

日光温室越冬长茬番茄植株养分 累积与分配特征

高杰云, 熊静, 陈清

(中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193)

摘要:以日光温室越冬长茬番茄为试材,采用定点监测田间试验的方法,研究了番茄生育期干物质、养分吸收累积规律、单个果穗与干物质增量的关系和阶段养分吸收量及比例,以期为越冬长茬番茄合理施肥提供参考。结果表明:越冬长茬番茄养分吸收累积呈逐渐累积态势,整个生育期养分吸收量(N-P-K-Ca-Mg)为 35、12、62、33、18 g·株⁻¹,番茄坐果后植株地上部干物质以平均 52%的比例分配到果实中;关键养分需肥期维持在定植后 90~270 d 内;在第 4、5 穗果、第 5、6 穗果间,果实的干物质增量出现最低峰值,分别为 2.8、0.8 g·株⁻¹,此阶段的低温影响了番茄的生长。

关键词:日光温室;越冬长茬;番茄;养分积累;施肥分配

中图分类号:S 641.226.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)16-0080-05

番茄作为设施栽培中主要的茄果类蔬菜,具有产量高、采收期长的特点^[1]。在北京郊区,日光温室越冬长茬番茄的高收益推动了传统的一年两茬种植模式向越冬周年长季节栽培模式转变。越冬长季节番茄栽培模式属于周年生产,生育期长,变化性大,番茄的生长发育及干物质、养分吸收累积受环境条件特别是温度的影响较大^[2-3],为实现越冬长茬番茄的优质高效生产,科学的养分管理尤为重要。

实现养分优化管理、水肥一体化的关键原则为“养分总量控制、根据作物需求实现少量多次分配”,该原则需要作物养分需求规律作指导。越冬长茬具有果穗数多、生长期长的特点,需要多次灌

溉施肥,因此在施肥推荐上应该根据越冬长茬番茄的目标产量确定氮磷钾养分需求总量;在控制有机肥投入量的基础上,结合土壤养分供应分级,确定氮磷钾追肥养分数量;参考作物养分吸收和阶段需求比例,选择适合番茄生育期的阶段追肥配方,并配合灌溉制度制订整个生育期的肥料分配方案^[4]。番茄的养分累积与分配特征直接反映了其整个生育期营养需求的动态规律,明确作物整个生育期干物质累积与叶片、果穗之间的物质分配关系及养分吸收规律是合理进行优化施肥的前提。目前有关京郊越冬长茬体系下番茄的生长、干物质累积及养分吸收分配等方面研究资料很少,难以实现养分管理与番茄需肥特征的有机结合。同时,近年来北京开展了设施番茄种植创高产活动,探明京郊越冬长季节栽培番茄干物质及养分累积与分配特征对合理施肥意义重大。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012 年 9 月至 2013 年 7 月在北京市

第一作者简介:高杰云(1991-),女,硕士研究生,研究方向为蔬菜养分管理。E-mail:jiyunluck@sina.com.

责任作者:陈清(1968-),男,博士,教授,现主要从事经济作物养分管理与废弃物资源化利用等研究工作。E-mail:qchen@cau.edu.cn.

基金项目:北京市果类蔬菜产业创新团队资助项目(BAIC201601)。

收稿日期:2017-05-10

大兴区礼贤镇东段家务村的日光温室进行,温室为水泥柱和钢架结构。该地区属于大陆季风气候,年均气温和降雨量分别为 11.6 °C 和 556 mm。供试土壤(0~30 cm 土层)有机质含量 6.8 g·kg⁻¹、无机氮 128 mg·kg⁻¹、速效磷 197 mg·kg⁻¹、速效钾 462 mg·kg⁻¹、EC 值 401 μS·cm⁻¹、pH 7.49。

1.2 试验材料

供试嫁接红果型番茄品种为“迪安娜”,由圣尼斯种业公司生产,砧木为“双抗 1 号”。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

番茄苗于 2012 年 9 月 16 日定植,定植前施入腐熟鸡粪 30 m³、秸秆 4 t、适量菌剂。供试温室棚龄为 4 年,种植面积为 667 m²,株间距 35 cm,种植密度为 4.2 株·m⁻²。采用单干整枝方法进行管理,滴灌方式进行灌溉施肥,每次水肥同时供应。考虑作物需求及环境因素,12 月之前及翌年 3—6 月灌溉施肥频率为 7~10 d 一次,12 月至翌年 2 月为 15~20 d 一次。每次灌溉量为 120~150 mm·hm⁻²,水溶肥(N-P₂O₅-K₂O 为 18-5-27)每次施用量为 75~150 kg·hm⁻²。整个生育期共施用水溶肥 3.6 t·hm⁻²,N、P、K 总养分投入量分别为 648、180、972 kg·hm⁻²。施肥灌溉总次数为 22 次。

