

基于土壤无机氮储量的加工番茄氮肥追施管理技术研究

李美宁^{1,2}, 危常州^{1,2}, 朱齐超^{1,2}, 朱金龙^{1,2}

(1. 石河子大学 农学院, 新疆 石河子 832003; 2. 新疆生产建设兵团 绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘 要:通过田间试验研究了膜下滴灌条件下传统施肥模式、基于土壤无机氮储量(Nmin)的氮素管理模式对加工番茄干物质积累、氮素吸收及产量品质的影响。结果表明:施氮可以显著促进加工番茄的生长和氮素的吸收;加工番茄干物质快速累积的时间出现在出苗后 58~80 d。加工番茄对干物质分配中心与氮素吸收分配中心一致。基于土壤 Nmin 的氮素管理在加工番茄整个生育期施氮 225 kg/hm²,与传统施肥(300 kg/hm²)相比,节氮 25%,氮肥利用率提高了 27.36%,但二者产量和品质差异不显著。

关键词:加工番茄;土壤无机氮储量(Nmin);氮素吸收;氮肥利用率;产量品质

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)10-0158-05

新疆光热资源丰富,昼夜温差大,气候干燥,有利于红色素和干物质的形成,非常适宜番茄生长,国际公认品质优于美国、意大利等主产国,是最适宜种植番茄的少数地区之一^[1]。氮是所有必需营养元素中限制植物生长和形成产量的首要因素,它对农产品品质也有明显影响。近年来加工番茄已经成为新疆第二大支柱产业^[2],由于盲目追求产量,施肥不科学,管理措施不到位,偏施化肥现象比较普遍,肥料过剩,N、P、K 配比失调,不仅不利于增加产量,而且严重影响番茄品质。尤其是氮肥的不合理施用,造成许多负面影响。

1982 年,Wehrmann 等^[3]提出利用测定土壤无机氮储量(Nmin)确定氮肥用量的方法。1986 年 Greenwood^[4]将此法应用于多种作物的氮肥推荐,取得很好的效果。国内在 20 世纪 80 年代对 Nmin 方法在小麦、玉米氮肥推荐上进行过一些研究,认为小麦采用 0~80 cm 土壤深度,玉米采用 0~100 cm 土壤深度,根据土壤无机氮储量进行作物氮素管理可以优化氮肥施用量且增产作用显著的效果^[5-6]。陈新平等^[7]、Cui 等^[8]近年来在大量田间试验的基础之上,建立了利用土壤无机氮测试技术进行冬小麦氮肥推荐的方法。张宏彦等^[9]、陈世勇等^[10]分别对花椰菜、青贮玉米农田土壤 Nmin 诊断和推荐施肥进行了研究,提出优化氮素管理的措施。但加工番茄氮素实时管理技术研究在国内的报道很少。为此,该研究采

用田间试验开展基于 Nmin 进行氮肥追肥管理技术的研究,以期新疆加工番茄的高产优质、氮肥合理施用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2011~2012 年在石河子大学农学院试验站大田进行。土壤质地为中壤土,有机质 17.3 g/kg,全氮 0.7 g/kg,碱解氮 81.9 mg/kg,速效磷 18.4 mg/kg,速效钾 155.5 mg/kg。

1.2 试验材料

供试番茄品种为“石红九号”(Lycopersicon esculentum Mill ‘Shihongjiuhao’),采用一膜两行种植模式,行距配置为 40 cm+68 cm,株距 40 cm。田间管理与当地常规管理相同,即 3~4 片真叶时定苗,定苗后及时中耕,果实成熟后分次采摘,灌溉方式为滴灌,依据传统灌溉方式,全生育期灌水 8 次,总灌溉量为 3 900 m³/hm²。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验设计 3 种氮肥管理模式,包括(1)不施氮肥处理(CK);(2)传统施肥(CF):施 N 量 300 kg/hm²,其中基肥占 30%,其余作追肥;(3)基于土壤 Nmin 的氮肥管理(Nmin):根据土壤 Nmin 测试值结合加工番茄目标产量需氮量推荐各阶段氮肥追肥量,基肥施用 60 kg/hm²,以满足加工番茄苗期生长需要。每个处理重复 3 次,磷钾肥在各处理中用量相同,施肥量分别为 P₂O₅ 135 kg/hm²、K₂O 135 kg/hm²。田间随机区组排列。不同处理氮肥施用日期和施用量详见表 1。

