

张霞,葛新伟,孙权,等. 有机培肥对设施黄瓜产量及土壤化学性质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(23):154-157.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.039

有机培肥对设施黄瓜产量及土壤化学性质的影响

张霞,葛新伟,孙权,顾欣,王锐
(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

摘要:研究黄瓜生育期施用不同生物有机肥对黄瓜产量、品质以及对土壤化学性质的影响。结果表明,施用生物有机肥处理可显著提高黄瓜产量,其中羊粪基生物有机肥的增产率最高,达 102%;在提高黄瓜维生素 C 含量上,牛粪基生物有机肥的效果更佳,与 CK 相比提高了 94%;在提高糖酸比上,羊粪基生物有机肥效果更好,与 CK 相比提高了 193%;牛粪基生物有机肥的施用,使土壤有机质、碱解氮分别提高了 103%、28%。生物有机肥可改善土壤环境,提高养分含量,提高果实品质,实现高产。

关键词:生物有机肥;设施;黄瓜;生长指标;产量;品质;土壤化学性质

中图分类号:S642.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)23-0154-04

生物有机肥对改良土壤理化性质,提高土壤肥力,实现土壤可持续生产具有重要意义^[1]。它将化肥、微肥、有机肥系统地结合起来,发挥整体优势,具有化肥的速效性、微量元素的增效性、有机肥的长效性^[2]。施用生物有机肥能改良土壤通气状况,增加土壤肥沃性、保墒性、耕性^[3]。有机培肥土壤可提高土壤中有机物质含量,还可更替土壤中逐渐退化的腐殖质,改善土壤的结构性质,增强土壤的缓冲能力,调节土壤生产力,缓解土壤退化问题^[4-6]。稻草配施生物菌剂可以明显改善土壤微生物区系,降低黄瓜枯萎病的发生^[7]。生物有机肥能促进黄瓜根系的生长,且土壤中速效钾、速效磷、铵态氮含量均有不同程度的提高^[8]。刘长庆等研究表明施用生物有机肥可提高黄瓜产量,改善黄瓜植物学性状和生物学性状^[9]。钟希琼等研究得出生物有机肥的施用能大幅提高蔬菜根系活力,并能提高豆类和瓜类植株叶片中的叶绿素含量,明显提高各种蔬菜食用部位的可溶性糖含量^[10]。

栽培年限的延长、长期不合理的施肥,严重影响了设施黄瓜的产量及品质,而且设施黄瓜还存在连作障碍的问题,容易引发根结线虫、病害(如镰刀菌引发的枯萎病和灰葡萄孢菌侵染引发的灰霉病)等。本试验采用黄瓜温室试验,通过施用不同有机肥,研究不同生物有机肥对黄瓜产量效益、品质以及对土壤化学性质的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在宁夏吴忠市孙家滩国家科技园区,地处 105°43'45"~106°42'50"E、37°28'08"~37°37'23"N,属典型的温带大陆性气候,常年干旱少雨,昼夜温差大。年平均降水量 251 mm,年平均蒸发量 2 387 mm。年平均气温 8.7℃,日温差 13.7℃,全年>10℃积温 3 200℃以上,全年日照时数 2 900~3 550 h。供试土壤表层 0~20 cm 化学性质见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性质

pH 值	全盐含量 (g/kg)	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)
8.55	0.72	5.81	56.18	20.78	151.04	0.31	15.89

1.2 试验设计

试验采用单因素完全随机试验设计,共设 5 个处理;处理 1(CK),仅不施基肥,追施滴灌肥与其余处理相同;处理 2(TK1),羊粪基生物有机肥;处理 3(TK2),牛粪基生物有机肥;处理 4(TK3),鸡粪基生物有机肥;处理 5(TK4),城市污泥基生物有机肥。

