

地力差减法在南疆温室大棚番茄推荐施肥中的应用研究

常心怡, 吉光鹏, 牛岭磊, 张栋海, 吴玉蓉, 宋 伟

(新疆生产建设兵团第三师农业科学研究所 新疆图木舒克 843900)

摘要: 为提高大棚番茄产量提供科学施肥依据, 以番茄欧斯特 6 号为试验材料, 采用地力差减法, 研究平衡施肥处理对大棚番茄产量、养分吸收量及肥料利用率的影响。结果表明, 平衡施肥能够显著提高各器官干物质积累量以及叶面积指数, 平衡施肥区番茄采果期产量高达 66 176.94 kg·hm⁻²。T4 处理百千克经济产量对 N、P₂O₅、K₂O 养分需求量分别为 2.32、0.32、3.21 kg, 其中氮肥和钾肥的百千克经济产量养分吸收量可以作为本地推荐施肥的依据。采果期大棚番茄的氮肥、磷肥和钾肥的利用率分别为 58.75%、26.97% 和 42.59%, 在 3 穗至 5 穗膨果期对氮肥、磷肥和钾肥需求量最大, 是施肥的关键期, 分别占整个生育期的 44.7%、55.4%、51.6%, 大棚番茄全生育期推荐 N、P₂O₅、K₂O 施肥量分别为 489.72、349.94、480.07 kg·hm⁻²。

关键词: 平衡施肥; 大棚番茄; 产量; 肥料利用率; 地力差减法

中图分类号: S626.5 文献标志码: A 文章编号: 1673-2871(2023)09-060-06

Study on the application of differential ground strength reduction method in the recommended fertilization of tomatoes in greenhouse in Southern Xinjiang

CHANG Xinyi, JI Guangpeng, NIU Linglei, ZHANG Donghai, WU Yurong, SONG Wei

(Institute of Agriculture Science and Technology, Division No. 3 of Xinjiang Production and Construction Group, Tumushuke 843900, Xinjiang, China)

Abstract: To provide a theoretical basis for the scientific recommendation of fertilization for the high yield of greenhouse tomato, a subtraction method of soil fertility difference greenhouse field experiment was conducted to discover the effects of fertilization on the yield, nutrient absorption and fertilizer utilization of greenhouse tomato. Greenhouse tomato Oster No. 6 was used as the test material, four treatments of no N, no phosphorus, no potassium and balanced fertilization were set up using the ground power differential reduction method to investigate the effects of balanced fertilization on the yield, nutrient uptake and fertilizer utilization of greenhouse tomato. The results showed that balanced fertilization significantly increased the dry matter accumulation of all organs and leaf area index, and the yield of greenhouse tomato at the fruiting stage was 66 176.94 kg·hm⁻². 100 kg of nutrient requirement for economic yield of T4 treatment was 2.32 kg N, 0.32 kg P₂O₅, 3.21 kg K₂O. The nutrient uptake of N and K fertilizers for 100 kg of economic yield can be used as a basis for local recommended fertilizer application. The utilization rates of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers for greenhouse tomato during the harvest period were 58.75%, 26.97% and 42.59%, respectively, and the distribution ratios of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers among the four reproductive periods of greenhouse tomato showed that the demand was greatest from three to five fruit ears, which was the critical period for fertilization, accounting for 44.7%, 55.4% and 51.6% of the entire reproductive period, respectively. The recommended fertilizer rates for greenhouse tomato were 489.72 kg·hm⁻² N, 349.94 kg·hm⁻² P₂O₅ and 480.07 kg·hm⁻² K₂O for the whole production period.

