

陈 森,邓 晓,李 玮,等. 不同施肥处理对辣椒产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(4):104–107.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2019.04.024

不同施肥处理对辣椒产量、品质及氮肥利用率的影响

陈 森^{1,2}, 邓 晓^{1,2}, 李 玮^{1,2}, 陈 歆^{1,2}, 李 宁^{1,2}, 杨桂生^{1,2}, 彭黎旭^{1,2}

(1. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所,海南海口 571101; 2. 农业部儋州农业环境科学观测实验站,海南儋州 571737)

摘要:为研究不同施肥处理对辣椒产量、品质及氮肥利用率的影响,以湘辣十七号为试验材料,设置不施肥(T1)、单施化肥(T2)、化肥+秸秆还田(T3)、化肥+有机肥(T4)、75%化肥+有机肥(T5)、50%化肥+有机肥(T6)6种施肥处理。结果表明,与不施肥(T1)处理相比,5种施肥处理产量增幅为62.89%~124.16%;与单施化肥(T2)处理相比,T3、T4、T5、T6这4种施肥处理产量增幅为7.57%~37.62%;在T4处理基础上减施25%和50%化肥处理(T5、T6),辣椒果实产量略有降低,但未达显著性水平($P>0.05$);增施有机肥和秸秆还田可降低辣椒果实中硝酸盐含量;各试验处理的氮肥吸收利用率在16.52%~23.43%之间,增施有机肥和秸秆还田可提高氮肥贡献率、氮肥农学利用率和氮肥吸收利用率;在T4处理基础上减施25%和50%化肥处理(T5、T6)对氮肥农学利用率和氮肥吸收利用率无显著影响($P<0.05$)。

关键词:辣椒;施肥;产量;品质;氮肥利用率

中图分类号: S641.306 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2019)04–0104–04

海南省具有发展蔬菜种植业得天独厚的自然条件,是我国重要的“南菜北运”建设基地。2015年海南省蔬菜种植面积26.4万hm²,总产量572.19万t^[1]。然而,海南高温高湿的自然环境和高于全国平均水平的耕地复种指数,使得农产品生产过度依赖化肥的大量施用。据统计,2015年海南省单位农地化肥施用量为1 019.5 kg/hm²,远高于发达国家为防止水体污染设定的安全上限值225 kg/hm²。在热带地区露地蔬菜种植过程中,为避免降雨引起的缺肥减产,通常菜农投入的化肥用量是推荐施肥量的5~10倍^[2],而蔬菜对氮素的利用率仅有20%左右^[3]。海南东北部地区辣椒地氮肥平均施用量为520.1 kg/hm²,是我国露地蔬菜平均氮肥推荐量(253.6 kg/hm²)的2.05倍^[4–5]。在年均约1 600 mm降水量的影响下,海南露地蔬菜系统面临巨大的生态环境风险。

加强蔬菜种植系统氮、磷养分管理是实现露地蔬菜高产高效的突破点^[6]。近年来,不同施肥模式在露地蔬菜土壤氮素流失控制上的作用研究日趋活跃^[7–8]。部分学者对减施氮肥、有机无机肥配施和秸秆还田处理下菜田氮素损失及养分平衡特征进行了定量评价和研究,相关研究表明,在传统施氮水平上减施氮肥20%~50%对蔬菜产量及品质无明显影

响^[7,9–10]。而海南属于我国南方酸性土壤区,土壤贫瘠,不同施肥模式对蔬菜产量、品质及菜地养分平衡的影响研究较少。关于化肥减施、有机无机肥配施等不同施肥模式对海南露地蔬菜产量、品质及氮肥利用率的影响研究亦鲜见报道。因此,本研究针对以上情况,以海南露地蔬菜系统为研究对象,探讨不同施肥处理对蔬菜产量、品质和氮肥利用效率的影响,以期海南省露地蔬菜最佳养分管理模式的制定和农业面源污染控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验地点位于海南省文昌市中国热带农业科学院环境与植物保护研究所试验基地。地处110.46°E,19.32°N,土壤质地为沙壤土,土壤类型为砖红壤,肥力水平较低,土壤基本理化性质见表1。常年降水量1 721.6 mm,雨季主要集中在5—10月份,占全年的79%。年均温度23.9℃,积温为8 474.3℃,为热带海洋季风气候。极端天气通常为夏季暴雨和春季干旱。辣椒品种为湘辣十七号,由湖南湘研种业有限公司生产。