各种生物有机肥的用量均是 15 t/hm²。每个处理重复 2 次,共 10 个小区,每小区的面积是 14 m²,小区间隔 0.6 m,试

验净面积 8 m²。采用起垄覆膜种植方式,垄上双行种植,垄面宽 80 cm,垄间距 60 cm,株距 45 cm,行距 25 cm,双行单株间交错种植,密度 32 145 株/hm²。供试黄瓜品种为德尔 99(非嫁接),2016 年 5 月 11 日定植,2016 年 6 月 13 日第 1 次采摘,2016 年 8 月 12 日拉秧。

1.3 样品采集与测定

1.3.1 土壤样品 定植前采用五点采样法采集土壤,混合均匀后四分法留 1 份待测;拉秧前各处理采用三点法采样,混合均匀后四分法留 1 份待测。

土壤化学指标测定:pH 值(水土比为 5:1)采用 SH-3 精密酸度计测定;全盐含量用 DDS-11 电导率仪测定;有机质含量采用重铬酸钾容量法-外加加热法测定;碱解氮含量采用碱解扩散-0.01 mol/L 1/2H₂SO₄ 滴定法测定;硝态氮含量采用浓硫酸-水杨酸比色法测定;速效磷含量采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾含量用

收稿日期:2017-08-21
基金项目:宁夏重点研发项目(编号:2015BFP02)。
作者简介:张霞(1992—),女,山东寿光人,硕士研究生,主要从事干旱区土肥水管理研究。E-mail:1461989501@qq.com。
通信作者:王锐,博士,副教授,主要从事干旱区土肥水高效利用研究。E-mail:amwangrui@126.com。

1 mol/L NH_4OAc 溶液浸提—火焰光度法 (FP 6400 型火焰光度计) 测定; 全磷含量采用钼锑抗比色法测定; 全氮含量采用半微量凯氏定氮法测定^[11]。

1.3.2 植株样品 叶绿素含量用 SPAD-502 叶绿素仪测量; 株高, 测量时自茎底部至生长点量起; 茎粗测距茎基部 10 cm 处。将植株根茎叶等部分经 105 ℃ 杀青, 在 65 ℃ 条件下烘干后分别粉碎, 全部通过 1 mm 筛, 用 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消煮, 采用半微量凯氏定氮法测定全氮含量, 采用钼钒黄比色法测定全磷含量, 采用火焰光度法测定全钾含量, 最后以烘干样质量为基础计算植株全量氮磷钾养分含量。黄瓜果实可滴定酸含量采用标准 NaOH 溶液滴定法测定; 还原型维生素 C 含量采用钼蓝比色法测定; 可溶性固形物含量采用 WYT-32 型手持糖量计测定; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定; 硝酸盐含量采用浓硫酸—水杨酸比色法测定。

1.4 数据分析

以 Excel 2003 软件整理数据和作图, 同时采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析, 并对相关指标进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 黄瓜生育期生长指标变化规律

由图 1 可以看出, 在整个黄瓜生育期内, 植株生长速度总体上呈现先快后慢的趋势, 在定植后 54 d 增长开始趋于平稳。茎粗在定植后的前 54 d 也呈现了快速增长的趋势, 之后则趋于稳定, 在拉秧前几天, 出现略微下降。说明在黄瓜的苗期和结果初期, 土壤养分能较好地满足黄瓜生长, 在结果中后期, 更多的养分则转移至果实当中, 促进果实的生长, 而能提供供给黄瓜植株生长的养分减少。

由图 2 可以看出, 地上部鲜干比在定植后的 0~54 d, 总体上呈现先快速上升后下降的趋势, 说明在黄瓜的苗期和结果初期, 为了满足黄瓜生长需求, 黄瓜地上部器官需要吸收大量的水分; 在结果中后期, 地上部的干物质积累越来越多, 此时也进入夏季, 蒸发量增加, 因此, 结果中后期的鲜干比下降。

根冠比在移栽后的前 47 d 呈现快速下降的趋势, 47 d 后则呈现出稳定的动态变化。说明黄瓜生育前期养分主要用于营养生长与供应根部的数量相对较少, 根冠比降低。