Key words: Balanced fertilizer application; Greenhouse tomato; Yield; Fertilizer utilization; Ground power differential reduction method

收稿日期: 2023-03-29; 修回日期: 2023-06-27

基金项目: 新疆兵团英才青年项目; 新疆维吾尔自治区“天山英才”培养计划

作者简介: 常心怡, 女, 助理研究员, 主要从事果蔬栽培等研究工作。E-mail: 1774310605@qq.com

共同第一作者: 吉光鹏, 男, 助理研究员, 主要从事果蔬栽培等研究工作。E-mail: 296373664@qq.com

通信作者: 牛岭磊, 男, 助理研究员, 主要从事果蔬栽培等研究工作。E-mail: 517439673@qq.com

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)是世界上种植面积第二大蔬菜,也是我国种植的主要蔬菜种类之一^[1]。随着人们对农产品需求的不断增长,种植规模迅速扩大,据统计,2018年全国设施番茄的种植面积达2 041.5万hm²,占全国番茄总种植面积的57.2%^[2]。而在设施番茄生产过程中,农户为了达到增产的目的,盲目施用化肥及过量施肥的现象极其严重,造成土壤环境恶化,不仅增加了种植成本,而且降低了肥料利用效率与番茄产量^[3-5]。因此,减少肥料施用,提高土壤养分利用效率,降低农业生产的环境污染风险,是番茄种植提质增效、实现设施番茄产业可持续发展必须解决的重要问题。

地力差减法是根据目标产量和土壤生产的产量差值与肥料生产的产量相等的关系来计算肥料的需要量,进行配方施肥的方法^[6]。梁涛^[7]采用地力差减法计算出在重庆4个区的推荐施氮量为136~165 kg·hm⁻²。周尚智等^[8]研究了地力差减法施肥公式中各子项的数量关系,建立了目标产量与相应氮、磷、钾肥的对应关系,依地力水平,在产前提出合理的施肥计划。肥料利用率是作物能吸收肥料养分的比率,是研究的热点内容之一。王荣萍等^[9]对华南地区瓜类、叶菜类等主要蔬菜的研究表明,氮肥利用率仅为18%~19%,农学利用效率为11 kg·kg⁻¹。卢家柱等^[10]认为适当减少氮肥的施用,能够有效提高茄子的品质和产量,同时提高肥料的利用效率。梁静等^[11]研究发现,优化施肥处理与传统施肥相比,设施番茄氮肥利用效率提高了8.3%。李晨等^[12]对滴灌条件下春温室番茄的研究表明,每667 m²施K₂O 13.50~18.52 kg能够促进番茄产量的提高和品质的改善。王丹丹等^[13]研究表明,施用氮(N) 204 kg·hm⁻²、磷(P₂O₅) 93.8 kg·hm⁻²、钾(K₂O) 538.5 kg·hm⁻²时番茄可获得高产,但不利于土壤健康管理;施用N 0 kg·hm⁻²、P₂O₅ 187.5 kg·hm⁻²、K₂O 538.5 kg·hm⁻²时番茄可获得较好的品质。山楠等^[14]研究了养分专家系统推荐施肥在番茄上的应用,确定了番茄试验地N、P₂O₅和K₂O施用量分别为390、166和410 kg·hm⁻²。目前,我国对设施栽培茄果类蔬菜肥料用量的确定大多以当地施肥量为依据,采取因地制宜的方法,增加或减少一定的比例。因此笔者以南疆设施番茄增产、优质、高效为目标,采用地力差减法设计平衡氮、磷、钾肥配比试验,研究施肥对番茄各生长器官干物质积累、产量的影响,分析肥料配比和大棚番茄氮、磷、钾肥吸收与产量的关系,探索其在各个生育时期的氮、磷、钾肥利用

率,寻求提高氮、磷、钾肥利用效率的高效施肥技术配方,充分发挥肥料的利用效率,为南疆设施番茄肥料的高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2021年7月至2022年1月在新疆生产建设兵团第三师五十一团大棚基地进行,供试点土壤的理化性质为碱解氮含量(w,后同)74 mg·kg⁻¹,有效磷含量4.94 mg·kg⁻¹,速效钾含量152 mg·kg⁻¹,有机质含量9.5 g·kg⁻¹,pH 7.95,全盐含量2.3%。采用育苗移栽的方式进行种植,7月28日移栽,生育期灌溉9次,总灌水量4200 m³·hm⁻²。

