

不同施肥处理对日光温室黄瓜产量和土壤 NO_3^- -N 含量的影响

刘晓燕, 同延安, 张树兰

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】研究不同施肥处理对日光温室黄瓜产量和土壤 NO_3^- -N 含量的影响, 为日光温室黄瓜合理施肥提供理论依据。【方法】选用 2 个日光温室, 均设 5 个施肥处理: 对照(CK)不施无机肥; 最佳施肥量处理(OPT)温室 1 施 N 675 kg/hm²、P₂O₅ 171 kg/hm²、K₂O 810 kg/hm², 温室 2 施 N 788 kg/hm²、P₂O₅ 200 kg/hm²、K₂O 945 kg/hm²; 50% N 处理, 施 N 量为 OPT 的 50%, P₂O₅、K₂O 用量同 OPT 处理; 150% N 处理, 施 N 量为 OPT 的 150%, P₂O₅、K₂O 用量同 OPT 处理; 菜农传统施肥处理(FP), 温室 1 施 N 848 kg/hm²、P₂O₅ 277 kg/hm²、K₂O 1 307 kg/hm², 温室 2 施 N 884 kg/hm²、P₂O₅ 338 kg/hm²、K₂O 1 249 kg/hm², 测定不同施肥处理的土壤 NO_3^- -N 含量及黄瓜产量、总干物质质量、氮肥利用率和氮肥农学效率。【结果】温室 1 和 2 中 150% N 处理土壤 NO_3^- -N 含量的平均值分别较 OPT 处理提高了 10.0% 和 20.0%。温室 1、2 中 OPT 处理的黄瓜产量最高, 达到 135 和 169 t/hm², 分别较其 CK、50% N 处理增加了 61.1% 和 8.0%, 24.5% 和 4.8%; OPT 处理黄瓜的总干物质质量也较高, 为 5.6 和 10.3 t/hm², 分别较其 CK、50% N 处理提高了 17.9% 和 43.1%, 3.0% 和 34.3%; OPT 处理黄瓜的氮肥利用率和氮肥农学效率均最高, 分别为 8.8% 和 16.8%, 76 和 16 kg/kg, 有利于减少土壤氮素累积。温室 1、2 中 150% N 处理黄瓜的产量、氮肥利用率和氮肥农学效率较 OPT 处理分别降低了 14.9% 和 2.1%, 76.1% 和 67.3%, 56.2% 和 52.5%。【结论】当日光温室黄瓜目标产量为 120~140 t/hm² 时, 最适施 N 量为 675~788 kg/hm² (目标产量对应 N 肥用量减去测定的土壤 NO_3^- -N 含量), 这可以兼顾产量和经济投入。

【关键词】 施肥水平; 土壤硝态氮; 日光温室; 黄瓜

【中图分类号】 S642.206⁺.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)05-0131-06

Effects of different fertilization treatments on yield of cucumber and the soil nitrate-N content in solar greenhouse

LIU Xiao-yan, TONG Yan-an, ZHANG Shu-lan

(College of Resource and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The experiment was done to study the effects of different fertilization treatments on yield of cucumber and the soil nitrate-N content in solar greenhouse in order to supply theoretical basis for proper fertilization of cucumber cultivated in solar greenhouse. 【Method】The experiment chose two solar greenhouses and each with 5 treatments: control treatment(CK) with no inorganic fertilizer; optimum fertilization treatment (OPT) (Solar greenhouse 1, N 675 kg/hm², P₂O₅ 171 kg/hm², K₂O 810 kg/hm²; Solar greenhouse 2, N 788 kg/hm², P₂O₅ 200 kg/hm², K₂O 945 kg/hm²); 50% OPT, the amount of N was 50% of OPT and the amounts of P₂O₅, K₂O were similar to that of OPT; 150% OPT, the amount of N was 150% of OPT and the amounts of P₂O₅, K₂O were similar to that of OPT, farmer practice(FP) (So-