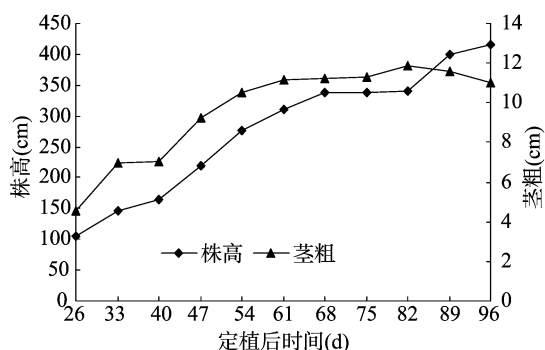


图1 黄瓜生育期内株高茎粗变化规律

2.2 有机培肥对黄瓜产量和效益的影响

由表 2 可知, 各处理间产量差异显著, T1 处理对黄瓜产量影响最高, 与 CK 相比, 增产率达 102%, 其次是 T2, 增产了 96%。T1 的产值、成本以及净收益最高, T3 的产值和净收益最低, T4 的成本最低。CK 的产投比最低, 且不足 1, 说明亏

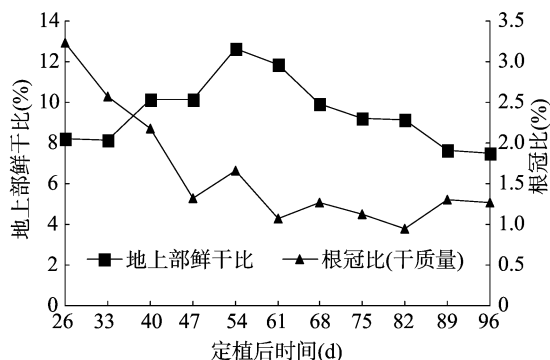


图2 黄瓜生育期内根冠比变化规律

表 2 有机培肥对黄瓜产量和效益的影响

处理	产量 (t/hm ²)	增产率 (%)	产值 (元/hm ²)	成本 (元/hm ²)	净收益 (元/hm ²)	产投比
CK	137 ± 0.73e		163 947	219 375		0.75
T1	277 ± 1.54a	102	332 050	235 125	96 925	1.41
T2	268 ± 2.69b	96	322 086	232 875	89 211	1.38
T3	228 ± 0.86d	66	272 741	231 075	41 666	1.18
T4	240 ± 1.16c	75	288 535	229 875	58 660	1.26

注: 同列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

本, 其余处理均大于 1, 说明都有盈余。综上所述, 羊粪基生物有机肥的产量和效益最好, 其次是牛粪基生物有机肥。

2.3 有机培肥对黄瓜品质的影响

由表 3 可见, T2 处理的维生素 C 含量最高, 为 77.71 mg/g, 比 CK 提高了 94%, 与其他处理差异显著; 其次是 T1, 维生素 C 含量为 71.25 mg/g, 比 CK 提高了 78%, 说明生物有机肥对提高黄瓜维生素 C 含量效果显著, 其中牛粪基生物有机肥对黄瓜维生素 C 的积累效果最好。CK 的总酸含量最高, 为 3.67%; T3、T4 与 CK 处理 3 者之间差异不显著, 分别比 CK 降低了 5% 和 7%; T1 的总酸度最低, 其次是 T2, 分别为 2.67% 和 2.88%, 比 CK 降低了 27% 和 22%, 两者之间差异不显著, 均与其余 3 个处理差异显著, 说明羊粪基生物有机肥和牛粪基生物有机肥都能显著降低黄瓜酸度。T1 和 T2 的可溶性糖含量均为 1.15%, 均比 CK 高出 105%, 其次是 T4, 为 1.09%, 比 CK 提高了 95%, 三者之间差异不显著, 均与其余 2 个处理差异显著; T3 的可溶性糖含量相对较低, 仅为 0.76%, 仅比 CK 提高了 36%; CK 的可溶性糖含量最低, 仅为 0.56%, 与其余处理均差异显著。T1 的糖酸比最高, 为 0.44, 比 CK 提高了 193%, 除与 T2 之间差异不显著外, 与其余处理差异均达显著水平; 其次是 T2, 比 CK 提高了 167%, 与 T4 之间差异不显著; CK 的糖酸比最低, 仅为 0.15, 除与 T3 之间差异不显著外, 与其余处理均差异显著。这 3 个指标说明羊粪基生物有机肥更有利于糖度的积累, 提高果实品质和风味。CK 的硝酸盐含量最低, 为 78.32 mg/kg, 其次是 T4, 为 83.12 mg/kg, 比 CK 提高了 6%, 两者之间差异不显著, 均与其余处理差异显著; T3 的硝酸盐含量最高, 为 115.09 mg/kg, 比 CK 提高了 47%, 与其余处理均差异显著; 各处理硝酸盐含量均符合国家标准。综上所述, 羊粪基生物有机肥对黄瓜品质的提升效果最明显。