1.2 材料

供试番茄品种为欧斯特6号,该品种属无限生长型粉果杂交种,具有抗死棵、耐寒性强、坐果能力强的特性,由寿光恒蔬无疆农业发展集团有限公司生产。供试肥料为尿素(N含量46%)由阿克苏华锦化肥有限公司生产;一铵(P₂O₅含量60%)由新疆老村长肥业有限责任公司生产;硫酸钾(K₂O含量50%)由新疆农佳乐农业科技发展有限公司生产。

1.3 方法

根据番茄的需肥规律特征,试验采用随机区组设计,共设置4个处理,3次重复,试验处理分别为处理1无氮(T1),处理2无磷(T2),处理3无钾(T3),处理4平衡施肥(T4),其中,有3个处理(T1、T2和T3)为对照处理,用于计算番茄施肥后的肥料利用率、养分年际分配比率以及推荐施肥量指标。各处理肥料用量见表1。小区长8 m,每小区3垄,各小区面积26.4 m²。每条垄种植2行,垄上行距0.45 m,两垄间行距0.6 m,株距0.5 m,每667 m²栽植2500株。按照当地常规进行田间管理。

表1 各处理肥料用量统计

Table 1 Fertilizer consumption statistics of each treatment (kg·hm⁻²)

处 理	1 穗果膨大期			3 穗果膨大期			5 穗果膨大期			采收期		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	0	188	250	0	216	390	0	243	530	0	256	600
T2	261	0	250	294	0	390	327	0	530	343	0	600
T3	261	188	0	294	216	0	327	243	0	343	256	0
T4	261	188	250	294	216	390	327	243	530	343	256	600

1.4 指标测定

1.4.1 产量测定 提前在各小区区域内划定测产区,在采收期选取3 m×3 m=9 m²内的面积测定株数、单株果数和单果质量等产量构成因素,计算各小区产量。

1.4.2 干物质和养分含量测定 定植后分别在番茄 1 穗果膨大期(8 月 27 日)、3 穗果膨大期(9 月 18 日)、5 穗果膨大期(10 月 13 日)和采果期(11 月 2 日)选取生长良好且长势较为一致的 5 株番茄进行一次破坏性取样,各处理 3 次重复,总计 4 次,将番茄不同器官(茎、叶、果)样品在 105 °C 下杀青 30 min,然后 75 °C 条件下烘干至恒质量,记录干物质质量。将烘干的植株样品粉碎,分析植株不同部位养分含量。

氮(磷、钾)养分吸收量/kg=Σ[各器官氮(磷、钾)浓度×对应部位的干质量]; (1)

百千克经济产量氮(磷、钾)养分吸收总量/kg=[氮(磷、钾)养分吸收总量(kg·hm²)/果实产量(kg·hm²)]×100 kg。 (2)

1.4.3 肥料利用率计算指标 氮(磷、钾)肥料利用率/%=[常规区作物吸氮(磷、钾)总量-无氮(磷、钾)区作物吸氮(磷、钾)总量]/所施肥料中氮(磷、钾)素的总量×100。 (3)

1.4.4 地力差减法计算推荐施肥量 采用地力差减法计算大棚番茄施肥总量,以采收期的产量再提高 10%作为目标产量^[15-16];根据番茄各时期需肥特征进行分配番茄生育期具体的施肥量^[6]。具体计算公式如下:

适宜施用养分量=(目标产量×全肥处理单位经

济产量作物吸收养分量-缺素处理产量×缺素处理单位经济产量作物吸收养分量)/当季养分利用率。

(4)

1.3 数据分析

采用 SPSS 19.0 进行单因素 ANOVA 方差分析及多重比较(Duncan),利用 Excel 2010 进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对大棚番茄干物质积累的影响