* [收稿日期] 2009-10-14

[基金项目] 中英合作项目“国际植物营养研究所(IPNI)资助项目”

[作者简介] 刘晓燕(1984—), 女, 内蒙古阿拉善盟人, 在读硕士, 主要从事土壤肥力和植物营养研究。E-mail: yuzhi9659@163.com

[通信作者] 同延安(1956—), 男, 陕西华县人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养与施肥研究。

E-mail: tongyanan@nwsuaf.edu.cn

lar greenhouse 1, N 848 kg/hm², P₂O₅ 277 kg/hm², K₂O 1 307 kg/hm²; Solar greenhouse 2, N 884 kg/hm², P₂O₅ 338 kg/hm², K₂O 1 249 kg/hm²). The soil NO₃⁻-N content, cucumber yield, dry matter, N use and N agronomy efficiency were measured. 【Result】 The soil NO₃⁻-N average content of 150% in solar greenhouse 1 and solar greenhouse 2 was 10.0% and 20.0% higher than that of OPT. Cucumber yield(135 and 169 t/hm²) of OPT in solar greenhouse 1 and solar greenhouse 2 was the most, 61.1% and 8.0%, 24.5% and 4.8% higher than that of to CK, 50%N. The amount of dry matter (5.6 and 10.3 t/hm²), N use efficiency(8.8% and 16.8%) and N agronomy efficiency(76 and 16 kg/kg) of OPT in solar greenhouse 1 and solar greenhouse 2 were the most. The amount of dry matter in OPT was 17.9% and 43.1%, 3.0% and 34.3% higher than the CK, 50%N. Cucumber yield was 14.9%, 2.1% lower than that of OPT, N use efficiency 76.1% and 67.3% lower than that of OPT and N agronomy efficiency 56.2%, 52.5% lower than that of OPT of 150%N treatment for solar greenhouse 1 and solar greenhouse 2. 【Conclusion】 The optimum nitrogen is 675—788 kg/hm² when the target yields of cucumber in solar greenhouse are 120—140 t/hm², which can obtain the best economic benefit and output.

Key words: fertilization level; soil NO₃⁻-N; solar greenhouse; cucumber

随着人们蔬菜消费水平的不断提高,如何获得优质高产的设施栽培蔬菜,是目前研究的热点^[1-2]。蔬菜生长需要从土壤和肥料中吸收充足的氮、磷、钾和其他微量元素,而养分供应不充分或不平衡,会导致蔬菜生长慢、产量低、品质差、病害严重,养分供应过多则会污染土壤和地下水。目前在日光温室蔬菜生产中,已出现大量施肥引起的产量降低,病害严重,地下水硝酸盐污染等问题^[3-7],如陕西关中地区的咸阳、兴平、武功蔬菜地施氮量常常超过 750 kg/hm²,蔬菜地 0~4 m 土层土壤硝态氮的绝对累积量均超过 1 000 kg/hm²^[3]。蔬菜地 1 m 以下土层累积的大量硝态氮很难再被吸收利用,已成为潜在的地下水污染源。黄瓜是设施栽培的主要蔬菜,目前针对黄瓜施肥量和品质的研究很多^[4,8-11],但结果不尽相同,如当黄瓜目标产量为 83 000~88 000 kg/hm² 时,徐福利等^[4]研究认为氮肥的最适用量为 809.2~1 313.1 kg/hm²;而韦泽秀等^[11]认为合理氮肥用量为 600 kg/hm²;蔡万涛^[8]认为,中等肥力土壤条件下黄瓜最佳氮素用量为 250 kg/hm²。因此,针对日光温室黄瓜的高产情况,确定合理的目标产量,从而根据土壤不同肥力来确定黄瓜合理的施氮量,提高温室黄瓜的产量和菜农收入,维持土壤肥力和减少施肥对环境的污染^[12],对温室黄瓜的优质

