

# 水肥一体化施肥对草莓产量与品质的影响

徐莉莉<sup>1</sup>,陈珏<sup>2</sup>,陆雪珍<sup>1</sup>,严雨洁<sup>2</sup>

(1.上海市农业技术推广服务中心,201103;2.上海市嘉定区农业技术推广服务中心)

**摘要:**在设施栽培条件下,对大棚草莓常规施肥和水肥一体化不同施肥模式进行了比较,同时进一步研究了水肥一体化施肥方式下不同施肥量、氮磷钾配比等因素对草莓生长发育及品质的影响。试验结果表明,采用水肥一体化技术比常规施肥方式能节肥 35.10%,水肥一体化模式中施氮量 48.00 kg/hm<sup>2</sup>,施磷量 32.10 kg/hm<sup>2</sup>,施钾量 95.10 kg/hm<sup>2</sup>,N:P:K 为 1.00:0.67:1.98 施肥处理的草莓产量、可溶性固形物含量、单果质量等指标较常规处理分别增加了 39.50%、23.10%和 24.60%,呈现明显差异,较常规施肥模式增收 18.04 万元/hm<sup>2</sup>,与其他不同施肥模式处理之间也均在整体生长中期或后期呈现明显差异。

**关键词:**草莓;产量;肥料配比;水肥一体

中图分类号:S668.4

文献标识码:A

文章编号:1001-3547(2019)06-0069-04

草莓素有“早春第一果”“果中皇后”的美称,我国是世界草莓生产和消费第一大国。近年来,随着郊区种植业结构调整、市民生活质量的提高、草莓采摘旅游业的发展,上海市和全国草莓生产有较大发展。如果依旧遵循传统的水肥管理的生产技术路线,会造成农资成本增加,果品质量下降,环境污染等一系列问题,加强草莓水肥管理,是国际上草莓养分管理研究的一个重要内容<sup>[1]</sup>,因此在草莓生产上大面积推广成熟的水肥一体化技术有着极其重要的现实意义。

草莓由于其生育期长且对肥料敏感,在种植过程中易出现缺素以及肥害现象,因此本研究根据上海嘉定地区土壤肥力特点及草莓不同生长阶段对肥水的需求情况,对设施草莓常规施肥和水肥一体化不同施肥模式进行了比较试验,旨在评估两种施

肥模式及不同施肥量和不同氮磷钾配比对提高草莓单果质量、可溶性固形物含量、总产量、节省肥料投入、提高生态效益等方面的作用,以期为草莓设施栽培提供合理的氮、磷、钾施用模式,引导当地农户合理施肥结构和施肥时期,控制施肥总量。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

试验品种:供试草莓品种红颜,为上海地区草莓主栽品种。本试验从 2017 年 9 月 12 日开始移栽草莓苗,12 月 23 日开始采收。

### 1.2 试验地点

试验地点为上海市嘉定区朱桥镇灯塔村草莓示范园,土壤肥力中等,基本理化性质见表 1。

### 1.3 试验设计

试验采用设施栽培,2017 年 6 月进行土壤检测,9 月初草莓定植,定植前施用有机肥 22 500 kg/hm<sup>2</sup>,种植密度为 90 000 株/hm<sup>2</sup>,10 月覆盖地膜,整个时期采用文丘里施肥器进行滴灌追肥,滴头间距 30 cm。试验设 7 个处理,每处理设 3 次重复,面积为 10 m<sup>2</sup>,随机区组排列。试验设 6 个水肥一体化处理,处理区根据草莓生长时期需肥规律及土壤肥力确定施肥量,9 月 20 日第一次追肥,T<sub>1</sub> 处理:19:19:19、28:8:15、16:8:34 的水溶性肥料交替使用,用量 450 kg/hm<sup>2</sup>。T<sub>2</sub> 处理:19:19:19、28:8:15、16:8:34 的水溶

基金项目:上海市科技兴农推广项目-优质草莓安全高效生产关键技术及信息系统的示范推广(沪农科推字(2016)第 2-1-2 号)

徐莉莉(1984-),女,硕士,研究方向为草莓等园艺作物栽培技术与推广,E-mail:0516shirly@163.com

陈珏,通讯作者,推广研究员,研究方向为蔬菜作物栽培技术与推广,电话:13611629130,

E-mail:goodbaby001@126.com

收稿日期:2018-11-12

性肥料交替使用,用量 300 kg/hm<sup>2</sup>。T<sub>3</sub> 处理:19:19:19、28:8:15、16:8:34 的水溶性肥料交替使用,用量 150 kg/hm<sup>2</sup>,共 4 次。T<sub>4</sub> 处理:18:18:18、28:8:15、15:7:30 的水溶性肥料交替使用,用量 450 kg/hm<sup>2</sup>。T<sub>5</sub> 处理:18:18:18、28:8:15、15:7:30 的水溶性肥料交替使用,用量 300 kg/hm<sup>2</sup>。T<sub>6</sub> 处理:18:18:18、28:8:15、15:7:30 的水溶性肥料交替使用,用量 150 kg/hm<sup>2</sup>,每次施用 37.5 kg/hm<sup>2</sup>。CK 为当地农户常规沟灌施肥(复合肥配方 N-P-K=15-15-15,用量 1 125 kg/hm<sup>2</sup>,每次施入 375 kg/hm<sup>2</sup>),各处理进行统一的田间管理,9 月 20 日第一次追肥,具体养分含量见表 2。