表 3 有机培肥对黄瓜品质的影响

处理	维生素 C 含量 (mg/g)	总酸含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	糖/酸	硝酸盐含量 (mg/kg)
CK	40.00 ± 1.80d	3.67 ± 0.03a	0.56 ± 0.01c	0.15 ± 0.00c	78.32 ± 0.92c
T1	71.25 ± 1.80b	2.67 ± 0.6b	1.15 ± 0.11a	0.44 ± 0.05a	95.91 ± 5.54b
T2	77.71 ± 1.82a	2.88 ± 0.00b	1.15 ± 0.03a	0.40 ± 0.01ab	94.31 ± 1.63b
T3	61.88 ± 0.00c	3.47 ± 0.03a	0.76 ± 0.01b	0.22 ± 0.01c	115.09 ± 3.22a
T4	58.75 ± 1.80c	3.41 ± 0.18a	1.09 ± 0.06a	0.32 ± 0.00b	83.12 ± 3.69c

2.4 有机培肥对土壤化学性质的影响

2.4.1 有机培肥对土壤全盐和 pH 值的影响 pH 值和电导率值对土壤中有机质的矿化和氮素的硝化作用有很大影响,所以对植物的生长发育有直接影响。由图 3 可见,CK 和 T3 的全盐含量最高,为 0.74 g/kg;T1 的全盐含量最低,为 0.71 g/kg,比 CK 降低了 4%,与 CK 差异显著;说明羊粪基生物有机肥降低土壤全盐含量效果最显著。CK 的 pH 值最高,为 8.53,与其余 4 个处理均差异显著;T3 最低,为 8.42,比 CK 降低了 1.29%,T3 与 CK 之间差异显著。说明 4 种生物有机肥均可降低土壤 pH 值,其中以鸡粪基生物有机肥效果最显著(图 4)。

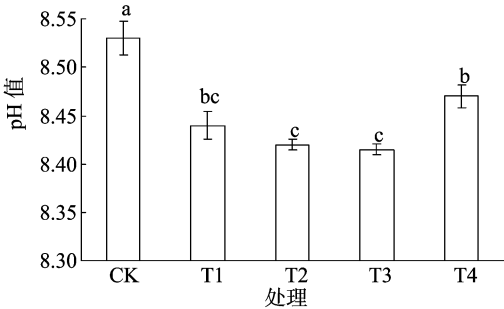
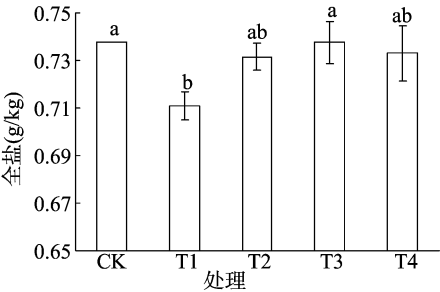