高产具有重要意义。本文选用 2 个日光温室,研究不同施肥处理对土壤 NO₃⁻-N,以及黄瓜产量、总干物质量、氮肥利用率和氮肥农学效率等指标的影响,以为设施黄瓜的合理施肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕西杨凌李台乡穆家寨(北纬 34.22°、东经 107.09°),该区年平均气温 12.9℃,无霜期 215 d。试验地土壤为塷土。

1.2 供试作物

供试黄瓜品种为冬美 14,生育期 130 d。栽培方式均为传统的畦栽,畦宽 1 m,畦间距 0.35 m,每畦栽 2 行,行间距 0.7 m,同行内植株间距 0.35 m。

1.3 试验设计

试验于 2008-02-08 进行,选用的 2 个日光温室为典型的水泥和钢架结构,2002 年建造,其中温室 1 一直种植蔬菜;温室 2 于 2002—2007 年秋栽植油桃,从 2007 年秋开始种植蔬菜。种植方式均为一年两茬。试验所选用温室每年 8 月施基肥(腐熟的鸡粪)45 t/hm²。试验开始前测定 0~30 cm 土层土壤基本养分含量,结果见表 1。

表 1 2 个日光温室的土壤养分含量

Table 1 Soil nutrient content of 2 solar greenhouses

日光温室 Solar greenhouse	NO ₃ ⁻ -N/(kg·hm ⁻²)	有效磷/(mg·kg ⁻¹) Olsen-P	速效钾/(mg·kg ⁻¹) NH ₄ OAc-K	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter
1	148	204	328	26.2
2	118	148	115	15.6

温室 1 共设 5 个处理:对照(CK)不施无机肥; 最佳施肥量处理(OPT)根据根层土壤 NO₃⁻-N 含量

来确定氮肥用量,先确定目标产量,用目标产量对应的氮素供应值减去测得的土壤 NO₃⁻-N 含量即为氮肥用量,其 N、P₂O₅、K₂O 用量见表 2;50%N 处理,施氮量为 OPT 的 50%,P₂O₅、K₂O 用量同 OPT 处理;150%N 处理,施氮量为 OPT 的 150%,P₂O₅、K₂O 用量同 OPT 处理;菜农传统施肥处理(FP)施

肥量由菜农自行决定,其中施 N 848 kg/hm²、P₂O₅ 277 kg/hm²、K₂O 1 307 kg/hm²。温室 2 也设 5 个处理,其中 FP 处理施 N 884 kg/hm²、P₂O₅ 338 kg/hm²、K₂O 1 249 kg/hm²;其他处理同温室 1。CK、50%N、OPT 和 150%N 处理各重复 3 次,小区面积 20 m²;FP 处理无重复,小区面积 120 m²。

表 2 日光温室黄瓜目标产量与对应氮、磷、钾的用量

Table 2 Target yield and corresponding N,P ₂ O ₅ ,K ₂ O amount of cucumber in the solar greenhouse				
日光温室 Solar greenhouse	目标产量/(t·hm ⁻²) Target yield	N/(kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ /(kg·hm ⁻²)	K ₂ O/(kg·hm ⁻²)
1	120	675	171	810
2	140	788	200	945

1.4 田间施肥与灌水管理

试验所用氮、磷、钾肥分别为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 16%)和硫酸钾(含 K₂O 50%)。尿素分 7 次追施(温室 1 为 04-15,04-25,05-09,05-17,05-25,06-04,06-12;温室 2 为 04-17,04-26,05-11,05-19,05-28,06-06,06-16),过磷酸钙全部基施,硫酸钾 30%基施,70%分 3 次追施(温室 1 为 04-15,05-09,05-25;温室 2 为 04-17,05-11,05-28)。施肥灌溉方法采用当地传统操作方法,将肥料根据推荐量称取后溶入水中,将肥水从畦头的人水口处慢慢倒入灌溉水中冲施。整个生育期灌溉 8~12 次,其他田间管理措施均由菜农按照传统的管理方式统一完成。