从表 2 可以看出,与 T1、T2、T3 处理相比,平衡施肥均可不同程度地提高番茄地上部果实、茎、叶以及总干物质积累量,增幅分别达到了 8.50%~180.84%、0.67%~35.64%、6.94%~32.61%以及 5.72%~45.39%。其中,大棚番茄 1 穗果膨大期 T4 与 T1、T2、T3 处理相比,果实干物质质量分别显著增加了 85.06%、180.84%、98.09%;3 穗果膨大期 T4 与 T1、T2、T3 处理相比,茎干物质质量与总干物质积累量呈显著差异,分别增加了 13.66%和 21.41%、23.13%和 33.62%、20.18%和 14.20%;5 穗果膨大期 T4 与 T1、T2、T3 处理相比,除茎干物质积累量未全呈显著差异外,其余干物质积累量均呈显著差异;采果期 T4 与 T1、T2、T3 处理相比,果实干物质质量和总干物质积累量均呈显著差异,分别增

表 2 不同施肥处理对大棚番茄干物质积累量的影响

Table 2 Effect of different fertilization treatments on dry matter accumulation of tomato in greenhouse

(kg·hm⁻²)

时期	处理	器官			总干物质积累量
		果实	茎	叶	
1 穗果膨大期	T1	26.30±1.64 b	434.39±42.19 b	452.03±35.54 c	912.71±54.25 b
	T2	17.33±0.76 c	466.83±53.27 b	467.93±51.45 bc	952.09±41.64 b
	T3	24.57±1.97 b	585.27±42.18 a	560.54±63.17 ab	1 170.38±43.54 a
	T4	48.67±3.40 a	589.21±49.45 a	599.45±43.14 a	1 237.32±60.32 a
3 穗果膨大期	T1	540.38±46.35 c	873.97±48.24 b	786.40±61.45 b	2 200.75±106.48 bc
	T2	395.01±35.41 b	806.72±42.54 b	797.90±67.16 b	1 999.62±124.16 c
	T3	662.92±60.41 a	826.56±35.48 b	850.19±43.84 ab	2 339.66±104.67 b
	T4	719.30±67.55 a	993.35±53.68 a	959.33±76.18 a	2 671.99±113.48 a
5 穗果膨大期	T1	1 492.47±113.54 c	1 074.15±44.32 b	1 481.13±105.21 b	4 047.75±138.45 c
	T2	1 933.79±120.45 b	1 273.86±64.34 a	1 525.23±116.48 b	4 732.88±154.64 b
	T3	1 815.50±111.24 b	1 384.43±73.15 a	1 526.81±88.34 b	4 726.73±164.25 b
	T4	2 707.27±105.65 a	1 415.93±106.45 a	1 761.64±108.14 a	5 884.83±173.42 a
采果期	T1	2 357.46±125.55 c	1 330.72±61.45 a	1 503.34±83.46 b	5 191.52±142.49 c
	T2	2 430.54±114.44 c	1 336.70±56.14 a	1 642.41±120.13 ab	5 409.65±134.24 c
	T3	2 713.25±108.61 b	1 353.40±78.45 a	1 674.38±107.46 ab	5 741.03±119.43 b
	T4	3 295.37±84.24 a	1 448.53±67.42 a	1 825.43±111.48 a	6 569.33±216.48 a

注:同列中不同小写字母表示相同生长期不同处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

加 39.78%和 26.54%、35.58%和 21.44%、21.45%和 14.43%。随着生育进程的不断推进,各处理间总干物质积累量总体呈上升趋势,其中 3 穗果膨大期和 5 穗果膨大期增长速度较快,其中 T4 处理分别增长了 115.95%和 120.24%,在采果期总干物质积累速率趋于平缓。不同施肥处理下总干物质积累量以 T4 处理最高,在采果期达 6 569.33 kg·hm²,在 3 穗果膨大期、5 穗果膨大期和采果期显著高于其他 3 个处理。T1 处理在 5 穗果膨大期和采果期均低于其他处理,说明缺失氮肥对番茄干物质积累量的影响最大。

2.2 不同施肥处理对大棚番茄叶面积指数和产量的影响

从表 3 可以看出,在整个生育过程中,大棚番茄叶面积指数总体呈上升趋势,除 3 穗果膨大期外,T4 处理叶面积指数均显著大于其他 3 个处理。在 3 穗果膨大期至 5 穗果膨大期期间增长最为迅速,T1、T2、T3 和 T4 处理增长率分别为 102.78%、79.49%、86.05%和 108.51%,其中,T4 处理增长率最高。