表1 供试土壤基本理化性质

土壤类型	pH值	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)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
砖红壤	5.32	9.51	0.30	0.03	0.90	1.60	35.62

1.2 试验处理

试验小区为平地,每个小区面积50 m²(长10 m,宽5 m)。监测地块四周设置10 m保护行,监测小区之间、小区与保护行之间均以田埂分隔,田埂宽度24 cm。田埂地面以下部分深度为60 cm,地面以上部分为10 cm。田埂采用砖混结构,水泥砂浆抹面。试验小区种植制度为南方湿润平原区露地蔬菜轮作模式。设6个施肥处理:不施肥(T1);单施化肥(T2);化肥+秸秆还田(T3);化肥+有机肥(T4);75%化

收稿日期:2017–11–13

基金项目:海南省自然科学基金(编号:20164170);中国热带农业科学院院本级基本科研业务费专项(编号:1630042016004);国家公益性科研院所基本科研业务费专项(编号:2016hzz1J006)。

作者简介:陈 森(1985—),男,四川绵阳人,硕士,助理研究员,主要从事农业面源污染评价与土壤保育研究。E-mail:chenm200567@163.com。

肥 + 有机肥 (T5);50% 化肥 + 有机肥 (T6)。6 种施肥处理不同施肥处理的施肥量见表 2。

试验随机区组设计,每个处理 3 次重复。秸秆换填后,采

用旋耕灭茬,使秸秆均是分布在 0~20 cm 土层中。辣椒株、行距为 45 cm×50 cm,田间管理同大田生产管理。试验时间为 2015 年 10 月至 2016 年 4 月。

表 2 试验施肥处理

试验处理	施肥量(kg/hm ²)			基肥量(kg/hm ²)				追肥量(kg/hm ²)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机肥	秸秆还田	复合肥	钙镁磷肥	复合肥
T1	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	315.25	274.21	315.25	0	0	1 250	450	915
T3	323.89	281.05	345.31	0	1 800	1 250	450	915
T4	539.35	387.61	542.05	30 000	0	1 250	450	915
T5	460.74	325.26	463.44	30 000	0	1 000	338	625
T6	382.76	247.35	385.46	30 000	0	834	0	225

注:化肥为三元复合肥(作基肥时 N、P₂O₅、K₂O 含量均为 15%;作追肥时 N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 15%、5%、15%)、钙镁磷肥(12%);有机肥为商品有机肥;秸秆为玉米秸秆。

1.3 样品采集与测定

1.3.1 样品采集 在辣椒采收期,按小区对辣椒进行人工收获,收获后测定辣椒产量。取辣椒果实鲜样测定可溶性糖、可溶性蛋白、硝酸盐和维生素 C 含量。采集的果实及植株样品经 105℃ 杀青 30 min 后于 80℃ 下烘干至恒质量,称质量后粉碎,分别测定果实和茎秆的含水量、全氮含量。分别单独计算辣椒果实和茎秆产量。

1.3.2 样品测定 全氮含量测定采用半微量凯式法^[11];辣椒维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛滴定法测定^[12];可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[13];可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法测定^[13];硝酸盐含量测定采用紫外分光光度法^[14]。

1.4 数据处理

1.4.1 计算方法

氮肥贡献率=(施氮区产量-不施氮区产量)/施氮区产量×100%;

氮肥农学利用率=(施氮区产量-不施氮区产量)/施氮量;

氮肥偏生产力=施氮区产量/施氮量;

土壤氮素依存率=不施氮区地上部吸氮量/施氮区地上部吸氮量×100%;

氮肥吸收利用率=(施氮区地上部吸氮量-不施氮区地上部吸氮量)/施氮量×100%;

氮肥生理利用率=(施氮区产量-不施氮区产量)/(施氮区地上部吸氮量-不施氮区地上部吸氮量)。

1.4.2 统计方法 试验数据采用 Microsoft Excel 2010、SPSS 17.0 软件进行数据处理,均值多重比较采用 Duncan's 比较法。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理下辣椒果实和秸秆产量