1.5 样品的采集与测定

每次追施氮肥前和拉秧前(温室 1 为 2008-07-

15,温室 2 为 2008-07-21),每个小区于植株行内距植株主根 10 cm 处分 3 点取 0~30 cm 土样,用 13.5 mmol/L CaCl₂ 溶液浸提,试纸条-反射仪测定土壤 NO₃⁻-N 含量^[13-14]。

收获时将各处理小区的果实分开称质量,计算产量。收获后,在每个小区采样行的中间位置,采集有代表性植株 2 株和果实 3 个,测定植株和果实干物质量,即总干物质量;并用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮法^[15]测定全氮含量。试验数据采用 EXCEL 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对土壤 NO₃⁻-N 含量的影响

日光温室 1 和 2 中,不同施肥处理黄瓜生长期间土壤 NO₃⁻-N 含量测定结果见表 3 和表 4。

表 3 日光温室 1 不同施肥处理黄瓜生长期间土壤 NO₃⁻-N 含量

Table 3 Soil nitrate nitrogen content in different experimental treatments during cucumber growth of solar greenhouse 1					
采样日期 Sampling date	CK	OPT	50%N	150%N	FP
04-15	50.2 a	37.0 b	39.2 a	46.7 a	49.0
04-25	22.4 b	72.8 a	50.6 ab	61.4 ab	70.1
05-09	43.5 a	51.2 a	38.7 a	58.4 a	49.3
05-17	51.6 a	63.3 a	29.6 b	59.7 a	41.0
05-25	42.0 a	61.1 a	39.1 a	66.8 a	63.2
06-04	33.6 b	55.6 ab	36.3 b	67.4 a	58.0
06-12	30.8 b	52.5 ab	37.2 b	66.6 a	55.6
07-15	29.3 a	32.5 a	30.6 a	27.1 a	29.9
平均 Average	37.9	53.2	37.7	56.8	52.0

注:表中数据均为平均值,按 DPS 软件统计分析,同行不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 4 同。
Note:All of the data in table are average value,statistical analysed by DPS,different letters in the same row mean significant difference at 0.05 level.

由表 3、4 可以看出,在追肥 1 次后(04-25、04-26)土壤 NO₃⁻-N 含量增加,因为从定植到开始结果,黄瓜植株幼小,从土壤中吸收的氮素少,而此时的灌溉量也少,故土壤中 NO₃⁻-N 含量较高;5—6 月

盛瓜期,土壤 NO₃⁻-N 含量整体变化不明显,但比前期(04-25、04-26)略有降低,因为盛瓜期黄瓜生长快、产量高,从土壤中吸收的氮素多,土壤 NO₃⁻-N 含量降低;拉秧时(07-15、07-21),温室 1 的土壤

NO₃⁻-N 含量明显下降,温室 2 土壤的 NO₃⁻-N 含量变化不明显。5 个处理中,CK 的土壤 NO₃⁻-N 平均含量较低,随黄瓜生长,土壤中 NO₃⁻-N 不断被植株消耗,故整个生育期内土壤 NO₃⁻-N 含量逐渐降低;150% N 处理的土壤 NO₃⁻-N 平均含量最高,与追肥前相比有升高的趋势,说明施肥过量;OPT 处理的

土壤 NO₃⁻-N 平均含量介于 50%N 处理和 150%N 处理之间,整个生育期内土壤 NO₃⁻-N 含量呈先升高,之后变化不大的趋势,其变化趋势符合黄瓜生长发育过程中对肥料的需求。整个生育期,在温室 1 和 2 中 150%N 处理土壤 NO₃⁻-N 含量的平均值分别较 OPT 处理提高了 10.0%和 20.0%。

