

喻 华,秦鱼生,陈 琨,等. 有机肥料与化肥配施在黄瓜上减氮增效效应[J]. 江苏农业科学,2020,48(14):158-162.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.028

有机肥料与化肥配施在黄瓜上减氮增效效应

喻 华^{1,2}, 秦鱼生^{1,2}, 陈 琨¹, 曾祥忠¹

(1. 四川省农业科学院土壤肥料研究所, 四川成都 610066; 2. 蔬菜品种改良与种质创新四川省重点实验室, 四川成都 610066)

摘要:通过田间小区试验,研究不同氮肥水平下有机肥替代不同比例的化学肥对黄瓜的产量、养分吸收及效率、营养和品质等的影响。结果表明,有机肥替代部分化肥显著增加黄瓜的产量,以施用 75% 化肥氮配施 25% 有机肥氮处理最佳,其氮素农学效率、氮肥偏生产力以及氮肥表观利用率最高,品质指标(维生素 C、氨基酸含量)明显提高,硝酸盐含量显著降低。因此,适量有机肥与化学肥配施既能减少化肥用量、节约生产成本,又能提高黄瓜的产量和品质,同时还可以实现畜禽养殖废弃物循环利用,减少对环境的污染风险。

关键词:有机肥;化肥;黄瓜;氮肥利用率;氮素农学效率;氮肥偏生产力;农艺性状;产量;品质

中图分类号: S147.3;S147.5;S642.206 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)14-0158-05

黄瓜是成都平原蔬菜主产区夏季露地栽培的主要瓜类蔬菜,生长期短,产量高,需肥量大。由于种植黄瓜经济效益高,使得种植户大量用肥现象非常普遍,特别是偏施氮肥且过量施用。由此造成氮肥利用率偏低,增加农业生产成本^[1],同时还通过各种途径造成土壤中硝酸盐快速累积^[2]。长期大量施肥还会引起氮素在土壤中无效累积,加大环境污染风险。黄瓜果实中硝酸盐含量也随施氮量增加而增加,品质下降,食用后对人体健康不利。因此,如何把施肥量降下来,提高氮肥利用率,保证黄瓜高产的同时提高品质,已成为当前亟待解决的问题。大量研究认为,有机肥料不仅可以促进作物产量的提高,更重要的是还能改善作物品质,特别是能显著降低蔬菜可食部位硝酸盐含量。除此之外,有机肥料施入土壤后,不仅能为作物提供一定量的氮、磷、钾等元素,还能提高土壤活性有机碳含量,增加纤维素、多糖、腐殖酸等,特别是对补充土壤中、微量元素、改善蔬菜品质能起到重要作用,同时也能促进植株对无机氮的吸收,提高化肥利用

率^[3-9]。因此,为降低不合理施肥对农产品和环境的污染风险,施肥措施上提倡以有机肥替代部分化肥。目前的研究主要集中在设施蔬菜氮肥施用^[10-11],对于露地种植的黄瓜,氮肥如何减量增效、替代量为多少合适等方面研究较少。本试验针对露地黄瓜种植过程中过量施用氮肥、有机肥缺乏等问题,研究露地黄瓜优质高产的氮肥用量以及适宜的有机肥替代量,以期对四川省黄瓜产业化生产中增产提质及化肥减量增效提供理论依据,研究结果可为科学施肥和解决可持续生产问题提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验田块位于四川省彭州市丽春镇,土壤为河流冲积物发育而来的灰潮土。试验前采集土壤样品,参照文献^[12]测定理化性质(表 1)。试验地土壤质地为沙壤土,土壤 pH 值为 4.78,有机质、全氮、全磷、全钾含量中等。

1.2 供试材料

供试作物品种为燕白黄瓜。育苗时间为 2017 年 4 月 12 日,移栽时间为 4 月 28 日。供试化肥包括氮肥[尿素(46% N)],磷肥[过磷酸钙(12% P₂O₅)],钾肥[硫酸钾(50% K₂O)]。供试有机肥料以猪粪为原料,N 含量为 34 g/kg、P₂O₅ 含量为 24 g/kg、K₂O 含量为 18 g/kg、有机质含量为 690 g/kg、含水量为 25%,购自四川东环绿宝生物科技股份有限公司。

收稿日期:2019-08-15

基金项目:四川省科技计划(编号:2017NZ0080);四川省财政专项资金(编号:2017CYTS-014);国家重点研发计划(编号:2018YFD0201210-3);四川省财政创新能力提升工程专项(编号:2019QNJJ-016)。