1.3.2 样品采集与处理

分别在番茄定植期(9 月 17 日)、坐果期(10 月 17 日)、果实膨大期(11 月 14 日)、采收初期(1 月 17 日)、采收中期(2 月 10 日)和采收末期(5 月 25 日)取样。每次随机采集 3 株长势均匀的植株,并将其分为茎、叶(包括打掉的老叶)、花果(包括采收的果实)、根(0~30 cm 土壤内番茄的主要根系)分别进行处理。

1.4 项目测定

1.4.1 干物质质量的测定

样品采集后用蒸馏水洗涤晾干,随后置于 105 °C 电热鼓风干燥箱中杀青 30 min,于 75 °C 下烘至恒重,称取茎、叶、果实干质量。

定点选取 3 株长势均匀的植株,准确记录每株每穗果生长至成熟的日期及天数,每穗果采收时的单果质量。每株果实干物质累积量按照每次采收时果实干质量进行累加计算。每穗果之间果

实干物质累积增量按照第 n 穗果全部果实干物质质量减去第 $n-1$ 穗果全部果实干物质质量计算。

1.4.2 养分含量的测定

分别测定不同生育期植物各器官的 N、P、K、Ca、Mg 含量。按参考文献[5]的方法,采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,凯氏定氮法测定植株全 N 含量;钒钼黄比色法测定全 P 含量;火焰光度法测定全 K 含量;Ca、Mg 含量采用电感耦合等离子光谱发生仪(ICP)测定。

1.4.3 温室内环境监测

室内装有气象仪(ZDR 系列固态数据记录仪),每隔 10 min 收集一次温室内温度、湿度、地温数据。日平均温度(日温)为一日中 06:00—18:00 采集温度的平均值,夜温为一日中 18:00—05:00 采集温度的平均值。

1.5 数据分析

采用 Excel 2010 软件进行数据处理分析及图表绘制。

2 结果与分析

2.1 越冬茬日光温室气温变化特征

番茄的生长适温为 20~25 °C,当温度低于 10 °C 时生长发育会受阻,低于 5 °C 即停止生长。由图 1 可知,番茄定植后日光温室气温随着生育进程逐渐降低,在 1 月中旬达到最低,为 8 °C 左右,2 月上旬之后均保持在 13 °C 以上。在越冬长茬整个生长季 10 个月之内,达到生长适温的时间

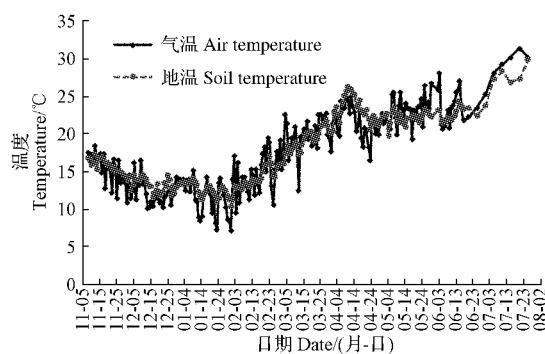


图 1 越冬长茬番茄试验中整个生育期日光温室温度变化

Fig. 1 Dynamic change of temperature during the whole growth period in solar greenhouse

为后4个月。试验点从12月中旬至2月初共出现了4次低温,气温低于10℃为10d左右,平均最低温度为8.6℃,温度条件未达到极大影响番茄生长的水平。

2.2 番茄地上部干物质积累与分配

由表1可知,番茄不同生育阶段干物质向各部位的分配比例存在差异。以植株向果实中分配的干物质比例为例,番茄在坐果期、果实膨大期、采收初期、采收中期和采收末期形成产量的干物质占同期干物质总量的比例分别为9.6%、