表 4 日光温室 2 不同施肥处理黄瓜生长期间土壤 NO₃⁻-N 含量

Table 4 Soil nitrate nitrogen content in different experimental treatment during cucumber growth of solar greenhouse 2

采样日期 Sampling date	CK	OPT	50%N	150%N	FP
04-17	56.6 a	60.5 a	77.7 a	65.4 a	63.2
04-26	59.6 a	71.0 a	83.1 a	74.9 a	79.5
05-11	70.6 b	45.0 a	50.0 a	52.5 a	54.6
05-19	53.6 a	50.3 a	71.7 a	83.5 a	48.0
05-28	46.9 b	52.3 ab	60.9 ab	67.4 a	59.6
06-06	43.4 b	54.0 ab	59.8 ab	71.0 a	62.9
06-16	46.3 b	53.6 b	56.2 b	73.6 a	68.5
07-21	40.5 b	60.5 a	58.4 a	69.8 a	39.6
平均 Average	52.2	55.9	64.7	69.8	59.5

2.2 不同施肥处理对日光温室黄瓜产量的影响

由图 1 可知,温室 1 中 5 个处理的黄瓜产量从小到大依次是 CK<FP<50%N<150%N<OPT,不同施肥处理的黄瓜产量为 84~135 t/hm²,50%N、OPT、150%N 处理的黄瓜产量分别比 CK 增加了 24.69,51.32,33.72 t/hm²,增产幅度分别为 29.4%,61.1%,40.1%。温室 2 中 5 个处理的黄瓜产量从小到大依次是 FP<CK<50%N<150%N<

OPT,不同施肥处理黄瓜产量为 155~169 t/hm²,50%N、OPT、150%N 处理的黄瓜产量分别比 CK 增加了 4.83,12.56,9.02 t/hm²,增产幅度分别为 3.1%,8.0%,5.8%。温室 1 和温室 2 中 150%N 处理的黄瓜产量分别比 OPT 处理降低了 14.9%,2.1%,说明温室 1 和温室 2 推荐的施氮量合适,过量施用肥料并没有增加产量,反而使产量下降。

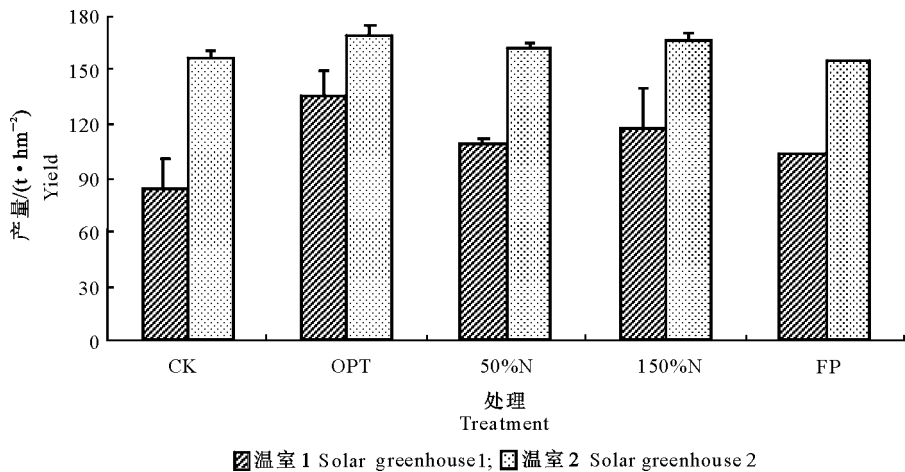


图 1 不同施肥处理对日光温室黄瓜产量的影响

Fig. 1 Effect of fertilization amount of experimental treatment on yield of cucumber in the solar greenhouse

2.3 不同施肥处理对日光温室黄瓜总干物质质量的影响

由图 2 可以看出,温室 1 中不同施肥处理的黄瓜总干物质质量为 4.3~5.7 t/hm²,其中 150%N 处理的黄瓜总干物质质量最高,FP 处理最低,OPT 处理