图 4 有机培肥对土壤 pH 值的影响



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。图 4 同
图 3 有机培肥对土壤全盐含量的影响

2.4.2 有机培肥对土壤养分的影响 土壤有机质含量是土壤肥力和土壤质量的重要指标,有机质可以使土壤具有保肥力和缓冲力,使土壤酥松和形成结构,从而改善土壤物理性质^[12];土壤水溶性氮含量是反映土壤供氮能力的重要指标^[13];速效磷含量是土壤有效磷中对作物最为有效的部分,可以直接被作物吸收和利用,是评价土壤供磷能力的重要指标。土壤养分状况变化如表 4 所示。

由表 4 可以看出,CK 的有机质含量最低,为 5.07 g/kg,与其他处理均差异显著;其次是 T1,为 8.85 g/kg,比 CK 提高 75%;T2 的有机质含量最高,为 10.29 g/kg,比 CK 提高了 103%,4 种生物有机肥处理在有机质含量上差异不显著。说

表 4 有机培肥对温室试验土壤(表层 0~20 cm)养分的影响

处理	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)
CK	5.07 ± 0.35b	63.18 ± 1.11d	22.47 ± 2.60c	160.96 ± 5.78d	0.39 ± 0.01b	16.34 ± 0.10c
T1	8.85 ± 0.09a	94.50 ± 2.83a	36.67 ± 1.26a	246.32 ± 5.82a	0.53 ± 0.01a	18.59 ± 0.13a
T2	10.29 ± 1.29a	81.03 ± 1.52c	24.50 ± 1.52bc	221.22 ± 5.80bc	0.52 ± 0.06a	17.86 ± 0.09b
T3	9.57 ± 0.36a	94.33 ± 0.1a	29.91 ± 1.60b	236.24 ± 0.10ab	0.53 ± 0.01a	17.7 ± 0.22b
T4	9.02 ± 0.61a	91.00 ± 0.81b	26.38 ± 0.35bc	208.66 ± 1.45c	0.46 ± 0.02ab	17.85 ± 0.17b

明生物有机肥均可显著提高土壤有机质含量,其中牛粪基生物有机肥效果最好。CK 处理的碱解氮含量最低,为 63.18 mg/kg;其次是 T2,为 81.03 mg/kg,比 CK 提高 28%;T1 的碱解氮含量最高,为 94.50 mg/kg,比 CK 提高了 50%;其次是 T3,为 94.33 mg/kg,比 CK 提高了 49%;T1 和 T3 之间差异不显著,均与其余处理之间差异显著。说明羊粪基生物有机肥和鸡粪基生物有机肥对碱解氮的影响更显著。CK 的有效磷含量最低,为 22.47 mg/kg,仅与 T1 和 T3 之间差异显著;T1 的有效磷含量最高,为 36.67 mg/kg,比 CK 提高了 63%,与其余处理均差异显著。说明羊粪基生物有机肥能显著提高土壤有效磷含量。CK 的速效钾含量最低,为 160.96 mg/kg,与其余处理均差异显著;T1 的速效钾含量最高,为 246.32 mg/kg,比 CK 提高了 53%,除与 T3 差异不显著外,与其余处理均差异显著;其次是 T3,为 236.24 mg/kg,比

CK 提高了 47%。说明羊粪基生物有机肥能显著提高土壤速效钾含量。CK 的全氮含量最低,为 0.39 g/kg,除与 T4 之间差异不显著外,与其他处理差异显著。说明生物有机肥均能明显提高土壤全氮含量,各生物有机肥在提高全氮含量上差异不明显。CK 的全磷含量最低,为 16.34 g/kg,与其余处理差异显著。综上所述,羊粪基生物有机肥和牛粪基生物有机肥相较于另外 2 种生物有机肥,更有利于土壤化学性质的改善。