作者简介:喻 华(1981—),女,重庆人,硕士,副研究员,主要从事植物营养与蔬菜高效施肥研究。E-mail:348017117@qq.com。

通信作者:秦鱼生,博士,研究员,主要从事植物营养与施肥研究。E-mail:shengyuq@126.com。

表1 试验地土壤基本理化性质

理化指标	数值
pH 值	4.78
有机质含量(g/kg)	23.4
全氮含量(g/kg)	1.24
全磷含量(g/kg)	0.98
全钾含量(g/kg)	18.4
有效氮含量(mg/kg)	142.0
有效磷含量(mg/kg)	60.7
速效钾含量(mg/kg)	138.7

1.3 试验设计

本试验采用随机区组设计,共设2个施氮水平,即低氮水平{N1~N5处理,纯氮总用量[包括有机肥氮(ON)和化肥氮的用量之和]为150 kg/hm²}和

高氮水平(N6~N10处理,纯氮总用量为225 kg/hm²),共11个处理(表2):CK(无N)、N1(单施化肥氮)、N2[75% CN+25% ON(有机肥氮)]、N3(50% CN+50% ON)、N4(25% CN+75% ON)、N5(100% ON)、N6(全CN)、N7(75% CN+25% ON)、N8(50% CN+50% ON)、N9(25% CN+75% ON)、N10(100% ON)。每个处理重复3次,共33个小区,小区面积为20 m²。磷、钾用量分别为105 kg/hm²、300 kg/hm²(包含有机肥中磷、钾用量,有机肥一次施完,磷、钾肥不足的量用化肥补),有机肥和过磷酸钙作底肥一次施用,氮肥、钾肥底追比为1:1。种植黄瓜的厢面为1.5 m宽,每厢2行,株距为40 cm,其他田间管理措施与当地高产栽培一致。

表2 各处理施肥量

处理	氮肥用量(kg/hm ²)			磷用量 (P ₂ O ₅ ,kg/hm ²)	钾用量 (K ₂ O,kg/hm ²)
	总量	CN[kg/hm ² ,占比(%)]	ON[kg/hm ² ,占比(%)]		
CK(对照)	0	0.00	0.00	105	300
N1	150	150.00(100)	0.00(0)	105	300
N2	150	112.50(75)	37.50(25)	105	300
N3	150	75.00(50)	75.00(50)	105	300
N4	150	37.50(25)	112.50(75)	105	300
N5	150	0.00(0)	150.00(100)	105	300
N6	225	225.00(100)	0.00(0)	105	300
N7	225	168.75(75)	56.25(25)	105	300
N8	225	112.50(50)	112.50(50)	105	300
N9	225	56.25(25)	168.75(75)	105	300
N10	225	0.00(0)	225.00(100)	105	300

1.4 测定项目及方法

1.4.1 果实形态与产量测定 黄瓜结瓜盛期,每小区采5根黄瓜调查测量瓜长、瓜横径、单瓜质量。黄瓜每次采收时,按照小区实际测产,最后进行每个小区产量汇总。

1.4.2 果实品质与养分测定 用2,4-二硝基苯肼比色法测定黄瓜维生素C含量,氨基酸水解后用自动分析法测定其含量,用比色法测定硝酸盐含量。果实和植株样品烘干粉碎后采用凯氏定氮法测定全氮含量。

1.4.3 氮肥利用率与氮效率 根据氮的投入量和黄瓜对氮的吸收量,计算氮肥表观利用率、氮素农学效率与氮肥偏生产力。

2 结果与分析

2.1 有机肥配施化学氮肥对黄瓜农艺性状的影响 由表3可见,该品种黄瓜长约20 cm,施用氮肥的各处理比无氮处理下黄瓜的各项农艺性状都有不同程度提升,在相同氮水平下有明显的规律性:低氮水平下(N1~N5处理),瓜长随施用化肥氮比例减少、有机肥氮比例增加呈先增后减的趋势,瓜长以N2处理最高;当氮水平提高到225 kg/hm²时,瓜长的平均增幅比低氮水平时略大。无论在低氮水平还是高氮水平下,单施化学氮肥或者有机肥处理的瓜长都比有机肥和化学氮肥配施的短。施氮后黄瓜横径比无氮处理大,当氮水平为150 kg/hm²时,仍然以N2

处理最大,与 CK 相比,增幅为 7.51%;当氮水平为 225 kg/hm² 时,处理 N8 达最大值,增幅为 9.54%。单瓜质量在不同氮水平下分别也是这 2 个处理表现