由表 3 可知,随着施肥量的增加,辣椒果实产量逐渐增加,田间小区试验辣椒果实产量最高的处理为化肥+有机肥(T4),不施肥(T1)处理辣椒果实产量与其他各处理间差异均达极显著水平(P<0.01);与单施化肥(T2)相比,化肥+秸秆还田(T3)、化肥+有机肥(T4)、75%化肥+有机肥(T5)、50%化肥+有机肥(T6)4 种施肥处理分别增产 7.57%、37.62%、25.38%、19.90%。与不施肥(T1)相比,5 种施肥处理产量增幅为 62.89%~124.16%。在化肥+有机肥(T4)处理上分别减施 25%和 50%化肥对辣椒果实产量无显著影响(P>0.05),但与化肥+有机肥(T4)处理相比,75%化肥+有机肥(T5)和 50%化肥+有机肥(T6)处理分别减产 8.89%、12.87%;由表 3 可知,田间小区试验辣椒秸秆产量最高的处理为 75%化肥+有机肥(T5),不施肥(T1)处理与其他各处理间差异均达显著水平(P<0.05)。各施肥处理秸秆含水率无显著差异(P<0.05)。

表 3 不同施肥处理下辣椒果实和秸秆产量

试验处理	辣椒果实小区产量(kg)	果实含水率(%)	辣椒秸秆小区产量(kg)	秸秆含水率(%)
T1	37.08±4.44D	89.10±0.58a	35.67±5.13c	69.07±2.03a
T2	60.40±2.04C	89.51±0.47a	57.33±8.02ab	74.8±0.68a
T3	64.97±2.60BC	89.59±0.29a	50.67±7.01b	69.41±3.92a
T4	83.12±6.21A	89.93±0.27a	58.00±3.00ab	65.14±5.61a
T5	75.73±5.78AB	89.14±1.02a	65.50±9.04a	70.49±2.07a
T6	72.42±5.54AB	89.67±0.61a	61.17±7.69ab	68.88±5.67a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著。表 4、表 5 同。

2.2 不同施肥处理下辣椒品质

维生素 C、可溶性糖和可溶性蛋白质是反映辣椒营养品质的重要指标。由表 4 可知,各施肥处理对辣椒的营养品质影响较小。不同施肥处理对辣椒果实维生素 C、可溶性蛋白

质、可溶性糖和干物质含量无显著影响(P<0.05)。硝酸盐含量是反映辣椒安全品质的重要指标之一。各施肥处理对辣椒的安全品质影响显著(P<0.05),其硝酸盐含量为 0.33~1.64 mg/kg,其中单施化肥(T2)处理硝酸盐含量最高;与不

施肥(T1)处理相比,施肥会增加辣椒果实硝酸盐含量;与单施化肥(T2)相比,增施有机肥和秸秆还田可降低辣椒果实中硝酸盐含量,但各施肥处理硝酸盐含量均远低于我国蔬菜硝酸盐标准允许量(432 mg/kg)。

表 4 不同施肥处理下的辣椒品质

试验处理	维生素 C 含量 (g/kg)	可溶性蛋白质含量 (%)	可溶性糖含量 (mg/kg)	硝酸盐含量 (mg/kg)	干物质含量 (%)
T1	0.25 ± 0.04a	16.4 ± 1.08a	11.44 ± 0.71a	0.33 ± 0.11c	10.69 ± 1.23a
T2	0.26 ± 0.05a	18.14 ± 2.09a	11.59 ± 2.71a	1.64 ± 0.56a	10.07 ± 0.27a
T3	0.26 ± 0.02a	18.89 ± 2.04a	13.59 ± 4.83a	0.84 ± 0.24bc	10.41 ± 0.29a
T4	0.24 ± 0.04a	18.12 ± 2.22a	11.51 ± 4.46a	1.11 ± 0.11ab	10.33 ± 0.61a
T5	0.25 ± 0.02a	12.03 ± 3.32a	14.19 ± 4.15a	0.89 ± 0.10bc	10.86 ± 1.02a
T6	0.27 ± 0.05a	13.62 ± 5.95a	11.11 ± 4.69a	0.74 ± 0.01bc	10.9 ± 0.58a