3 结论与讨论

施用生物有机肥能有效促进黄瓜生长,提高产量。生物有机肥处理的产量显著高于 CK 处理,这可能是由于 CK 处理的养分不能满足黄瓜生长的需求,而生物有机肥的施用补充了这部分养分,满足了黄瓜生长的需求。生物有机肥中含有

大量植物生长所需要的营养元素和各种微量元素,能够提高农作物的产量及品质^[14-18]。本研究也发现生物有机肥处理能显著提高黄瓜产量。

糖度和酸度是衡量果实口感风味的重要指标。还原性糖含量提高会相应提高糖酸比,从而提高蔬菜口感及品质^[19]。本研究中施用生物有机肥显著提高了黄瓜维生素 C 含量,提高了黄瓜糖酸比,改善了黄瓜口感风味,这也与上述的研究相近。硝酸盐在某些细菌的还原作用下可变成亚硝酸盐。亚硝酸盐进入人体后,可使血液中血红蛋白失去携氧能力,致使组织缺氧,它还有致癌作用,严重危害人体健康。含氮的农药、化学氮肥对土壤和水造成污染,使蔬菜中亚硝酸盐含量增加,而土壤是植物性食品中亚硝酸盐的主要来源^[20]。本研究中施用生物有机肥的处理硝酸盐含量显著高于 CK 处理,这与前人研究结果相同,但各处理的黄瓜硝酸盐含量均低于 GB 18406.1—2001《农产品安全质量 无公害蔬菜安全要求》中的含量(瓜果类蔬菜硝酸盐含量以 NO_3^- 计,不大于 438 mg/kg)。

生物有机肥含有较多的有机质和一些活性微生物,肥效持续时间长,能够逐步释放营养成分,补充土壤中的氮磷钾^[10]。本研究中施用生物有机肥显著提高了土壤中的养分含量。土壤离子含量直接影响土壤次生盐渍化程度,而造成设施连作土壤离子含量变化的主要因素是不合理地大量施用化肥和有机肥^[21-22]。在盐渍地的改良方面,前人采取了灌溉排水、添加改良剂、覆盖生物秸秆以及施用生物有机肥等措施^[23-26]。生物有机肥属于偏酸性肥料,含有较高的土壤有机质以及土壤有益微生物^[27]。其中有益微生物在生命活动过程中,能产生大量有机酸,并可以不断释放土壤中缓效态的氮磷钾,因而可以改善轻度盐碱土的 pH 值,减缓土壤中有有机质的损耗,也减缓了土壤中的水解氮、有效磷的消耗,明显提高了速效钾的含量,这些都对改良盐渍土起到了一定的积极作用^[28]。本研究发现生物有机肥可降低土壤全盐含量和土壤 pH 值。生物有机肥处理可提高土壤养分含量,提升肥力,改善土壤环境;生物有机肥的施用,可提高果实品质,改善果实口感,提高产量^[29]。

综上所述,优选羊粪基生物有机肥和牛粪基生物有机肥。

参考文献:

- [1] 云玲. 有机肥对土壤理化性质的影响[J]. 农业与技术, 2010, 30(3): 65-66.
- [2] 路克国, 朱树华, 张连忠. 有机肥对土壤理化性质和红富士苹果果实品质的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2003, 7(3): 205-208.
- [3] 王健鹏, 李阿红, 王会志. 有机肥对土壤理化性质的影响[J]. 吉林蔬菜, 2007(4): 51-53.
- [4] 姜岩. 未腐解有机物与土壤培肥[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2004: 6-7.
- [5] 段建南, 赵丽兵, 王改兰, 等. 长期定位试验条件下土地生产力和土壤肥力的变化[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(6): 479-482.
- [6] 孔令聪, 曹承富, 汪芝寿, 等. 长期定位施肥对砂姜黑土肥力及生产力的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 102-104.
- [7] 于占东, 宋述尧. 稻草配施生物菌剂对大棚连作土壤的改良作用