从表 3 可以看出,番茄果实产量在生育过程中呈上升趋势,1 穗果膨大期至 3 穗果膨大期增长最为迅速,随后增长速率逐渐下降,T4 与 T1、T2、T3 处理相比均呈显著差异。各施肥处理产量在 1 穗果膨大期为 T4>T1>T3>T2,T4 处理下番茄果实产量最高,是 T1 处理的 1.85 倍,T2 处理的 2.81

倍,T3 处理的 1.98 倍;各施肥处理产量在 3 穗果膨大期为 T4>T3>T1>T2,T4 处理下番茄产量最高,为 15 536.26 kg·hm²,较 T2 处理显著增加了 82.10%;在 5 穗果膨大期和采果期各施肥处理产量比较与 1 穗果膨大期一致,T4 处理下番茄产量最高,在采果期达到 66 176.94 kg·hm²。

2.3 施肥处理对大棚番茄百千克经济产量氮磷钾养分吸收量的影响

从表 4 可看出,大棚番茄在不同的施肥条件下,百千克经济产量所需养分吸收量是不同的。随着生育进程的推进,每产生百千克经济产量需要的氮磷钾养分吸收量在 1 穗果至 3 穗果和 5 穗果至采果期逐渐减少;3 穗果至 5 穗果 T2 和 T3 处理的氮养分吸收量、T3 处理的磷养分吸收量和 T1、T3、T4 处理的钾养分吸收量呈增加趋势,T1 处理的磷养分吸收量无变化,其余处理的氮磷钾养分吸收量呈减少趋势。生长至采果期时,仅 T1 处理的氮与其他处理呈显著差异。各处理的百千克经济产量需氮量为 2.12~9.94 kg,需磷量为 0.31~1.29 kg,需钾量为 3.13~12.01 kg,其中采果期 T1 处理条件下需氮、磷、钾量最少。从全生育期养分吸收量来看,磷肥的吸收量与氮肥和钾肥完全不成比例,需要的磷肥量相对较少;生育进程推进到采果期时,T4 百

表 3 不同施肥处理对大棚番茄的叶面积指数和产量的影响

Table 3 Effect of different fertilization treatments on leave area index and yield of tomato in greenhouse

时期	处理	叶面积指数	产量/(kg·hm ²)
1 穗果膨大期	T1	0.28±0.01 b	568.11±43.16 b
	T2	0.25±0.02 b	374.20±29.48 c
	T3	0.27±0.01 b	530.69±56.48 b
	T4	0.35±0.03 a	1 051.17±163.45 a
3 穗果膨大期	T1	0.36±0.02 b	11 671.75±667.25 c
	T2	0.39±0.01 ab	8 531.84±384.12 d
	T3	0.43±0.03 a	12 318.39±942.51 b
	T4	0.47±0.01 a	15 536.26±1 073.56 a
5 穗果膨大期	T1	0.73±0.02 c	42 235.95±2 843.13 b
	T2	0.70±0.06 c	35 767.93±1 097.45 c
	T3	0.80±0.08 b	39 213.14±1 045.75 bc
	T4	0.98±0.06 a	48 474.43±2 448.42 a
采果期	T1	0.74±0.04 c	62 918.91±813.48 b
	T2	0.79±0.01 bc	40 497.37±2 649.48 d
	T3	0.86±0.08 b	58 603.70±2 097.54 c
	T4	1.00±0.04 a	66 176.94±1 051.15 a

表 4 不同施肥处理对大棚番茄百千克经济产量氮磷钾养分吸收量的影响

Table 4 Effect of different fertilization treatments on nitrogen, phosphorus and potassium nutrient uptake in 100 kg economic yield of tomato in greenhouse