45.8%、46.2%、49.0%和53.9%;番茄植株不同部位干物质占同期总干物质的比例随生产季节和番茄生育期不同而变化,越冬茬番茄干物质分配表现为进入结果期,茎、叶部位所占比例下降,果实所占比例上升。番茄进入果实膨大期后,营养生长与生殖生长并进,约50%干物质用于支持生殖生长。干物质是番茄形成产量的关键,在番茄的生长过程中,保持营养生长和生殖生长的适度与平衡是一个关键问题,较大的干物质累积为番茄高产奠定了一定的基础。

表1 越冬长茬番茄不同生育时期地上部干物质积累与分配

Table 1 Aboveground dry matter accumulation and distribution of greenhouse tomato in different growth stage

生育时期 Growth stage /(月-日)	茎 Stem		叶 Leaf		果 Fruit	
	干质量 Dry matter weight	占地上部干质量 Percentage of aboveground dry matter/%	干质量 Dry matter weight	占地上部干质量 Percentage of aboveground dry matter/%	干质量 Dry matter weight	占地上部干质量 Percentage of aboveground dry matter/%
	/(g·株 ⁻¹)		/(g·株 ⁻¹)		/(g·株 ⁻¹)	
苗期 Seedling stage(09-17—10-17)	0.12±0.01	44.4	0.15±0.01	55.6	—	—
开花坐果期 Blooming and setting stage (10-18—11-14)	11.80±0.10	27.0	27.70±0.20	63.4	4.21±0.10	9.6
果实膨大期 Fruit stage(11-15—01-17)	40.70±0.20	24.5	49.70±0.30	29.7	76.80±0.30	45.8
采收初期 Early harvest(01-18—02-10)	52.20±0.30	25.7	57.10±0.20	28.1	93.80±0.50	46.2
采收中期 Middle harvest(02-11—05-25)	79.80±0.10	23.4	94.50±0.10	27.7	167.10±0.60	49.0
采收末期 End harvest(05-26—07-17)	76.60±0.20	20.2	98.60±0.20	25.9	204.80±0.50	53.9

注:表中数据为平均值±标准差。

Note: Data in the Table are average ± standard deviation.

2.3 果穗数与干物质生产的关系

越冬茬番茄整个生育过程中共生产14穗果实,从表2可看出,每增加一穗果实,果实的干物

质累积增量存在差异。在第4、5穗果、第5、6穗果之间,果实的干物质增量出现最低峰值,分别为2.8、0.8 g·株⁻¹,这段时间正处于11月底至翌年

表2 番茄整个生育期果穗数对应果实干物质累积变化

Table 2 Fruit dry matter accumulation of different cluster at different growth stage of tomato in greenhouse

果穗数 No. of cluster	坐果日期 Fruit setting date/(月-日)	收获日期 Harvest date /(月-日)	坐果-收获温度 Temperature of fruit setting-harvest/℃	果实干物质累积 Fruit dry matter accumulation /(g·株 ⁻¹)	果实干物质累积增量 Increment of fruit dry matter accumulation/(g·株 ⁻¹)
第1穗 1 st	11-14	01-17	10.9	38.8	0.0
第2穗 2 nd	11-14	01-24	11.4	46.5	7.7
第3穗 3 rd	11-14	02-01	10.7	63.7	17.2
第4穗 4 th	11-25	02-10	8.7	76.8	13.1
第5穗 5 th	12-17	02-20	8.5	79.6	2.8
第6穗 6 th	01-05	03-13	11.2	80.4	0.8
第7穗 7 th	02-03	03-15	13.6	93.8	13.4
第8穗 8 th	03-23	04-25	20.1	127.2	33.4
第9穗 9 th	04-05	04-28	22.1	144.5	17.3
第10穗 10 th	05-06	05-25	22.6	166.1	21.6
第11穗 11 th	05-06	05-30	22.5	179.1	13.0
第12穗 12 th	05-23	06-04	22.5	192.1	13.0
第13穗 13 th	05-25	06-19	22.4	200.7	8.6
第14穗 14 th	05-25	06-21	21.9	204.8	4.1

2 月底冬季低温阶段,低温影响了番茄根系吸收养分的能力,阻碍了同化物的产生与分配,制约了番茄生殖生长;第 6~12 穗果过程中,环境条件有所改善、水肥供应充足,果实干物质增量开始进入相对较快阶段;12 穗果之后,番茄进入生长后期,已不能较好吸收利用养分等资源,获得同化物的能力减弱,营养生长和生殖生长逐渐停滞。因此,在越冬茬番茄管理过程中,应该根据不同果穗生长阶段温度差异合理调整每次水肥施用的间隔期。