1.3.2 样品采集与分析 土壤 Nmin:生育期每次灌水前用土钻取 0~60 cm 土样,每 20 cm 一层,取后立即冷冻保存。将土壤样品充分混匀过 2 mm 筛,用 2 mol/L KCl 浸提,铜镉还原法测定 NO₃-N 含量^[11],并根据土壤

第一作者简介:李美宁(1986-),女,硕士,研究方向为农作物最佳养分管理。E-mail:meiningli@163.com

责任作者:危常州(1966-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为新型肥料与现代施肥技术及绿洲农业资源与高效利用。E-mail:changzhouwei@vip.126.com

基金项目:国家农业部行业公益性专项资助项目(201103003)。

收稿日期:2012-12-13

容重换算成单位面积氮素储量。同时取样测定各土层土壤含水量。每层土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 储量 ($\text{Nmin}(i)$) = $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/kg) \times 土壤容重 (kg/m^3) $\times 0.2 \text{ m} \times 10\,000 \text{ m}^2$,

$$\text{Nmin} = \sum_{i=1}^3 \text{Nmin}(i).$$

表 1 氮肥用量及分配

处理	N 基肥	日期 Date/M-D							N 追肥	N 总量
Treatment	Basial N	6-3	6-16	6-29	7-11	7-23	7-30	8-7	N addition	Total N
CK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CF	90	31.5	37.8	42	25.2	31.5	25.2	16.8	210	300
Nmin	60	根据加工番茄阶段性氮素吸收量和土壤 Nmin 实时推荐								

1.3.3 基于 Nmin 进行氮素管理的方法 在作物生长期,是否需要追施氮肥,取决于作物目标产量下的吸氮量、当时作物的吸氮量,以及此次追肥前土壤供氮量。如果作物阶段吸收的氮素超过目标产量下的养分吸收量,则不需要追施氮肥,反之如果作物阶段氮素吸收量小于土壤供氮量,则需要追施氮肥。定量过程如下:设该次追肥时间为 T_1 ,下次追肥时间为 T_2 ;目标产量下, T_1 时刻的吸氮量为 N_1 , T_2 时刻的吸氮量为 N_2 ; T_1 时刻作物的实际 N 吸收量为 Nr ; K 为校正系数,是一个类似于氮肥利用率的参数,由于该研究在滴灌条件下进行,因此该研究假定 K 为 0.5,接近氮肥在滴灌条件下的利用率。在设定目标产量下,为了在 t 时段内“最佳”的满足作物对氮素的需求,需要追肥量 Nt 为: $(N_2 - N_1) + (N_1 - Nr) = (Nt + \text{Nmin}) \times K$, $Nt = (N_2 - Nr) / K - \text{Nmin}$ 。一定目标产量下,加工番茄的氮素养分吸收量的时间动态符合 Logistic 曲线,该研究设定目标产量为 120 t/hm^2 ,在此产量目标下,氮素吸收的 Logistic 时间动态曲线为: $y = 274.25 / (1 + e^{7.6464 - 0.1135t})$ [12-13]。利用该曲线,可以计算不同时段加工番茄的 N_2 值。 Nr 通过田间植物取样结合室内分析获得, Nmin 通过田间取样分析获得。根据加工番茄的养分需求特点,推荐施肥的原则是前期实际用量比计算值稍大,中期基本相等,后期比计算值小。各时段氮肥具体推荐施肥情况如表 2。