黄瓜总干物质质量较 CK 提高了 17.9%;除 FP 处理外,处理间黄瓜总干物质质量差异不明显。温室 2 中不同施肥处理的黄瓜总干物质质量为 6.9~10.3 t/hm²,其中 OPT 处理黄瓜总干物质质量最高,较其他处理提高了 27%~50%,其他 4 个处理间的差异

较小。

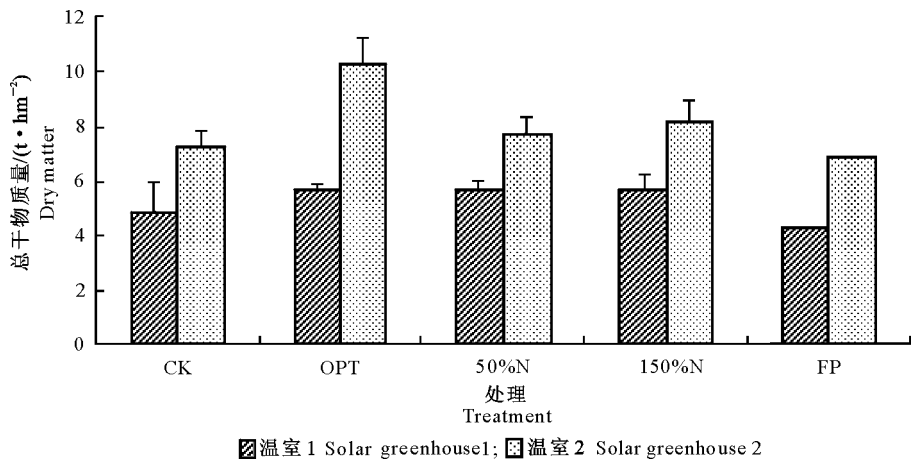


图 2 不同施肥处理对日光温室黄瓜总干物质量的影响

Fig. 2 Effect of fertilization amount of experimental treatment on dry matter of cucumber in the solar greenhouse

2.4 不同施肥处理对日光温室黄瓜氮肥利用率和氮肥农学效率的影响

计算氮肥利用率和氮肥农学效率,以此来评价作物对氮肥的利用程度和施用氮肥的增产效果^[16-18]:氮肥利用率=(施氮小区地上部全氮含量—不施氮小区地上部全氮含量)/施氮小区氮肥用量×100%;氮肥农学效率(kg/kg)=(施氮小区产量—不施氮小区产量)/施氮小区氮肥用量。不同施肥处理对日光温室黄瓜氮肥利用率和氮肥农学效率的影

响见表 5。从表 5 可以看出,温室 1 和 2 中 OPT 处理的黄瓜氮肥利用率均最高,分别达到 8.8%和 16.8%,明显高于其他处理;50%N、150%N、FP 处理的黄瓜氮肥利用率较低,为 1.4%~5.5%,说明 90%以上氮肥未被当季黄瓜吸收利用。温室 1 和 2 中 OPT 处理的黄瓜氮肥农学效率均最高,分别达到 76.0 和 16.0 kg/kg,较 50%N 处理分别提高了 3.9%和 30%,是 150%N 处理的 2 倍多,是 FP 处理的 3 倍和 10 倍。

表 5 不同施肥处理对日光温室黄瓜氮肥利用率和氮肥农学效率的影响

Table 5 Effect of fertilization amount of experimental treatment on N use efficiency and N agronomy efficiency of cucumber in the solar greenhouse

处理 Treatment	氮肥利用率/% N use efficiency		氮肥农学效率/(kg·kg ⁻¹) N agronomy efficiency	
	温室 1 Solar greenhouse 1	温室 2 Solar greenhouse 2	温室 1 Solar greenhouse 1	温室 2 Solar greenhouse 2
	—	—	—	—
CK	—	—	—	—
OPT	8.8	16.8	76.0	16.0
50%N	4.3	1.4	73.2	12.3
150%N	2.1	5.5	33.3	7.6
FP	2.6	2.3	22.4	1.5