2.4 番茄不同生育时期植株养分吸收累积分配

由图 2 可知,整个生育期 N-P-K-Ca-Mg 养分吸收量分别为 35、12、62、33、18 g·株⁻¹,养分吸收累积量大小顺序为 K>N>Ca>Mg>P。定植前 90 d,养分累积速率上升较快,90~120 d N、Mg、Ca 养分吸收累积速率与之前无较大差异,而 K、P 速率降低,这可能因为此阶段正处冬季低温阶段,低温抑制了养分的吸收;而番茄此时正处于果实膨大期,吸 K 旺盛,故 K 素仍然出现累积快速增长的趋势。270 d 之后,受环境持续高温影响,番茄生长进入衰老期,养分吸收累积出现缓慢增长或者停滞增长。

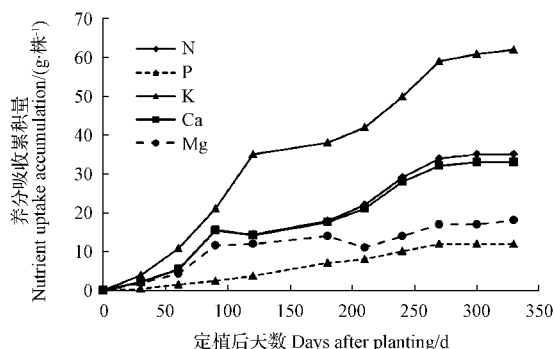


图 2 番茄整个生育期养分吸收累积

Fig. 2 Plant nutrition uptake accumulation in the whole stage of tomato

对越冬茬番茄不同时期不同部位养分含量进行分析发现(表 3),随生育期变化,N 在番茄各部位分配量不同,具体表现为:果实膨大期前以向茎叶分配为主,进入果实膨大期后以向果实分配为主。P、K、Mg 与 N 的分配趋势相同;而 Ca 各个生育期在番茄各部位分配量均表现为叶>茎>果,这与 Ca 通过木质部运输,其分配比例与各个器官蒸腾速率差异有关。

表 3

越冬长茬番茄不同生育时期养分累积及分配

Table 3		Plant nutrition uptake accumulation and distribution of greenhouse tomato in different growth stage										g · 株 ⁻¹ DW				
生育期		茎 Stem					叶 Leaf					果实 Fruit				
Growth stage/(月-日)		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
苗期	Seedling stage(09-17—10-17)	0.54	0.11	1.69	0.51	0.50	1.63	0.33	2.25	1.51	1.39	—	—	—	—	—
开花坐果期	Blooming and setting stage (10-18—11-14)	2.42	0.49	5.29	1.23	2.65	10.10	1.22	11.00	13.70	6.56	2.96	0.73	4.66	0.46	2.30
果实膨大期	Fruit stage(11-15—01-17)	1.44	0.61	7.55	4.40	1.44	6.68	1.22	12.56	7.81	2.88	5.88	1.96	14.89	1.99	7.68
采收初期	Early harvest(01-18—02-10)	1.90	0.61	2.89	4.75	1.68	3.69	0.70	3.29	10.38	3.08	12.30	5.90	31.82	2.46	9.10
采收中期	Middle harvest(02-11—05-25)	3.48	0.43	1.09	7.26	2.55	8.09	1.66	11.43	21.78	3.57	22.40	9.98	48.47	3.96	10.88
采收末期	End harvest(05-26—07-16)	3.67	1.11	0.94	7.59	2.88	7.83	4.06	9.13	21.78	3.78	23.49	6.83	51.90	3.63	11.34

3 结论与讨论

在作物生育期短或追肥次数少的情况下,可根据根层养分供应或者播前土壤无机氮等进行推荐施肥,并且可根据作物生长特征进行合理分配,但对于长生育期频繁多次水肥施用的设施蔬菜来讲,传统上测土推荐施肥意义不大,原因是作物更多依赖于外来养分供给,而不能仅仅靠土壤养分供应^[6-7]。因此越冬长茬设施蔬菜施肥重点应考虑如何与灌溉结合、如何针对作物阶段的数量和比例的需求分配进行。在越冬长季节实际生产过