表 2 氮肥追肥时间及氮肥推荐量

追肥日期	氮素吸收量 (N_2)	土壤 Nmin	氮肥追肥计算量	氮肥实际推荐量
Top-dressing date/M-D	N stage absorption	Soil Nmin	N top-dressing	N recommendation
6-3	10.54	120.30	-55.50	0.00
6-16	40.80	145.20	37.50	45.00
6-29	118.80	95.40	93.00	97.50
7-11	205.40	118.65	13.65	22.50
7-23	252.57	127.35	-88.80	0.00
7-30	264.01	133.80	-121.80	0.00
8-7	270.02	112.95		

1.4 项目测定

植株生物量和氮素含量的测定:在加工番茄的苗

期、初花期、盛花期、初果期、盛果期、盛果后期、成熟期,采取地上部分植株样,并将其茎、叶、果分开取样,测定鲜重, 105°C 杀青, 75°C 烘干,称重法测定其干物质积累量,然后将样品粉碎、过筛,分别分析测定样品中的氮的含量。样品采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,奈氏比色法测定植株全氮 [14]。加工番茄品质的测定:加工番茄成熟后,每个小区选取 10 个番茄果实,测定番茄的品质。番茄红素、可溶性固形物分别采用紫外可见分光光度法(国标法) [15]、手持折光仪测定,总酸、还原糖、维生素 C 分别采用酸碱滴定法、铜还原-直接滴定法、2,6-二氯酚法 [14]。产量测定:提前划定测产区,在加工番茄成熟期,分次采摘成熟果实,称重并计数,计算产量。氮肥利用率 (%) = (施氮区地上部的吸氮量 - 对照区地上部的吸氮量) / 施氮量;氮肥生理利用率 (kg/kg) = (施氮区的产量 - 对照区的产量) / 吸氮量;氮肥农学利用率 (kg/kg) = (施氮区的产量 - 对照区的产量) / 施氮量;氮肥偏生产力 (kg/kg) = 施氮区产量 / 施氮量 [16];氮收获指数 (%) = 子粒中氮量 / 植株氮素累积量 [17]。

1.5 数据分析

数据采用 Excel 和 SPSS 17.0 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮素管理模式下的施氮量

由表 1、2 可知, Nmin 管理模式的总施氮量由传统施氮量的 300 kg/hm^2 降低到 225 kg/hm^2 ,减少了 25%。原因是氮素基础肥力较高,播前土壤 Nmin 已达到了 117.8 kg/hm^2 ,导致 Nmin 管理模式前期氮素推荐施用量为 0 kg/hm^2 的主要原因。与传统施肥相比, Nmin 推荐施肥中氮肥追施的时间集中在加工番茄初果期前后,这主要与加工番茄不同生育期对氮素的吸收特征有关。可见,通过监测土壤硝态氮含量可以达到氮肥施用量、施用时期与作物的需要量同步的结果,在土壤氮素基础肥力较高的情况下,减少了氮素的过量投放。

2.2 不同氮素管理模式对加工番茄干物质积累和分配的影响

2.2.1 不同氮素管理模式对加工番茄干物质积累的影响 各处理加工番茄干物质积累过程的总趋势一致,即随着生育期的进展干物质积累量逐渐增加。其中,苗期到初花期积累缓慢,从初果期到盛果期增长迅速,盛果期之后增长又趋于缓慢。用 Logistic 生长函数对不同氮素管理模式的加工番茄干物质积累进行拟合,决定系数可达到 $0.97 \sim 0.98$,其 Logistic 模型及其特征值见表 3。各处理加工番茄总干物质积累动态呈“S”型增长,由表 3 可以看出,加工番茄干物质快速积累的时间出现在出苗后 $58 \sim 80 \text{ d}$,即加工番茄在初果期到盛果期这段时间是养分快速积累时期,在这一时期应注意各种养分的及时供应,保证各种营养元素平衡充足,为加工番茄优质高产、养分高效创造条件。CF 处理和 Nmin 处理的旺盛生

