间存在协同作用。目前,土壤化学消毒法(如溴甲烷消毒)是国内外公认的防治连作障碍的有效措施,但因其污染环境且对人体有害,逐步被禁止使用。大量研究表明,绿肥、壳质粗粉、秸秆稻壳等植物残体、堆肥、粪肥和生物炭等土壤添加剂<sup>[14-17]</sup>有利于提高土壤养分,降低土壤中有害物质,改善土壤的微生物体系以及团粒结构,提高土壤质量,增强土壤生态系统的稳定性,降低连作土壤中农作物病害的发生,从而缓解连作障碍。本试验发现,通过添加宁粮有机肥可以降低甘薯品种苏 16、苏 22 的发病率,但添加南农有机肥发病率反而升高了,原因为宁粮有机肥氮磷含量为 6%,南农有机肥氮磷含量为 10%,王静等研究发现,氮磷的增加有利于线虫的增加,进而增加甘薯的病害<sup>[18]</sup>。但有机肥对土壤理化性质有好处,宁粮有机肥增加有机质含量 16.37%,南农有机肥增加有机质含量 13.97%,对土壤 pH 值没有显著影响。

众多学者认为,连作障碍与农作物品种密切相关。Chung 等研究发现,美国常用的 7 个苜蓿商业品种对自身的种子萌发、幼苗生长和植株干鲜质量的连作抑制作用显著不同<sup>[19]</sup>。本研究发现,引进的甘薯新品种苏 22 与当地甘薯品种苏 16 相比,能够降低发病率,降幅达 11%,表明苏 22 在抵抗连作障碍方面优于苏 16。邢继英等从理论上证实了种薯连续种植后产量下降的原因<sup>[20]</sup>。甘薯在连续使用 2 年后,不能再作种薯,应及时更换新的种薯。

作物连作后土壤微生物区系发生明显变化,主要表现为土壤微生物种群结构、数量以及比例失调、土传病害加重、某些病原菌微生物数量急剧增加、有益微生物大大减少,打破了原有的根际微生态平衡<sup>[21]</sup>。本研究发现,宁盾 A、宁盾 B 可以有效增加土壤真菌、细菌、放线菌的数量,增加了土壤的生物多样性,因为宁盾 A、宁盾 B 菌剂都是有益微生物,可以拮抗线虫的危害,进而减少病害的发生,增加了甘薯的产量。

在连作障碍的土壤中,宁盾系列菌剂对苏 16 甘薯品种有增产效果,有机肥对甘薯苏 16 没有增产效果,有机肥和宁盾系列菌剂对甘薯苏 22 品种均有增产效果,且有机肥系列增产效果优于宁盾系列。在连作障碍的土壤中,宁盾系列菌剂对苏 16 品种甘薯发病率有一定的抑制作用,有机肥处理的效果不理想;宁粮有机肥和宁盾系列菌剂对苏 22 品种甘薯发病率有一定的抑制作用。有机肥和宁盾系列菌剂对土壤多样性均有贡献,都能增加土壤真菌、细菌、放线菌的数量,宁盾 B 型菌剂表现尤为突出,宁盾系列整体效果优于有机肥。宁盾 A、宁盾 B 型菌剂的施用降低了土壤 pH 值,南农有机肥增加了土壤 pH 值,各处理均增加了土壤有机质含量,宁粮有机肥增加得最多。总体上宁盾系列菌剂对甘薯连作障碍起到了较好的效果,在一定程度上能够抑制连作障碍的恶化。