2.3 不同施肥处理下辣椒氮肥利用率

由表 5 可知,随着施氮量的增加,各试验处理的氮肥贡献率呈逐渐上升的趋势,化肥 + 有机肥(T4)处理的氮肥贡献率最高(55.11%),增施有机肥可显著提高氮肥贡献率($P < 0.05$),这一结果与获得最高产量的施肥处理是一致的;氮肥农学利用率表现为 $T6 > T3 > T4 > T5 > T2$,且随着施氮量的增加,氮肥农学利用率呈先上升后下降的趋势,各试验处理间氮肥农学利用率无显著性差异($P < 0.05$);随着施氮量的增加,氮肥偏生产力的变化趋势与氮肥农学利用率基本一致;在有

机无机配施(T4)基础上减施 25% 和 50% 化肥(T5、T6)对氮肥农学利用率和氮肥吸收利用率无显著影响($P < 0.05$)。

由表 5 可知,土壤氮素依存率和氮肥生理利用率随着各试验处理施氮量的增加而逐渐降低,增施有机肥可显著降低氮素依存率($P < 0.05$),而各试验处理的氮肥生理利用率无显著性差异($P < 0.05$);各试验处理的氮肥吸收利用率在 16.52% ~ 23.43%,表现为 $T6 > T4 > T5 > T3 > T2$,增施有机肥可提高氮肥吸收利用率。而秸秆还田可提高氮肥贡献率、氮肥农学利用率、氮肥偏生产力和氮肥吸收利用率。

表 5 不同施肥处理下辣椒氮肥利用率

试验处理	施氮量 (kg/hm ²)	氮肥贡献率 (%)	氮肥农学利用率 (kg/kg)	氮肥偏生产力 (kg/kg)	土壤氮素依存率 (%)	氮肥吸收利用率 (%)	氮肥生理利用率 (kg/kg)
T1	0	—	—	—	—	—	—
T2	315.25	38.56 ± 2.03c	14.79 ± 1.29a	38.32 ± 1.29a	64.06 ± 3.45a	16.52 ± 0.53b	89.49 ± 6.2a
T3	323.89	42.86 ± 2.34c	17.22 ± 1.61a	40.12 ± 1.61a	58.08 ± 5.58a	20.06 ± 4.09ab	87.37 ± 12.08a
T4	539.35	55.11 ± 4.26a	17.07 ± 2.93a	30.82 ± 2.93b	41.3 ± 2.98c	22.33 ± 2.77a	76.14 ± 3.79a
T5	460.74	50.84 ± 3.79ab	16.78 ± 2.51a	32.87 ± 2.51b	46.72 ± 5.77bc	21.24 ± 4.71ab	79.97 ± 6.79a
T6	382.76	48.59 ± 3.98b	18.46 ± 2.9a	37.84 ± 2.90a	48.55 ± 2.84b	23.43 ± 2.69a	79.03 ± 11.69a

3 讨论与结论

3.1 施肥处理对辣椒产量和品质的影响

本研究表明,与单施化肥相比,增施有机肥和秸秆还田可以增加辣椒产量,其增产幅度为 7.57% ~ 37.62%。在有机无机配施(T4)基础上减施 25% 和 50% 化肥处理(T5、T6)的增产效果略低于有机无机配施(T4)处理。相关研究亦表明,在传统施氮水平上减施氮肥 20% ~ 50% 对蔬菜产量及品质无明显影响^[10,15]。有机无机肥能改善根际土壤微生物区系,显著提高土壤酶活性,进而达到改良土壤和提高土壤肥力的目的^[16]。因此,增施有机肥和秸秆还田可以改善土壤肥力状况,进而促进辣椒植株的营养生长,使辣椒产量增加。

有机肥由于有机质含量高、养分全面、肥效长,其不仅能够改善土壤微生物群落结构,培肥地力,提高作物产量,还能够提高农产品的品质^[17-18]。硝酸盐含量是反映辣椒安全品质的重要指标。本研究表明,增加施肥量能明显提高辣椒果实产量,但辣椒果实中硝酸盐含量也会增加;与单施化肥(T2)相比,增施有机肥和秸秆还田可以降低辣椒果实中硝酸盐含量。这与要晓玮等的研究结果^[19-20]基本一致。增施有机肥和秸秆还田可降低辣椒果实中硝酸盐含量的主要原因可能是由于生物降解有机质,使养分缓慢释放,辣椒能够更好地吸收利用养分;此外,也可能是由于有机质吸收和固定肥料中