长期 Δt 比CK长1d左右,说明施氮可以延长干物质进入快速积累的时间 t_1 和干物质快速累积的时间 Δt 。

表3 干物质积累的 Logistic 模型及其特征值

Table 3 The Logistic equation and its features of dry matter accumulation

处理 Treatments	方程 Equation	t_0 /d	t_1 /d	t_2 /d	Δt /d	R^2
CK	$y=9\ 360.81/(1+e^{8.6046-0.1288t})$	66.8	56.6	77.0	20.4	0.9805
CF	$y=13\ 375.06/(1+e^{8.5453-0.1236t})$	69.1	58.5	79.8	21.3	0.9750
Nmin	$y=13\ 249.55/(1+e^{8.4277-0.1203t})$	70.1	59.1	81.0	21.9	0.9762

注: t 为番茄出苗后的天数(d), y 为番茄干物质积累量(kg/hm^2), t_0 为干物质积累速率最大时刻, t_1 和 t_2 分别为 Logistic 生长函数的 2 个拐点, Δt 称时间特征值, $\Delta t=t_2-t_1$ 。

Note: t is the days after tomato emergence (d), y is the accumulation of dry matter (kg/hm^2), t_0 is the time when dry matter accumulates most quickly, t_1 and t_2 are the two turn order of Logistic equation, Δt is 'special character of time', $\Delta t=t_2-t_1$ 。

2.2.2 不同氮素管理模式对加工番茄干物质分配的影响 施氮对加工番茄干物质分配动态为:叶的干物质百分比随着生育期的推进而逐渐降低,由苗期的 70.60%~71.45%降低到盛果后期的 22.49%~23.25%;茎所占干物质百分比由苗期的 28.66%~29.44%逐渐增大,初果期达到最大为 39.36%~41.14%,初果期后逐渐降低;果实的干物质百分比由初果期的 10.31%~13.09%增加到盛果后期的 56.97%~58.04%(图 1)。苗期是加工番茄的营养生长时期,各处理分配到叶中的干物质达到 50%以上,初花期至盛花期是加工番茄营养生长与生殖生长的并进时期,这一时期干物质的分配仍以营养器官为中心,各处理分配到叶中的干物质达到 60%以上,分配到茎中的干物质达到 40%。苗期到盛花期,CF、Nmin 处理和 CK 处理干物质积累量差异不显著,这主要由于土壤基础肥力较高,土壤中供给的氮已经满足加工番茄生长的需要。初果期到盛果后期,营养生长衰退,生殖生长旺盛,主要增加果

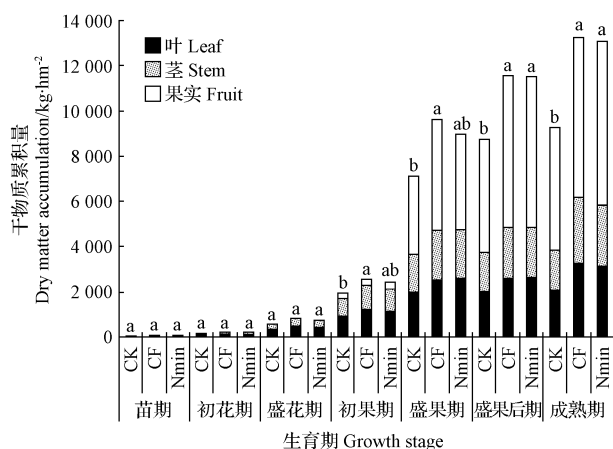


图1 不同氮素管理模式各器官干物质分配

Fig. 1 The distribution of dry matter in each organ under different N managements

实干物质积累量,施氮处理果实干物质质量大于 CK 处理。在加工番茄整个生育期,Nmin 和 CF 处理果实干物质积累量差异不显著,都显著高于 CK 处理,说明施氮可以促进养分在果实中的吸收和积累。