最佳。然而,对于氮的施用水平来说,综合这 3 项农艺性状看,以处理 N2 最优,既不影响黄瓜的果形大小和单瓜质量,又节省了肥料用量。

表 3 不同有机肥比例与化学氮肥配施下黄瓜农艺性状变化

处理	瓜长 (cm)	瓜长比 CK 增 (%)	横径 (cm)	横径比 CK 增 (%)	单瓜质量 (g)	单瓜质量比 CK 增 (%)
CK	19.97b	—	3.46b	—	171.32d	—
N1	20.08ab	0.55	3.65ab	5.49	186.32cd	8.76
N2	21.42ab	7.26	3.72ab	7.51	211.55a	23.48
N3	21.17ab	6.01	3.61ab	4.34	197.13abc	15.07
N4	20.50ab	2.65	3.58ab	3.47	192.98bc	12.64
N5	20.00b	0.15	3.70ab	6.94	196.12abc	14.48
N6	20.25ab	1.40	3.62ab	4.62	185.30cd	8.16
N7	20.92ab	4.76	3.75ab	8.38	194.11abc	13.30
N8	21.42ab	7.26	3.79ab	9.54	206.73ab	20.67
N9	22.25a	11.42	3.76a	8.67	204.59ab	19.42
N10	20.83ab	4.31	3.75a	8.38	199.70abc	16.57

注:同列小写字母不相同表示差异显著($P<0.05$)。表 4~表 6 同。

2.2 有机氮肥配施化学氮肥对黄瓜产量的影响

从图 1 可以看出,与无氮处理相比,各施氮处理的黄瓜产量均有所提高。当氮肥用量为 225 kg/hm² 时,N10 处理产量最高,显著高于单施化学氮肥处理;不同比例有机肥和化学氮肥配施处

理产量无显著差异。当纯氮用量为 150 kg/hm² 时,N2 处理产量最高,较其他处理增产明显。因此,在 150 kg/hm² 施氮水平下,有机肥氮替代 25% 化肥氮能够保证黄瓜的产量,不会降低其经济效益,同时化肥氮总量可以减少约 1/4。

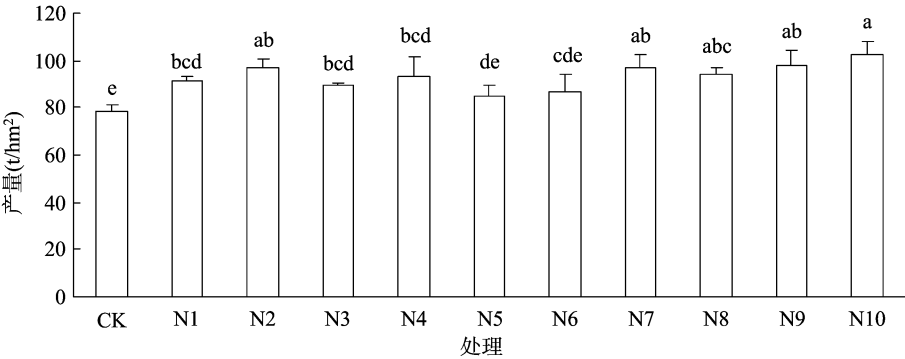


图 1 不同比例有机肥与化学氮肥配施下黄瓜产量变化

2.3 有机肥配施化学氮肥对黄瓜品质的影响

从表 4 可以看出,在同一施氮水平下,全量化肥处理的维生素 C 含量都是最低的,甚至低于无氮处理;最高的处理为 25% CN+75% ON。氨基酸含量也单施化学氮肥处理较低。总体趋势是:有机肥替代部分化学氮肥处理提高了黄瓜维生素 C、氨基酸含量,降低了硝酸盐含量。由此可见,有机肥与化学氮肥配施不仅可以增加作物产量,而且还能改善农产品品质。各处理中,以 N4 处理维生素 C 含量最高,而氨基酸含量有随着有机肥氮比例增加而提

高的趋势,但差异不显著。高氮水平下硝酸盐含量普遍高于低氮水平各处理,这表明氮肥施用量显著增加了黄瓜硝酸盐含量。氮用量为 150 kg/hm² 时,随着有机肥氮比例的增加黄瓜硝酸盐含量逐步下降;而氮用量为 225 kg/hm² 水平时无此规律。