### 参考文献:

- [1] 孙健,岳瑞雪,钮福祥,等. 淀粉型甘薯品种直链淀粉含量、糊化特性和乙醇发酵特性的关系[J]. 作物学报,2012,38(3): 479-486.
- [2] 马代夫,李强,曹清河,等. 中国甘薯产业及产业技术的发展与展望[J]. 江苏农业学报,2012,28(5):969-973.
- [3] 张有林,张润光,王鑫腾. 甘薯采后生理、主要病害及贮藏技术研究[J]. 中国农业科学,2014,47(3):553-563.
- [4] 陈晓光,李洪民,张爱君,等. 不同氮水平下多效唑对食用型甘薯光合和淀粉积累的影响[J]. 作物学报,2012,38(9):1728-1733.
- [5] 张凯,罗小敏,王季春,等. 甘薯淀粉产量及相关性状的遗传多样性和关联度分析[J]. 中国生态农业学报,2013,21(3):365-374.
- [6] 黄华宏,陆国权,舒庆尧. 高色素甘薯淀粉糊化特性的基因型差异[J]. 作物学报,2005,31(1):92-96.
- [7] 乔月静,王雪娇,武宝悦,等. 不同种植模式对甘薯产量及甘薯根际茎线虫数量的影响[J]. 农业现代化研究,2014,35(6):800-803.
- [8] 辛中尧,徐红霞,陈秀蓉. 枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*) B1、B2 菌株对当归、黄芪的防病促进生长效果[J]. 植物保护,2008,34(6):142-144.
- [9] 何晨,史娟,沈海,等. 不同药剂处理对黄芪根腐病的防治效果[J]. 草业科学,2013,30(12):1948-1952.
- [10] Oerke E C. Crop losses to pests[J]. Journal of Agricultural Science,2006,144(1):31-43.
- [11] Guo H, Mao Z, Jiang H, et al. Community analysis of plant growth promoting rhizobacteria for apple trees[J]. Crop Protection,2014,62:1-9.
- [12] Yim B, Smalla K, Winkelmann T. Evaluation of apple replant problems based on different soil disinfection treatments - links to soil microbial community structure[J]. Plant and Soil, 2013, 366(1/2):617-631.

(下转第 57 页)

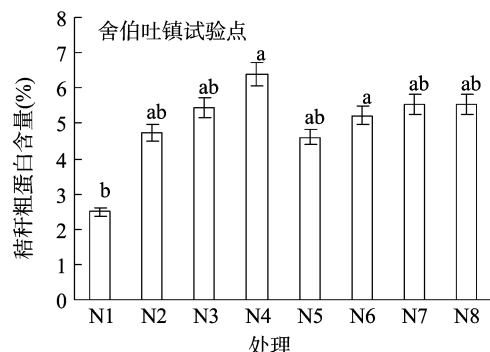
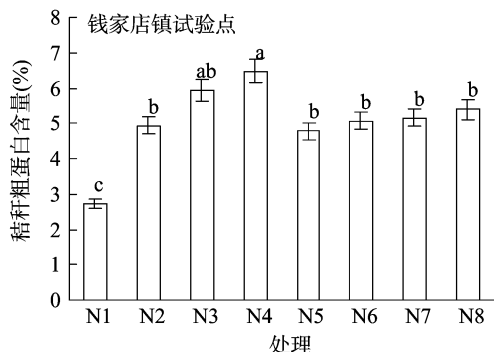


图4 不同试验点施肥对玉米秸秆粗蛋白含量的影响

本研究中,与对照相比,N8 处理对玉米籽粒和秸秆的增产效果均最显著,平均增产率分别达到 63.31% 和 17.50%。说明在相同条件下,N8 处理对籽粒的增产作用要大于秸秆。在钱家店镇和舍伯吐镇试验点,N7 处理玉米籽粒粗蛋白含量最高,分别为 8.28% 和 8.21%,N4 处理玉米秸秆粗蛋白含量最高,分别为 6.74% 和 6.38%,和对照间差异均达显著水平。由此可见,就 2 个试验点而言,雌穗开花期追肥氮肥不仅可以提高玉米籽粒的粗蛋白含量,而且可以提高其秸秆粗蛋白含量,为施肥的关键时期。比较各施肥处理可得,玉米秸秆粗蛋白含量随着施肥时期的延后而增加,但并不随着施氮量的增加而递增,可为生产上合理施肥提供参考。

综上所述,底肥施用氮磷钾复合肥 375 kg/hm<sup>2</sup>,并在拔节期追施尿素 375 kg/hm<sup>2</sup>,可使玉米籽粒和秸秆产量同时达到最高值,是最优增产方案。为获得最高的籽粒和秸秆粗蛋白含量,生产上可根据不同需要合理施肥,即雌穗开花期追施尿素 750 kg/hm<sup>2</sup> 时,籽粒粗蛋白含量可达最高值,雌穗开花期追施尿素 375 kg/hm<sup>2</sup> 时,秸秆粗蛋白含量达到最高值。