2.3 不同氮素管理模式对加工番茄氮素积累和分配的影响

2.3.1 不同氮素管理模式对加工番茄氮素积累的影响

加工番茄植株内氮素含量,随生育期的延长总体呈“S”型增长,到成熟期达最大,符合 Logistic 方程,其拟合方程和方程特征值如表 4。由表 4 可知,不同处理加工番茄氮素最大积累速率出现的时间 t_0 不同,施氮处理比 CK 推迟了 4~5 d,其中 CF 和 Nmin 处理分别比 CK 推迟了 4.5 和 5.1 d。施氮增加了氮素快速积累时间 Δt ,CF 和 Nmin 处理间 Δt 差别很小,但与 CK 相比延长了 2.5 d。加工番茄前期对氮素的积累十分缓慢,且各处理氮素积累吸收量差异不大。初花期前,不同处理条件下加工番茄植株对氮素累积吸收量不到成熟期总累积量的 5%,施氮在此阶段对促进氮素吸收作用不明显。从初果期到盛果期的逾 20 d 是氮素的快速累积时期(Δt),各处理氮素的累积吸收量分别为 CK 96.49 kg/hm^2 、CF 161.36 kg/hm^2 、Nmin 158.31 kg/hm^2 ,分别占总生育期吸氮量的 58.19%、58.58%和 58.53%。盛果期之后,氮素的吸收速率开始降低。

表4 氮素积累的 Logistic 模型及其特征值

Table 4 The Logistic equation and its features of N accumulation

处理 Treatments	方程 Equation	t_0 /d	t_1 /d	t_2 /d	Δt /d	R^2
CK	$y=167.25/(1+e^{7.8849-0.1265t})$	62.3	51.9	72.7	20.8	0.9342
CF	$y=279.19/(1+e^{7.5565-0.1132t})$	66.8	55.1	78.4	23.3	0.9654
Nmin	$y=274.25/(1+e^{7.6464-0.1135t})$	67.4	55.8	79.0	23.2	0.9703

注: t 为番茄出苗后的天数(d), y 为番茄氮素积累量(kg/hm^2); t_0 为氮素积累速率最大时刻, t_1 和 t_2 分别为 Logistic 生长函数的 2 个拐点, Δt 称时间特征值, $\Delta t=t_2-t_1$ 。

Note: t is the days after tomato emergence (d), y is the accumulation of nitrogen (kg/hm^2), t_0 is the time when nitrogen accumulates most quickly, t_1 and t_2 are the two turn order of Logistic equation, Δt is 'special character of time', $\Delta t=t_2-t_1$ 。

2.3.2 不同氮素管理模式对加工番茄氮素分配的影响 随着植株的生长,加工番茄叶片中氮素含量逐渐降低,由苗期的 76.02%~78.11%降低到成熟期的 24.26%~25.32%;茎中的氮素含量由苗期的 21.89%~23.98%增加到盛花期的 29.01%~33.40%,随后又逐渐降低;果实中的氮素含量一直在增加,由初果期的 9.61%~13.99%增加到成熟期的 62.36%~66.12%(图 2)。由图 2 可知,在加工番茄的整个生育过程中,Nmin 处理和 CF 处理氮素在各器官的分配都高于 CK 处理,说明施氮可以促进氮素的累积吸收;Nmin 处理和 CF 处理在加工番茄的各个生育期氮素在各器官的吸收分配差异较小,这主要由于 Nmin 推荐施肥的时间是初果期和盛果期之间,这一时期是加工番茄吸收氮素的高峰期。