时期	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 穗果膨大期	T1	7.35±0.15 c	1.04±0.03 b	8.93±0.65 b
	T2	9.94±0.24 a	1.29±0.04 a	12.01±0.48 a
	T3	8.33±0.16 b	1.26±0.02 a	10.88±0.77 a
	T4	5.75±0.22 d	0.84±0.01 c	7.41±0.64 c
3 穗果膨大期	T1	2.85±0.17 a	0.46±0.03 ab	3.95±0.34 a
	T2	2.76±0.16 ab	0.49±0.01 a	4.15±0.15 a
	T3	2.56±0.09 b	0.42±0.01 b	3.82±0.43 a
	T4	2.68±0.13 ab	0.48±0.02 a	3.85±0.27 a
5 穗果膨大期	T1	2.56±0.16 b	0.46±0.03 a	4.30±0.14 a
	T2	2.86±0.10 a	0.41±0.04 a	4.06±0.08 ab
	T3	2.94±0.07 a	0.45±0.01 a	4.27±0.21 a
	T4	2.53±0.13 b	0.42±0.03 a	3.91±0.17 b
采果期	T1	2.12±0.04 b	0.31±0.03 a	3.13±0.21 a
	T2	2.37±0.08 a	0.35±0.03 a	3.32±0.13 a
	T3	2.27±0.06 a	0.32±0.02 a	3.18±0.16 a
	T4	2.32±0.02 a	0.32±0.01 a	3.21±0.14 a

千克经济产量养分(N、P₂O₅、K₂O)吸收量分别为2.32、0.32、3.21 kg。

2.4 平衡施肥处理下大棚番茄的肥料利用率、养分分配比率及推荐施肥量

由表5可知,不同生育时期大棚番茄的氮、磷、钾肥利用率不同,1穗果膨果期肥料利用率较低,均未达到10%,随着生育进程的推进,氮、磷、钾肥利用率逐渐升高,至采果期氮肥利用率达到58.75%,磷肥利用率26.97%,钾肥利用率42.59%,除1穗至3穗膨果期与3穗至5穗膨果期氮肥利用率和3穗至5穗膨果期与5穗膨果果至采果期相比差异不显著外,其他时期均呈显著性差异。从变幅来看,氮肥利用率变化最大,由于磷肥利用率本身较低,所以磷肥利用率变化范围最小,1穗果至3穗果的氮、

磷、钾肥利用率变化最大,到5穗果后磷肥、钾肥利用率基本保持不变,但氮肥利用率仍在升高。利用百千克经济产量养分需求量、产量及肥料利用率算得氮、磷、钾肥分配比率见表5,氮、磷、钾肥在4个生育时期中3穗至5穗膨果期需求量均最大,显著高于其他时期,分别占到整个生育期的44.7%、55.4%、51.6%,其中氮肥在播种至1穗膨果期需求较多,占29.90%,1穗至3穗膨果期较少,占18.30%,5穗至采果期最少,占7.09%;磷肥在1穗至3穗膨果期需求最多,占55.40%,播种至1穗膨果期较少,占21.60%;钾肥在1穗至3穗膨果期需求较多,占26.70%,播种至1穗膨果期较少,占21.70%。由地力差减法计算出氮、磷、钾肥的施肥总量,以T4处理产量作为当季产量,以当季产量增

表5 平衡施肥处理大棚番茄不同生育阶段肥料利用率

Table 5 Fertilizer utilization rate in different growth stages of tomato treated with balanced fertilization in greenhouse

时期	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	利用率/%	分配比率/%	推荐施肥量/(kg·hm ⁻²)	利用率/%	分配比率/%	推荐施肥量/(kg·hm ⁻²)	利用率/%	分配比率/%	推荐施肥量/(kg·hm ⁻²)
播种至1穗膨果期	7.14±1.47 c	29.90±3.15 b	146.64±34.47 b	2.12±0.47 c	21.60±1.64 b	75.75±4.67 b	8.04±0.94 c	21.70±2.18 b	104.14±6.45 b
1穗至3穗膨果期	28.31±6.48 b	18.30±1.46 c	89.44±12.48 c	14.79±1.04 b	22.90±2.57 b	80.32±6.62 b	32.91±1.67 b	26.70±1.75 b	128.12±4.58 b
3穗至5穗膨果期	44.92±7.14 ab	44.70±3.87 a	218.90±23.77 a	24.67±2.48 a	55.40±6.37 a	193.87±29.64 a	41.59±3.64 a	51.60±1.45 a	247.81±15.35 a
5穗膨果期至采果期	58.75±8.45 a	7.09±0.49 d	34.74±5.44 d	26.97±5.67 a	0.00±0 c	0.00±0 c	42.59±3.69 a	0.00±0 c	0.00±0 c