#### 参考文献:

- [1] 毕于运,高春雨,王亚静,等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报,2009,25(12):211-217.
- [2] 陈国强,金海燕,夏璐,等. 25 个夏玉米品种秸秆饲用品质评价[J]. 天津农学院学报,2017,24(2):5-8.
- [3] 吴鸿欣,曹洪国,韩增德,等. 中国玉米秸秆综合利用技术介绍与探讨[J]. 农业工程,2011,1(3):9-12.
- [4] 鼓正荣,鼓作霖,陈金波. 利用秸秆饲料资源发展“秸秆奶牛业”

- [J]. 黑龙江畜牧兽医,2004(8):23.
- [5] 刘德军,陶学宗,高连兴. 牛饲料用干玉米秸秆营养分布规律及适口性研究[J]. 沈阳农业大学学报,2009,40(6):740-743.
- [6] 杨耀刚,田瑞华. 内蒙古不同地区玉米秸秆营养成分分析[J]. 安徽农业科学,2017,45(21):115-116.
- [7] 杨治平. 玉米秸秆利用概况及秸秆发酵前景展望[J]. 当代农机,2010(8):70-71.
- [8] 张雪彪,闫建宾,王瑞钢,等. 不同施氮量对甜糯玉米秸秆生物量的影响[J]. 山西农业科学,2018,46(9):1498-1501.
- [9] Sela S, Van Es H M, Moebius - Clune B N, et al. Dynamic model - based recommendations increase the precision and sustainability of N fertilization in midwestern US maize production[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2018,153:256-265.
- [10] Raja V. Effect of nitrogen and plant population on yield and quality of super sweet corn (*Zea mays*) [J]. Indian Journal of Agronomy, 2001,46(2):246-249.
- [11] 赵飞燕,吴秋平,韩燕. 不同施肥方式对玉米生长及产量的影响[J]. 山西农业科学,2018,46(10):166-1670.
- [12] 徐春丽,谢军,王珂,等. 中国西南地区玉米产量对基础地力和施肥的响应[J]. 中国农业科学,2018,51(1):129-138.
- [13] 魏新燕,刘毅. 施肥方式对河北省干旱盐碱地区夏玉米性状和产量的影响[J]. 河北农业科学,2017,21(3):51-53,62.
- [14] 马星竹,郝小雨,高中超,等. 氮肥用量对土壤养分含量、春玉米产量及农学效率的影响[J]. 玉米科学,2016,24(6):131-135.
- [15] 韩鲁佳,闫巧娟,刘向阳,等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报,2002,18(3):87-91.
- [16] 李晓慧,范万忠,祁宏伟. 吉林省玉米秸秆饲料利用存在问题及对策[J]. 中国畜牧兽医文摘,2012,28(12):25-26.

(上接第 49 页)

- [13] 王艳芳,潘凤兵,展星,等. 连作苹果土壤酚酸对平邑甜茶幼苗的影响[J]. 生态学报,2015,35(19):6566-6573.
- [14] Wang Y, Pan F, Wang G, et al. Effects of biochar on photosynthesis and antioxidative system of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings under replant conditions[J]. Scientia Horticulturae,2014,175:9-15.
- [15] Povolny M. The effect of the steeping of peat - cellulose flowerpots (Jiffypots) in extracts seaweeds on the quality of tomato seedlings [C]//Proc Int Seaweed Symp,1981:730-733.
- [16] Mancuso S, Azzarello E, Mugnai S, et al. Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants [J]. Advances in Horticultural Science,2006,20(2):156-161.
- [17] Chouliaras V, Tasioula M, Chatzissavvidis C, et al. The effects of a

- seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2009,89(6):984-988.
- [18] 王静,胡靖,杜国祯. 施氮磷肥对青藏高原高寒草甸土壤线虫群落组成的影响[J]. 草业学报,2015,24(12):20-28.
- [19] Chung M, Miller D A. Differences in autotoxicity among seven alfalfa cultivars[J]. Agronomy Journal,1995,87(3):596-600.
- [20] 邢继英,孙爱根,胡兰英,等. 甘薯脱毒种薯连年使用后的病毒侵染情况及产量变化[J]. 江苏农业科学,1999(6):47-48.
- [21] 王艳芳,相立,徐少卓,等. 生物炭与甲壳素配施对连作平邑甜茶幼苗及土壤环境的影响[J]. 中国农业科学,2017,50(4):711-719.