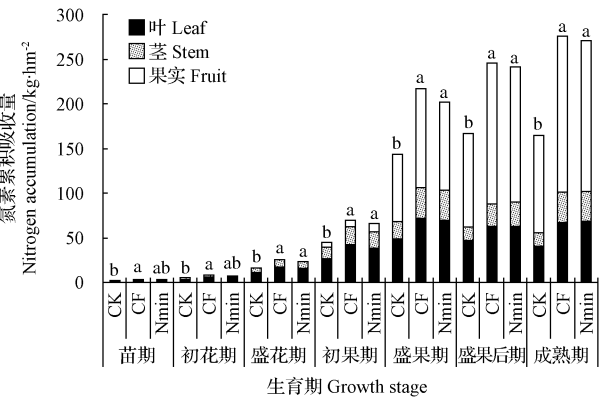


图2 不同氮素管理模式各器官中氮的分配
Fig. 2 The distribution of N in each organ under different N managements

2.4 不同氮素管理模式对加工番茄产量和氮肥效率的影响

2.4.1 不同氮素管理模式对加工番茄产量的影响

表5 不同氮素管理模式加工番茄产量
Table 5 Tomato yield under different N managements

处理	株数	单株果枝数	单枝果枝果数	单株果数	单果重	产量
Treatment	Number of tomato/株·hm ⁻²	Fruit branch number/个	Single branch fruit number/个	Fruit number/个	Fruit weight/g	Yield/kg·hm ⁻²
CK	48 790±535a	2.87±0.12b	8.21±1.08a	25.20±4.16b	53.77±3.54b	54 930±3 580b
CF	46 628±1 415a	4.53±0.12a	9.69±0.61a	44.93±4.12a	58.15±3.17b	112 931±5 802a
Nmin	45 084±535a	4.53±0.12a	8.37±0.73a	36.80±6.21a	75.32±5.61a	117 283±10 641a

注:不同小写字母代表处理间差异达显著水平(P<0.05)。下同。
Note: Different lowercase letters mean significant difference among different treatments (P<0.05). The same below.

表6 不同氮素管理模式氮肥效率
Table 6 N efficiency under different N managements

处理	氮肥利用率	农学利用率	生理利用率	偏生产力	氮素收获指数
Treatment	N use efficiency/%	Agronomic use efficiency/kg·kg ⁻¹	Photosynthetic efficiency/kg·kg ⁻¹	Partial factor productivity/kg·kg ⁻¹	N harvest index
CK	—	—	—	—	66.12a
CF	36.95	5.52	6.02	23.65	63.21a
Nmin	47.06*	7.45	6.61	32.11*	62.36a

2.5 不同氮素管理模式对加工番茄品质的影响

由表7可以看出,与CK相比,CF处理下加工番茄中总酸、还原糖、番茄红素含量增加,维生素C的含量却

有所降低,而可溶性固形物含量差异较小。Nmin处理和CF处理的各项品质指标差异不显著,但维生素C含量、糖酸比较CF处理稍高,番茄红素的含量稍有下降。

由表5可知,基于Nmin和CF管理与目标产量相比,均略低于目标产量,其中Nmin处理产量为117.3 t/hm²,比CF处理产量高4.4 t/hm²,二者均显著高于CK处理,增产率均达105%以上。与CK处理相比,CK处理的单株果枝数增加1.66个,单枝果枝果数增加0.16~1.48个,单株果数增加11.60~19.73个,单果重增加4.38~21.55 g,说明施氮可以增加单株果枝数、单株果数和单果重,但对单枝果枝果数影响较小。Nmin处理的单果重显著高于CF处理,表明Nmin处理的高产主要通过增加单果重来实现。

2.4.2 不同氮素管理模式对氮肥效率的影响

由表6可见,与CF处理相比,Nmin推荐施肥处理能显著提高氮肥利用率和氮肥偏生产力,氮肥利用率由36.95%提高到47.06%,提高了27.36%,氮肥的偏生产力由23.65%提高到32.11%;农学利用率和生理利用率分别提高了4.96%、12.98%,但差异不显著;Nmin处理和CF处理的氮素收获指数相差很小,都低于CK处理。