产10%作为目标产量,N、P₂O₅和K₂O全生育期的推荐施肥量分别为489.72、349.94、480.07 kg·hm⁻²,3穗至5穗膨果期显著高于其他时期,是施肥的关键期。

3 讨论与结论

干物质含量是衡量植物养分丰缺和有机物质积累的重要指标之一,是光合作用的产物,也是影响植物产量的重要因素。干物质积累与光照、土壤养分、营养竞争等因素有关^[15]。笔者的研究表明,平衡施肥与不施氮、不施磷、不施钾处理相比,能够提高大棚番茄营养器官中(果、茎、叶)干物质的积累量,与卢家柱等^[13]在茄子上的研究结果相似。这说明氮、磷、钾三要素在番茄全生育期具有关键性作用,在番茄生长发育过程中缺素会造成番茄干物质积累量减少,影响番茄生长。叶面积指数作为番茄生长发育的重要指标,可以用来反映番茄的光合作用能力,与产量密切相关。笔者的研究表明,全生

育期平衡施肥处理叶面积指数和产量均高于其他3个处理,平衡施肥能够促进大棚番茄的生长发育,提高产量,尤其5穗果膨大期是消耗营养最多的时期,一定要重视氮磷钾的补施,确保番茄正常发育,氮、磷、钾肥料缺失任何一种都会造成大棚番茄严重减产。所以,要在番茄营养生长与生殖生长并进的关键时期做好氮、磷、钾配比施肥,同时重视氮、磷、钾的补施,确保番茄正常生长发育。

蔬菜的生长发育受施肥方法、管理措施、土壤状况和生长环境等多种因素影响。其中,肥料的养分投入比例是重要的影响因素之一。科学施用化肥的目的是最大限度发挥化肥的正面作用,减少化肥土壤次生盐渍化和土壤有机质含量下降等负面影响^[17]。笔者的研究表明,随着生育进程的推进,每产生百千克经济产量需要的氮磷钾养分吸收量在1穗果至3穗果和5穗果至采果期逐渐减少,百千克经济产量养分需求量关系是全钾>全氮>全磷,需磷量相对较少,这与王金凤等^[18]的研究结果

相似,可能是由地上部磷素累积量较小而导致的。肥料利用率是指导施肥和评价施肥效果的重要指标之一,肥料利用率越高,技术经济效果就越好,其经济效益也就越高^[9]。笔者的试验结果表明,平衡施肥能够显著提高氮肥、磷肥和钾肥利用率,不同生育时期大棚番茄的氮、磷、钾肥利用率不同,从变幅来看,氮肥利用率变化最大,由于磷肥利用率本身较低,所以磷肥利用率变化范围最小,1穗果至3穗果的氮、磷、钾肥利用率变化最大,到5穗果后磷肥、钾肥利用率基本保持不变,但氮肥利用率仍在升高,平衡施肥采果期番茄的氮肥、磷肥和钾肥的利用率分别为58.75%、26.97%和42.59%,从肥料分配比率来看,氮、磷、钾肥在4个生育时期中3穗至5穗膨果期需求量均最大,是施肥的关键期,分别占到整个生育期的44.7%、55.4%、51.6%。总体来看,肥料利用率变化呈现为氮肥>钾肥>磷肥,这与史桂芳等^[20]研究结果一致。平衡施肥处理合理分配了番茄营养生长阶段与生殖生长阶段的养分供给,最终提高了番茄产量和肥料利用率。