的铵态氮,抑制铵态氮的硝化作用,促进土壤反硝化作用,降低土壤中硝态氮的累积,进而防止辣椒对氮素的过量吸收,有效降低了辣椒中硝酸盐的累积^[21-22]。维生素 C、可溶性糖和可溶性蛋白质含量是反映辣椒营养品质的重要指标。辣椒是维生素 C 含量较高的蔬菜之一。本研究表明,与单施化肥相比,增施有机肥和秸秆还田对辣椒维生素 C、可溶性糖和可溶性蛋白质含量无显著影响($P < 0.05$),这与李吉进等研究结果^[23]基本一致。

3.2 施肥处理对辣椒氮肥利用率的影响

氮是土壤肥力中最活跃的因子,也是农业生产活动中限制农作物产量的首要因子,施肥是获得农作物高产最有效的措施^[24]。但过量施肥或不合理的施肥方式会导致氮肥利用率降低,致使氮素损失,造成严重的环境污染问题。更重要的是蔬菜生产上仍然沿用传统的“肥大水勤”“肥随水走”等不科学的水肥管理模式。导致蔬菜种植养分损失较大,化肥利用率仅有 20% 左右,远低于发达国家的 50% ~ 60%^[3]。这说明减少氮素损失、提高氮肥利用率和增产效果的潜力还很大。本研究表明,秸秆还田能够提高辣椒氮肥农学利用率、氮肥偏生产力和氮肥吸收利用率;增施有机肥能够提高辣椒氮肥农学利用率和氮肥吸收利用率;在有机无机配施(T4)基础上减施 25% 和 50% 化肥(T5、T6)对氮肥农学利用率和氮肥吸收利用率无显著影响($P < 0.05$)。相关研究亦表明,增施有机肥能

够提高作物氮素吸收量^[25-26]。秸秆还田可以提高土壤中新合成有机氮的含量,新合成有机氮活性较高,可经矿化分解而被作物吸收利用,进而提高了辣椒对氮素的利用率^[27-28]。由此可见,增施有机肥和秸秆还田能够增加辣椒对氮素的吸收量,提高氮素利用率,同时能够促进氮素向辣椒果实转移,提高辣椒果实产量,进而降低氮素损失造成的生态环境风险。

3.3 结论

随着施肥量的增加,辣椒果实产量逐渐增加。与不施肥处理相比,5 种施肥处理产量增幅为 62.89%~124.16%;与单施化肥(T2)相比,化肥+秸秆还田(T3)、化肥+有机肥(T4)、75%化肥+有机肥(T5)、50%化肥+有机肥(T6)4 种施肥处理产量增幅为 7.57%~37.62%;在化肥+有机肥(T4)处理上分别减施 25% 和 50% 化肥,辣椒果实产量略有降低,但未达无显著性水平($P<0.05$)。

各施肥处理对辣椒的营养品质影响较小。不同施肥处理对辣椒果实维生素 C、可溶性蛋白、可溶性糖和干物质含量无显著影响($P<0.05$)。各施肥处理对辣椒的安全品质影响显著($P<0.05$),其硝酸盐含量为 0.33~1.64 mg/kg,其中单施化肥(T2)处理硝酸盐含量最高,增施有机肥和秸秆还田可降低辣椒果实中硝酸盐含量。

随着施氮量的增加,各试验处理的氮肥贡献率呈逐渐上升的趋势,增施有机肥可显著提高氮肥贡献率($P<0.05$);随着施氮量的增加,氮肥农学利用率和氮肥偏生产力呈先上升后下降的趋势;土壤氮素依存率和氮肥生理利用率随着各试验处理施氮量的增加而逐渐降低,增施有机肥可显著降低氮素依存率($P<0.05$);各试验处理的氮肥吸收利用率在 16.52%~23.43%,增施有机肥和秸秆还田可提高氮肥吸收利用率;在有机无机配施(T4)基础上减施 25% 和 50% 化肥(T5、T6)对氮肥农学利用率和氮肥吸收利用率无显著影响($P<0.05$)。

参考文献:

- [1] 海南省统计局. 海南省统计年鉴(2015)[M]. 北京:中国统计出版社,2016:12-20.
- [2] 张白鸽. 华南露地苦瓜生产体系的氮素调控[D]. 北京:中国农业大学,2016:45.
- [3] Huang B, Shi X, Yu D, et al. Environmental assessment of small-scale vegetable farming systems in per urban areas of the Yangtze River Delta Region, China[J]. Agr Environ, 2006, 112(4): 391-402.
- [4] 吉清妹, 张文, 王敏, 等. 海南东北部地区蔬菜施肥现状与土壤养分状况[J]. 广东农业科学, 2011(22): 61-63.
- [5] 武良. 基于总量控制的中国农业氮肥需求及温室气体减排潜力研究[D]. 北京:中国农业大学,2014:99-103.
- [6] Adhikari K R, Chen Z S. Reducing nitrogen leaching from agriculture: an essential step toward protecting the environment in high rainfall areas of Taiwan[J]. Compost Science & Utilization, 2013, 21(1): 2-15.
- [7] 姜慧敏. 氮肥管理模式对设施菜地氮素残留与利用的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2012:1-107.
- [8] Min J, Zhang H L, Shi W M. Optimizing nitrogen input to reduce nitrate leaching loss in greenhouse vegetable production[J].

Agricultural Water Management, 2012, 111: 53-59.

- [9] 于红梅. 不同水氮管理下蔬菜地水分渗漏和硝态氮淋洗特征的研究[D]. 北京:中国农业大学,2005:17-18.
- [10] Shen W S, Lin X, Shi W M, et al. Higher rates of nitrogen fertilization decrease soil enzyme activities, microbial functional diversity and nitrification capacity in a Chinese polytunnel greenhouse vegetable land[J]. Plant and Soil, 2010, 337(1/2): 137-150.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社, 2000:39-42.
- [12] 刘春生, 杨守祥. 农业化学分析[M]. 北京:中国农业大学出版社, 1996:179-181.
- [13] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社, 2003:127, 159.
- [14] 蔬菜、水果中硝酸盐的测定 紫外分光光度法: NY/T 1279—2007[S]. 北京:中国农业出版社, 2007:1-5.
- [15] 史书强, 赵颖, 何志刚, 等. 生物有机肥配施化肥对马铃薯土壤养分运移及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(6): 154-157.
- [16] 倪治华, 马国瑞. 有机无机生物活性肥料对蔬菜作物生长及土壤生物活性的影响[J]. 土壤通报, 2002, 33(3): 212-215.
- [17] 徐明岗, 李冬初, 李菊梅, 等. 化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3133-3139.
- [18] Zhang H M, Xu M G, Zhang F. Long-term effects of manure application on grain yield under different cropping systems and ecological conditions in China[J]. Journal of Agricultural Science, 2009, 147(1): 31-42.
- [19] 要晓玮, 梁银丽, 曾睿, 等. 不同有机肥对辣椒品质和产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(10): 157-162.
- [20] 陈洁, 徐海, 单奇伟, 等. 光照度、施肥量及品种互作对不结球白菜硝酸盐含量和产量的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(4): 861-864.
- [21] 沈明星, 刘凤军, 吴彤东, 等. 有机无机氮肥比例对小白菜产量和硝酸盐、维生素 C 含量的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(3): 560-563.
- [22] Steingröver E, Ratering P, Siesling J. Daily changes in uptake, reduction and storage of nitrate in spinach grown at low light intensity[J]. Physiologia Plantarum, 1986, 66(3): 550-556.
- [23] 李吉进, 邹国元, 宋东涛, 等. 有机肥和化肥对番茄产量和品质的影响[J]. 土壤通报, 2009, 40(6): 1330-1332.
- [24] 刘晓伟, 王火焰, 周健民, 等. 供氮浓度与时期对水稻产量及氮吸收的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(7): 66-69.
- [25] 陈金, 唐玉海, 尹燕桦, 等. 秸秆还田条件下适量施氮对冬小麦氮素利用及产量的影响[J]. 作物学报, 2015, 41(1): 160-167.
- [26] 任轶, 李瑞霞, 艾昊, 等. 减施肥条件下木霉 SQR-T037 微生物肥对黄瓜产量、品质及养分利用效率的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(2): 143-146.
- [27] 鲁彩艳, 马建, 陈欣, 等. 不同施肥处理对连续三季作物氮肥利用率及其分配与去向的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(2): 400-406.
- [28] 安霞, 董月, 吴建燕, 等. 氮肥形态对甘薯产量和养分吸收的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(5): 1049-1054.