表7 不同氮素管理模式加工番茄品质
Table 7 Quality of tomato under different N managements

处理	总酸	还原糖	维生素C含量	糖酸比	可溶性固形物	番茄红素
Treatments	Total acid/%	Reducing sugar/%	/mg·(100g) ⁻¹	Sugar acid ratio	Total soluble substance/%	Lycopene/mg·(100g) ⁻¹
CK	0.26±0.03b	2.54±0.16b	18.53±1.45a	9.77±0.79a	5.43±0.29a	10.64±1.03b
CF	0.37±0.07a	3.92±0.35a	15.56±1.31b	10.51±1.68a	5.87±0.65a	13.93±2.00a
Nmin	0.32±0.02ab	3.64±0.21a	15.90±1.28ab	11.53±1.22a	5.31±0.58a	11.63±0.61ab

3 讨论

Nmin推荐施肥在玉米、小麦中研究较多,在加工番茄中研究较少。王西娜等^[18]在黄土高原对夏玉米的研究表明,播前0~200 cm土层无机氮达到174 kg/hm²,几乎与收获期植株的吸氮量一样,过量施氮不仅没有明显的增产效果,反而使大量肥料氮素残留在土壤中。Krusekopf等^[19]在加利福尼亚中央谷对加工番茄的研究

表明,当氮肥施用量大于120 kg/hm²时,随着氮肥施用量的增加,加工番茄产量增加很少。该试验条件下,加工番茄播前0~60 cm土层硝态氮在118 kg/hm²,如果不考虑土壤的残留氮,盲目过量施用氮肥则会造成氮肥利用率不高、土壤矿质氮大量盈余和累积。传统施肥氮肥施用量是300 kg/hm²,其中基肥占氮肥总量的30%,追肥在每次灌水时随滴灌施入,但每次追肥量不超过氮

肥总量的 15%;而基于 Nmin 的氮素管理模式氮肥施用量是 225 kg/hm²,其中基肥占氮肥用量的 26.67%,追肥 3 次,其中初果期追肥量最大,达到氮肥总量的 43.33%,既满足了加工番茄不同生育时期对氮素的需求,又避免了一次氮肥用量过大而造成的硝态氮累积和损失。

该研究认为,氮肥用量过高、运筹不当、养分供应不同步是氮素利用率低的主要原因^[20]。该研究中 Nmin 推荐施肥和传统施肥相比,氮肥施用量减少了 25%,但氮肥利用率提高了 27.36%,说明基于 Nmin 进行氮素管理在加工番茄生产中有很好的应用前景。该研究应用氮素实时管理,虽然加工番茄产量达到 117 283 kg/hm²,各项品质指标差异不显著,达到了优质高产水平,但与农民习惯施肥相比,加工番茄产量仅增加 3.85%,番茄红素含量稍有下降,在以后的研究中还需要把氮素实时管理与栽培管理更紧密地结合,在提高养分资源利用效率的同时,改善加工番茄品质,实现加工番茄产量更大幅度的提高。

该研究基于 Nmin 的氮素管理模式进行氮肥追肥推荐时假定氮肥的利用率为 50%,实际测定基于 Nmin 的氮素管理模式氮肥的实际利用率为 47.06%,和预设值相差很小。土壤氮素储量由播前的 118 kg/hm²降低到收获后的 69 kg/hm²,说明 Nmin 推荐施肥对土壤氮素有一定消耗,因此在低肥力土壤上则要考虑适度调高施氮量。

参考文献

- [1] 庞胜群,王祯丽,张润,等.新疆加工番茄产业现状及发展前景[J].中国蔬菜,2005(2):39-41.
- [2] 彭秀丽,张杰克.新疆加工番茄产业发展探讨[J].中国工程咨询,2004(5):21-22.
- [3] Wehrmann J, Scharpf H C, Boehmer M, et al. Determination of nitrogen fertilizer requirements by nitrate analysis of the soil and of the plant[A]. In: Boehmer M. Plant Nutrition 9th International Colloquium on Plant Nutrition [C]. 1982:202-208.