综上所述,在番茄全生育期中缺素会影响番茄生长发育,而平衡施肥后,能够提高番茄干物质积累量和叶面积指数,显著提高番茄产量及氮、磷、钾肥利用率,采果期T4处理百千克经济产量养分N、P₂O₅、K₂O需求量分别为2.32、0.32、3.21 kg,其中氮肥和钾肥的百千克经济产量养分吸收量可以作为本地推荐施肥的依据。平衡施肥处理采果期番茄的氮肥、磷肥和钾肥的利用率分别为58.75%、26.97%和42.59%。大棚番茄3穗至5穗膨果期氮、磷、钾肥分配比率分别占到整个生育期的44.7%、55.4%、51.6%,是施肥的关键期。大棚番茄的氮、磷、钾肥全生育期的推荐施肥量分别为489.72、349.94、480.07 kg·hm²,但最佳效益产量施肥量仍需开展肥料效应试验进一步验证。

参考文献

- [1] 赵杨,苗则彦,李颖,等.番茄灰霉病防治研究进展[J].中国植保导刊,2014,34(7):21-29.
- [2] 全国设施蔬菜种植面积和分布情况.搜狐长江蔬菜门户网站,2020-01-16,https://www.sohu.com/a/367200509_158363.
- [3] 张洋,李旺雄,刘晓奇,等.施钾量对设施基质栽培番茄生长及其产量和品质的影响[J].西北植物学报,2021,41(10):1725-1735.
- [4] 孙晓,姜学玲,崔玉明,等.有机肥替代对设施番茄产量、品质与土壤性质的影响[J].中国瓜菜,2021,34(4):46-52.
- [5] 张丽丽,李继蕊,毕焕改,等.不同土壤pH和磷水平下黄腐酸对番茄产量和根际土壤微生物的影响[J].中国蔬菜,2021(11):45-52.
- [6] 孙洪仁,曹影,刘琳,等.“养分平衡:地力差减法”确定适宜施肥量的新应用公式[J].黑龙江畜牧兽医,2014(7):1-4.
- [7] 梁涛.基于土壤基础地力的施肥推荐研究[D].重庆:西南大学,2017.
- [8] 周尚智,代勇,姚明英.地力差减法在黄黏泥土玉米推荐施肥中的应用研究[J].贵州农业科学,2003,31(6):34-36.
- [9] 王荣萍,余炜敏,李淑仪,等.华南地区主要蔬菜氮肥肥料利用率研究[J].中国农学通报,2016,32(25):34-39.
- [10] 卢家柱,赵贵宾,颀建明,等.不同施氮量对茄子产量、品质及肥料利用率的影响[J].华北农学报,2016,31(3):205-211.
- [11] 梁静,王丽英,陈清,等.我国设施番茄氮肥施用量现状及利用率、产量影响和地力贡献率分析评价[J].中国蔬菜,2015(10):16-21.
- [12] 李晨,郭月萍,李婵,等.钾肥用量对温室番茄产量及品质的影响[J].中国瓜菜,2019,32(3):43-46.
- [13] 王丹丹,李燕,张庆银,等.基于“3414”试验的番茄产量、品质及土壤理化性质的研究[J].中国瓜菜,2022,35(5):62-67.
- [14] 山楠,串丽敏,李明悦,等.养分专家系统推荐施肥在番茄上的应用效果[J].中国瓜菜,2022,35(4):45-50.
- [15] 程智慧.蔬菜栽培学各论[M].北京:科学出版社,2010.
- [16] 吕月亭.用“地力差减法”计算肥料施用量[J].河北农业科技,1998(6):19.
- [17] 唐宇,包慧芳,詹发强,等.化肥减施条件下配施生物有机肥对番茄生长及品质的影响[J].新疆农业科学,2019,56(5):841-854.
- [18] 王金凤,徐明泽,高丽,等.测土配方施肥对夏玉米产量及肥料利用率的影响[J].安徽农学通报,2022,28(10):99-101.
- [19] 郑利芳,吴三鼎,党廷辉.不同施肥模式对春玉米产量、水分利用效率及硝态氮残留的影响[J].水土保持学报,2019,33(4):221-227.
- [20] 史桂芳,董浩,于淑慧,等.缓控释肥施用方式对夏玉米产量、肥料利用率及经济效益的影响[J].山东农业科学,2021,53(8):80-84.