3 结论与讨论

盲目地过量施用氮肥,会造成黄瓜产量下降,导致过量氮肥在土壤中积累^[8-9]。当氮肥用量少时,施用氮肥的增产效果特别明显,随着氮肥用量的增加,黄瓜产量增加,但增长幅度减小;当氮肥用量达到一定水平时,再增加氮肥用量,黄瓜产量开始降低,如果继续增加氮肥用量,黄瓜产量降低幅度更大^[4]。从本试验结果可以看出,温室 1 和 2 中 OPT 处理的施 N 量分别为 675 和 788 kg/hm²,产量达 135 和 169 t/hm²,分别比其 CK、50%N 处理增加了 61.1%

和 8.0%,24.5%和 4.8%;温室 1 和 2 中 150%N 处理的氮肥用量分别为 1 013 和 1 182 kg/hm²,但黄瓜产量比 OPT 处理分别降低了 14.9%和 2.1%,肥料用量增加而黄瓜产量明显下降。

黄瓜目标产量在 83 000~88 000 kg/hm² 时,徐福利等^[4]研究认为氮肥的最适用量为 809.2~1 313.1 kg/hm²,而韦泽秀等^[11]认为合理氮肥用量为 600 kg/hm²;蔡万涛^[8]认为,中等肥力土壤条件下 250 kg/hm² 为黄瓜最佳氮素用量;王柳等^[9]研究表明,中等使用年限、中等土壤肥力的日光温室黄瓜冬春茬栽培中,施用干鸡粪 22.5 t/hm² 作为基肥,

配施化学肥料 N 540 kg 为追肥,能获得较高的产量和较好的品质。但这些研究均未对日光温室黄瓜生产给出合理的目标产量,肥力标准也不够具体。本试验将日光温室黄瓜目标产量设为 120~140 t/hm²,最适施氮量为目标产量对应氮肥用量(675~788 kg/hm²)减去测定的土壤 NO₃⁻-N 含量(0~30 cm 土层,OPT 处理),这可以兼顾产量和经济投入。

黄瓜生长期间,土壤 NO₃⁻-N 含量变化与黄瓜的生长发育阶段关系密切,黄瓜结瓜前 0~30 cm 土层土壤 NO₃⁻-N 含量较高,随黄瓜生长速度加快及结瓜盛期的到来,土壤 NO₃⁻-N 含量降低^[10]。本试验中,土壤中 NO₃⁻-N 含量的变化趋势完全符合这一变化规律,而且随着施肥量的增大,土壤中 NO₃⁻-N 含量同步增加。在灌溉条件、作物生长条件一致的情况下,不同施肥处理对当季土壤 NO₃⁻-N 累积量的影响存在显著差异^[19]。本试验中温室 1 和 2 的 OPT 处理黄瓜总干物质量较高,分别为 5.6 和 10.3 t/hm²,较 CK、50% N 处理分别提高了 17.9% 和 43.1%,3.0% 和 34.3%;OPT 处理黄瓜氮肥利用率和氮肥农学效率均最高,分别为 8.8% 和 16.8%,76.0 和 16.0 kg/kg。温室 1 和 2 中 150% N 处理的氮肥利用率和氮肥农学效率分别比 OPT 处理降低了 76.1% 和 67.3%,56.2% 和 52.5%。说明 OPT 处理有利于减少土壤氮素累积,可知在农民传统施氮量基础上采用动态调控方法来减少氮肥的投入是可行的。

[参考文献]

[1] 张福锁.测土配方施肥技术要览[M].北京:中国农业大学出版社,2006.
Zhang F S. The technology formula of fertilizer based on measured the soil [M]. Beijing: Chinese Agriculture University Public, 2006. (in Chinese)