- [4] Greenwood D J. Prediction of nitrogen fertilizer needs of arable crops [J]. Advances in Plant Nutrition, 1986(2):1-61.
- [5] 陈新平,李志宏.土壤植株快速测试推荐施肥技术体系的建立与应用[J].土壤肥料,1999(2):6-10.
- [6] 邵则瑶.作物根层(0~100 cm)土壤剖面无机氮研究报告之二,Nmin 含量与小麦产量的关系[J].北京农业大学学报,1989,15(3):285-290.
- [7] 陈新平,周金池,王兴仁,等.应用土壤无机氮测试进行冬小麦氮肥推荐的研究[J].土壤肥料,1997(5):19-21.
- [8] Cui Z L, Zhang F S, Chen X P, et al. On-farm evaluation of an in-season nitrogen management strategy based on soil Nmin test [J]. Field Crops Research, 2008, 105(1):48-55.
- [9] 张宏彦,陈清,李晓林,等.花椰菜氮肥推荐[J].植物营养与肥料学报,2003,9(3):342-347.
- [10] 陈世勇,谭庆军,赵荣芳,等.应用土壤无机氮测试优化青贮玉米氮素管理(简报)[J].草业学报,2008,17(3):156-161.
- [11] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [12] 李艳,王进,危常州,等.基于数字图像分析监测不同氮肥处理下加工番茄生长状况的初步研究[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):139-143.
- [13] 王进,田雨萍,褚贵新,等.干旱区覆膜滴灌条件下氮磷钾肥配施对加工番茄产量及光合特性的影响[J].北方园艺,2006(4):7-10.
- [14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [15] 胡晓波,温辉梁,许全,等.番茄红素含量测定[J].食品科学,2005,26(9):566-569.
- [16] 郭金强,危常州,侯振安,等.施氮量对膜下滴灌棉花氮素吸收,积累及其产量的影响[J].新疆农业科学,2008,45(4):691-694.
- [17] 战秀梅,李亭亭,韩晓日,等.不同施肥方式对春玉米产量,效益及氮素吸收和利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(4):861-868.
- [18] 王西娜,王朝辉,李生秀.施氮量对夏季玉米产量及土壤水氮动态的影响[J].生态学报,2007,27(1):197-204.
- [19] Krusekopf H H, Mitchell J P, Hartz T K, et al. Pre-sidedress soil nitrate testing identifies processing tomato fields not requiring sidedress N fertilizer [J]. Hort Science, 2002, 37(3):520-524.
- [20] Hernan R, Sainz R, Hernan E, et al. Nitrogen balance as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize[J]. Agronomy Journal, 2004, 96(6):1622-1631.

Study on Processing Tomato Nitrogen Fertilizer Topdressing Management Technology Based on Nmin

LI Mei-ning^{1,2}, WEI Chang-zhou^{1,2}, ZHU Qi-chao^{1,2}, ZHU Jin-long^{1,2}

(1. College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003; 2. Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi, Xinjiang 832003)

Abstract: The accumulation of tomato dry matter, N uptake and utilization, yield and quality in different N fertilization management were studied under field experiment with drip irrigation. Fertilization methods included conventional N management strategy, N recommendation based on soil Nmin test. The results showed that N fertilizer application increased the growth of tomato and nitrogen uptake. The fastest dry matter accumulation period occurred in 58~80 d after seedling emergence. The dry matter distribution center was in accordance with N uptake. There was no significant difference in the tomato yield and quality between N management based on Nmin conventional treatment, but compared with the conventional treatment (N 300 kg/hm²), the nitrogen management based on Nmin (N 225 kg/hm²) saved 25% N application, increased 27.36% N use efficiency.

Key words: processing tomato; soil Nmin; nitrogen uptake; nitrogen use efficiency; yield and quality