2.4 有机氮肥配施化学氮肥对黄瓜氮肥利用率的影响

对于氮的吸收量来说,无氮处理由于氮素供应不足,不论是植株还是果实,对氮的吸收量都显著低于其余各施氮处理,仅为各施氮处理的一半左

表 4 不同比例有机肥与化肥氮配施下黄瓜营养品质变化

处理	维生素 C 含量 (mg/kg)	比 CK 增 (%)	氨基酸含量 (g/kg)	比 CK 增 (%)	硝酸盐含量 (mg/kg)	比 CK 增 (%)
CK	73.6c	—	0.58a	—	161.00cd	—
N1	59.3d	-19.43	0.60a	3.45	193.00bc	19.88
N2	84.4bc	14.67	0.62a	6.90	187.00bc	16.15
N3	82.3bc	11.82	0.66a	13.79	160.00cd	-0.62
N4	90.5a	22.96	0.59a	1.72	110.00d	-31.68
N5	74.7c	1.49	0.64a	10.34	104.00d	-35.40
N6	64.5cd	-12.36	0.57a	-1.72	290.00a	80.12
N7	76.4c	3.80	0.59a	1.72	230.00ab	42.86
N8	80.0bc	8.70	0.61a	5.17	302.00a	87.58
N9	80.4bc	9.24	0.63a	8.62	284.00ab	76.40
N10	78.3bc	6.39	0.66a	13.79	341.00a	111.80

右。低氮水平下,植株吸氮量、果实吸氮量以及氮吸收总量均以 N2 处理最高,但各施氮处理间差异不显著;高氮水平下,则以 N9 处理最高,各施氮处理间差异也不显著。与单施化学氮肥相比,配施有机肥氮能够提高黄瓜的氮肥表观利用率。低氮水平下,N2 处理的氮肥表观利用率最高,达 40.05%,

与高氮水平下 N6 处理差异达显著;高氮水平下,N9 处理的氮肥表观利用率最高。在高氮水平下,各处理氮肥表观利用率均低于 30%;而低氮水平下,除 N1 处理外,其他各处理均高于 30%。由此可见,低氮水平各处理较高氮水平各处理的氮肥表观利用率更高。

表 5 不同比例有机肥与化学氮肥配施下黄瓜氮肥表观利用率变化

处理	氮素吸收量(kg/hm ²)			氮素投入量 (kg/hm ²)	氮肥表观利用率 (%)
	植株	果实	总量		
CK	10.21b	44.81b	55.02b	0	—
N1	18.76a	75.27a	94.03a	150	26.00ab
N2	19.25a	95.84a	115.09a	150	40.05b
N3	18.34a	84.14a	102.48a	150	31.64ab
N4	18.25a	84.82a	103.07a	150	32.03ab
N5	18.03a	88.23a	106.26a	150	34.16ab
N6	19.18a	82.85a	102.03a	225	20.89a
N7	19.27a	93.66a	112.93a	225	25.74ab
N8	19.84a	92.49a	112.33a	225	25.47ab
N9	20.26a	101.24a	121.50a	225	29.55ab
N10	20.02a	87.72a	107.74a	225	23.43ab

2.5 有机肥素配施化学氮肥对黄瓜氮肥效率的影响

低氮水平下,N2 处理黄瓜氮素农学效率和偏生产力最高,氮素农学效率达到 121.89 kg/kg,偏生产力高达 645.3 kg/kg,显著高于该氮水平下 N5(单施有机氮肥)处理;在该氮水平下,N5 处理氮素的农学效率最低,仅 41.44 kg/kg。高氮水平下,N6 处理的氮素农学效率和氮肥偏生产力最低。低氮水平下的氮肥偏生产力普遍高于高氮水平各处理,差异

达显著水平。相同比例的有机肥与化肥配施下,低氮处理的氮素农学效率普遍高于高氮处理,说明增加氮肥用量,氮素农学效率反而会降低,高氮水平施氮量已显得过量。氮肥偏生产力也是高氮处理普遍低于低氮处理。

3 结论与讨论

黄瓜生物量大,开花结果期长,属于多次采收作物,因此需要长效肥料持续供应养分。有机肥与

表 6 不同比例有机肥与化学氮肥配施下氮肥效率变化

处理	氮素农学效率 (kg/kg)	氮肥偏生产力 (kg/kg)
CK	—	—
N1	83.00ab	606.4ab
N2	121.89a	645.3a
N3	73.22ab	596.7ab
N4	97.72a	621.2a
N5	41.44b	564.9b
N6	35.93b	384.9d
N7	82.22ab	431.2cd
N8	70.30ab	419.3cd
N9	87.70ab	436.7c
N10	106.22a	455.2c