- [J]. 农业工程学报, 2003, 19(1): 177-179.
- [8] 曹丹, 宗良纲, 肖峻, 等. 生物肥对有机黄瓜生长及土壤生物学特性的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(10): 2587-2592.
- [9] 刘长庆, 李天玉, 王德科, 等. 生物有机肥在黄瓜上的应用效果研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(1): 180-182.
- [10] 钟希琼, 王惠珍, 邓日烈, 等. 生物有机肥对蔬菜生理性状和品质的影响[J]. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 2005, 23(2): 74-76.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 263-271.
- [12] 席承藩, 邓静中, 黄华翰. 黄淮海平原综合治理与农业发展的若干问题[J]. 农业现代化研究, 1985, 6(3): 5.
- [13] 张世熔, 黄元仿, 李保国, 等. 黄淮海冲积平原区土壤速效磷、钾的时空变异特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(1): 3-8.
- [14] 吕彦彬, 栗占芳, 张凤英. 生物有机肥在马铃薯上施用效应研究[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2007, 23(1): 13-15, 20.
- [15] 孔跃, 于福庆, 孙祥武, 等. 生物有机肥对西红柿生长及品质影响效应初探[J]. 华北农学报, 2007, 22(增刊1): 111-114.
- [16] 曹林奎, 陆贻通, 林玮. 生物有机肥料对温室蔬菜硝酸盐和土壤盐分累积的影响[J]. 农村生态环境, 2001, 17(3): 45-47.
- [17] 介晓磊, 王镇, 化党领, 等. 生物有机肥对土壤氮磷钾及烟叶品质成分的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 109-114.
- [18] 李庆康, 张永春, 杨其飞, 等. 生物有机肥肥效机理及应用前景展望[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 78-80.
- [19] 李建设, 高艳明, 李文尧, 等. 不同肥料配合对温室迷你黄瓜硝酸盐含量及品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005(4): 36-39, 58.
- [20] 李润丰, 赵希艳, 高亚弟. 2, 6-二氯酚靛反滴定法测定红色果蔬中还原型 VC[J]. 营养学报, 2012, 34(5): 507-509.
- [21] 李文庆, 贾继文, 李光德, 等. 大棚土壤管理中存在的问题及对策[C]. “第七次土壤与环境”学术研讨会论文摘要. 南京: 中国土壤学会, 2001: 56-57.
- [22] Zhang Y, Jiang Y, Liang W. Accumulation of soil soluble salt in vegetable greenhouses under heavy application of fertilizers[J]. Agricultural Journal, 2013, 3(1): 123-127.
- [23] Chen F S, Chen G S, Zeng D H, et al. Effects of peat and weathered coal on the growth of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* seedlings on aeolian sandy soil[J]. Journal of Forestry Research, 2002, 13(4): 251-254.
- [24] 杨松杰, 张富春, 刘世贵. 盐渍化土壤改良利用新方法——植物耐盐基因的遗传转化[J]. 世界林业研究, 2006, 19(1): 14-19.
- [25] 姚荣江, 杨劲松, 刘广明. 东北地区盐碱土特征及其农业生物治理[J]. 土壤, 2006, 38(3): 256-262.
- [26] 孙彤, 杜震宇, 张瑞珍, 等. 松嫩平原盐碱土盐碱胁迫对水稻分蘖及产量的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(6): 597-600, 605.
- [27] 郭春景, 关兆红, 李玉文, 等. 生物有机肥料对人参重茬栽培地土壤微生态环境的影响研究[J]. 生物技术, 2004, 14(3): 55-56.
- [28] 张金柱, 张兴, 郭春景, 等. 生物有机肥对轻度盐碱土理化性质影响的研究[J]. 生物技术, 2007, 17(6): 73-75.
- [29] 王鸿磊, 王红艳, 崔兆光. 黄瓜专用生物有机肥对设施黄瓜生长及品质的影响[J]. 北方园艺, 2013(1): 29-31.