程中,由于设施番茄种类繁多,目标产量和养分需求量差异较大,菜农经验施肥导致菜田土壤养分差异也较大,因此在实际推荐施肥中,更多的应用“有机肥+水溶肥”模式^[8]。在明确番茄目标产量、养分需求量和土壤肥力水平的前提下和控制有机肥投入量的基础上,氮素依据“氮素目标值总量控制、生育期少量多次施用”进行推荐,磷、钾素依据土壤肥力和作物需求量进行推荐。参考作物氮磷钾养分吸收配比和阶段需求比例,确定番茄阶段追肥配方,并结合番茄穗果数、配合灌溉制度制定整个生育期肥料分配方案,能基本实现肥料

用量、种类和时期的控制,满足番茄多次施肥和水肥一体化的需求,克服以往每次追肥前必须依赖测试土壤有效氮含量的繁琐程序,并且能统筹考虑有机肥及水溶性肥料的选择与施用。朱晋宇^[9]研究表明,地上部越冬茬番茄的分配到果实中的干物质比例为72%,高于该研究中番茄坐果后植株地上部干物质平均以52%的比例分配到果实中的结果,可能是因为前者的研究中越冬茬的生育期为205 d,而该研究中越冬茬的生育期为329 d,与其生长后期的高温有关。该研究中越冬长茬番茄养分吸收累积呈现逐渐累积态势,整个生育期养分吸收量(N-P-K-Ca-Mg)为35、12、62、33、18 g·株⁻¹。N、P、K、Ca、Mg在番茄各器官分配量不同,N、P、K、Mg均表现为果实膨大期前以向茎叶分配为主,进入果实膨大期后以向果实分配为主,Ca各个生育期在番茄各部位分配量均表现为叶>茎>果。关键养分需肥期维持在定植后90~270 d内,参考作物养分吸收配比和阶段需求比例,结合番茄穗果数,提出越冬长茬番茄优化施肥方案。

参考文献

- [1] 王翰霖,李建设.不同氮素水平对宁夏引黄灌区中部日光温室番茄产量和品质的影响[J].蔬菜,2009(2):26-27.
- [2] 齐红岩,李天来,郭永.日光温室长季节栽培条件下植株营养元素吸收特性的研究[J].沈阳农业大学学报,2002,31(1):64-67.
- [3] 朱晋宇.不同茬口日光温室番茄干物质生产与分配[J].园艺学报,2007,34(6):1437-1442.
- [4] 高杰云,王丽英,严正娟,等.设施土壤栽培番茄配方施肥策略与指标研究[J].中国蔬菜,2014(1):7-12.
- [5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [6] 白优爱.京郊保护地番茄养分吸收及氮素调控研究[D].北京:中国农业大学,2003.
- [7] 刘军,高丽红,黄延楠.日光温室不同温光环境下番茄对氮磷钾吸收规律的研究[J].中国农业大学学报,2004,9(2):27-30.
- [8] 王丽英,严正娟,任珊露,等.根层调控:设施果类蔬菜养分高效利用的关键[J].华北农学报,2012,27(增刊):292-297.
- [9] 朱晋宇.日光温室番茄光合特性与果实生产的研究[D].晋中:山西农业大学,2007.

Nutrient Uptake Accumulation and Distribution Characteristics of Over-winter Tomato in Solar Greenhouse

GAO Jieyun, XIONG Jing, CHEN Qing

(College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: Tomato under over-winter growing system was used as materials, treated by fixed-point monitoring and field experiment, rule of dry matter and nutrient of the plant accumulation absorption, the relationship between cluster and dry matter increment and nutrition uptake accumulation in the whole stage of tomato were determined, the optimized fertilization recommendation in local suitable temperature was put forward in order to supply reference for rational application of fertilizer for over-winter tomato. The results showed that over-winter greenhouse tomato nutrient uptake accumulation showed slowly increase trend. Proportion of nutrients uptake (N-P-K-Ca-Mg) was 35, 12, 62, 33, 18 g per plant during growth period. After flushing, dry matter distributed to the fruit by an average of 52%. The most important period of fertilizer within 90—270 days after transplanting. Between No. 4 cluster and No. 5 cluster, the increment of fruit dry matter accumulation was 2.8 g per plant, between No. 5 cluster and No. 6 cluster, the increment of fruit dry matter accumulation was the lowest 0.8 g per plant. The low temperature affected the growth of tomato in this phase.

Keywords: solar greenhouse; over-winter system; tomato; nutrient accumulation; fertilizer distribution