化肥搭配施用,才能充分发挥肥料缓效与速效相结合的优点,调控蔬菜的生长与品质^[12]。有机肥与化肥配施对提高氮肥利用率十分有利,但不同原料的有机肥养分含量差异较大,且适宜用量不易准确把握,施用过多会导致当季作物减产,施用过少对提升蔬菜品质和改良土壤结构的作用又不明显。因此,根据试验结果,可以按照当季黄瓜施用氮总量的 25% 左右折算为有机肥氮用量来施用。有机氮肥与化学氮肥的最佳组合为 75% CN + 25% ON,使有机肥氮替代量约 25% 化肥氮,既能够保证黄瓜的产量,氮素农学效率、氮肥偏生产力以及氮肥表观利用率最高,品质指标维生素 C 和氨基酸含量也较高,硝酸盐含量较低;还能使化肥氮用量减少约 1/4,在节约生产成本的同时,大大减少了对环境的氮排放。以禽畜粪便为主要原料的有机肥氮含量较其他种类有机肥高,施用量可相应减少。

在该试验区域,由于连续种植蔬菜,土壤有效氮、磷、钾较高,因此,特别要控制氮的用量。氮素过多易造成落花、落果现象严重,有时也会导致其他营养元素缺乏症^[13]。闵炬等指出,随着施肥量的增加,蔬菜从土壤中吸收的 NO₃⁻ 也增加,而 NO₃⁻ 还原的速度赶不上吸收的速度,从而造成 NO₃⁻ 大量积累^[14-15]。在本试验中,适量的化学氮肥与有机氮肥配施即使在低氮水平下也并未使黄瓜减产,同时,还可以降低果实中硝酸盐累积的风险。由此可见,肥料的平衡施用以及有机肥和化学氮肥配施不仅能减少氮用量,而且能提高作物对氮的利用效率。

在试验区相当肥力水平土壤上种植露地黄瓜,从试验设计的 2 个施氮水平来看,最佳氮总用量为 150 kg/hm²。氮肥用量由 225 kg/hm² 减量为 150 kg/hm² 后,氮的利用率显著提高。选择适宜的氮肥用量以及有机肥和化学氮肥配施是蔬菜生产中减肥增效的重要措施。

参考文献:

[1] 于红梅,李子忠,龚元石. 传统和优化水氮管理对蔬菜地土壤氮素损失与利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2007,23(2): 54-59.

[2] 朱同彬,张金波,蔡祖聪. 淹水条件下添加有机物料对蔬菜地土壤硝态氮及氮素气体排放的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(1):109-114.

[3] 李淑仪,邓许文,陈发,等. 有机无机肥配施比例对蔬菜产量和品质及土壤重金属含量的影响[J]. 生态环境,2007,16(4): 1125-1134.

[4] 汪李平,向长萍,王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展(上)[J]. 长江蔬菜,2000(5):1-4.

[5] 沈中泉,郭元桃,袁家富. 有机肥料对改善农产品品质的作用及机理[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(2):54-60.

[6] 秦鱼生,涂仕华,冯文强,等. 有机无机肥料对蔬菜产量和硝酸盐累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(5):670-674.

[7] 周焱,罗安程. 有机肥对大棚蔬菜品质的影响[J]. 浙江农业学报,2004,16(4):210-212.

[8] 刘秀茹,孙晓荣,王晓雪,等. 有机肥与化肥配施对蔬菜产量及硝酸盐含量的影响[J]. 辽宁农业科学,1991(5):50-52.

[9] 张宇,樊小雪,徐刚,等. 不同氮肥与有机肥配施对蒜产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(5):114-117.

[10] 孙媛,胡克林,邱建军,等. 不同水肥管理下设施黄瓜地氮素损失及水氮利用效率模拟分析[J]. 中国农业科学,2013,46(8):1635-1645.

[11] 张学军,赵营,陈晓群,等. 滴灌施肥中施氮量对两年蔬菜产量、氮素平衡及土壤硝态氮累积的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(11):2535-2545.

[12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000.

[13] 倪宏正,侯喜林. 有机肥在蔬菜生产中的应用[J]. 中国蔬菜,2005(8):47-48.

[14] 涂仕华. 常用肥料使用手册[M]. 成都:四川科学技术出版社,2011.

[15] 闵炬,施卫明. 不同施氮量对太湖地区大棚蔬菜产量、氮肥利用率及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(1): 151-157.

[16] 王朝辉,李生秀,田霄鸿. 不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(1):22-28.