[2] 张真和,李建伟.中国设施园艺的发展态势及问题探讨[J].中国蔬菜,1999(3):1-4.
Zhang Z H, Li J W. Advances and problems of protected field horticulture in China [J]. China Vegetables, 1999(3): 1-4. (in Chinese)

[3] 袁新民,杨学云,同延安.不同施氮量对土壤 NO₃⁻-N 累积的影响[J].干旱地区农业研究,2001,19(1):8-13.
Yuan X M, Yang X Y, Tong Y A. Effect of N fertilizer rate on soil nitrate nitrogen accumulation [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2001, 19(1): 8-13. (in Chinese)

[4] 徐福利,梁银丽,张成娥,等.黄土高原日光温室黄瓜施肥对土壤硝酸盐分布特征的研究[J].西北植物学报,2003,5(1):22-28.

Xu F L, Liang Y L, Zhang C E, et al. Effect of fertilization on distribution of soil nitrate in sunlight greenhouse cucumber in the Loess Plateau [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003, 5(1): 22-28. (in Chinese)

[5] Hansen E M, Djurhuus J. Nitrate leaching as affected by long-term N fertilization on a coarse sand [J]. Soil Use and Manage, 1996, 12(4): 199-204.

[6] 刘明池,陈殿奎.氮肥用量与黄瓜产量和硝酸盐积累的关系[J].中国蔬菜,1996(3):26-28.
Liu M C, Chen D K. Effects of nitrogen amount on yield and nitrate accumulation of cucumber [J]. China Vegetables, 1996(3): 26-28. (in Chinese)

[7] 刘锐.蔬菜施肥与硝酸盐的含量[J].长江蔬菜,1998,11(6):237-243.
Liu R. Effects of nitrogen amount of cucumber and nitrate accumulation [J]. Changjiang Vegetables, 1998, 11(6): 237-243. (in Chinese)

[8] 蔡万涛.不同氮肥水平对黄瓜产量、土壤硝态氮累积及土壤水溶液硝态氮含量的影响[J].华北农学报,2009,24(3):189-193.
Cai W T. Effects of different nitrogen fertilization levels on yield of cucumber, the soil nitrate-N accumulation and the soil solution nitrate-N concentrations [J]. Acta Agriculture Boreali-Sinica, 2009, 24(3): 189-193. (in Chinese)

[9] 王柳,张福嫔,魏秀菊.不同氮肥水平对日光温室黄瓜品质和产量的影响[J].农业工程学报,2007,23(12):225-229.
Wang L, Zhang F M, Wei X J. Effects of different nitrogen fertilization levels on quality and yield of cucumber cultivated in solar greenhouse [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(12): 225-229. (in Chinese)

[10] 徐福利,梁银丽,张成娥.施肥对日光温室黄瓜和土壤硝酸盐含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(1):68-72.
Xu F L, Liang Y L, Zhang C E. Effect of fertilization on distribution of nitrate in cucumber and soil in sunlight greenhouse [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(1): 68-72. (in Chinese)

[11] 韦泽秀,梁银丽,山田智.水肥水平对日光温室黄瓜产量及品质的影响[J].青岛农业大学学报:自然科学版,2008,25(4):268-271.
Wei Z X, Liang Y L, Shan T Z. Effect of different soil water-fertilizer supplying on the yield and fruit quality to cucumber in solar greenhouse [J]. Journal of Qingdao Agricultural University: Natural Science Edition, 2008, 25(4): 268-271. (in Chinese)

[12] 张国红,袁丽萍,郭英华.不同施肥水平对日光温室番茄生长发育的影响[J].农业工程学报,2005,21(增刊):151-154.
Zhang G H, Yuan L P, Guo Y H. Effects of fertilization levels on the growth and development of tomato in solar greenhouse [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(Sup.): 151-154. (in Chinese)