#### 1.4 调查项目与数据分析

草莓植株和果实性状参照赵密珍<sup>[2]</sup>编著的《草莓种质资源描述规范和数据标准》。草莓植株生长盛期和盛花期对每个处理随机选择 10 株对植株叶片长、叶片宽等数据进行调查。果实成熟时对第 1 穗果和第 2 穗果的果实性状包括单果质量、可溶性固形物含量进行测定。草莓果实可溶性固形物含量采用 POCHET REFRACTOMETER PLA-1 型手持糖量计测定。所得数据采用 Excel 2010、SPSS 17.0 软件进行统计和差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理物候期比较

由表 3 可知,CK 于 10 月 24 日开始开花,开花最晚,较其余 6 个处理晚 2~3 d;从盛花期看,也较其余处理晚 3 d 以上;从果实采收期来看,以 T<sub>4</sub> 最早,比 CK 提前 6 d;从果实盛收期看,同样 CK 最晚,较其他处理晚 6~7 d。各处理各生育期明显早于 CK,但各处理间物候期差异不大,表明水肥一体化滴灌施肥可明显提前草莓物候期,但不同处理对草莓物候期影

响不大。

### 2.2 不同处理对草莓可溶性固形物含量的影响

由表 4 看出,水肥一体化的 6 个处理各阶段可

表 1 土壤基本化学性质

处理	pH 值	EC 值 μS/cm	有机质 g/kg	全氮 g/kg	水解氮 mg/kg	有效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg
CK	8.15	150.00	26.60	1.66	137.01	45.00	106.00
T <sub>1</sub>	8.17	148.00	26.30	1.69	135.83	44.00	107.00
T <sub>2</sub>	8.11	156.00	25.80	1.59	138.91	48.00	112.00
T <sub>3</sub>	8.28	151.00	27.10	1.60	136.27	44.00	109.00
T <sub>4</sub>	8.13	149.00	26.80	1.55	129.38	41.00	98.00
T <sub>5</sub>	8.21	161.00	27.30	1.65	133.28	45.00	110.00
T <sub>6</sub>	8.08	153.00	27.70	1.71	131.22	42.00	103.00

注:判定依据如下,pH 值≤5.0 偏低;EC 值 100~200 μS/cm 正常;有机质≤25 g/kg 偏低;全氮≤1.0 g/kg 偏低;水解氮≤60 mg/kg 极低,60~90 mg/kg 偏低;有效磷≤30 mg/kg 极低,30~60 mg/kg 偏低;速效钾≤120 mg/kg 极低,120~180 mg/kg 偏低。

表 2 分组对比试验施入养分含量

处理	灌溉 方式	施入的养分含量/kg·hm <sup>-2</sup>			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O
CK	沟灌	168.75	168.75	168.75	506.25
T <sub>1</sub>	滴灌	72.00	48.15	142.65	262.80
T <sub>2</sub>	滴灌	48.00	32.10	95.10	175.20
T <sub>3</sub>	滴灌	24.00	16.05	47.55	87.60
T <sub>4</sub>	滴灌	85.50	60.00	104.70	250.20
T <sub>5</sub>	滴灌	57.00	30.00	69.75	156.75
T <sub>6</sub>	滴灌	28.50	15.00	34.95	78.45

表 3 不同处理物候期比较

处理	月/日			
	始花期	盛花期	始收期	盛收期
CK	10/24	11/4	12/12	12/29
T <sub>1</sub>	10/22	11/1	12/7	12/23
T <sub>2</sub>	10/21	11/1	12/7	12/22
T <sub>3</sub>	10/22	11/2	12/8	12/23
T <sub>4</sub>	10/21	10/31	12/6	12/22
T <sub>5</sub>	10/21	11/1	12/7	12/23
T <sub>6</sub>	10/22	11/2	12/8	12/23

表 4 不同处理草莓可溶性固形物含量对比

处理	12 月 23 日	1 月 23 日	2 月 23 日	3 月 23 日	4 月 23 日	平均
CK	11.60±0.17 a	11.47±0.21 a	10.53±0.06 a	9.97±0.81 a	9.67±0.32 a	10.65
T <sub>1</sub>	13.40±1.15 cd	12.93±0.35 c	12.27±0.40 b	12.47±0.49 cd	10.93±0.12 bc	12.50
T <sub>2</sub>	13.87±0.55 d	13.70±0.46 c	12.97±0.06 c	12.97±0.06 d	12.03±0.32 d	13.11
T <sub>3</sub>	11.87±1.65 bed	12.77±0.25 b	11.00±0.10 b	12.87±0.06 d	12.07±0.06 d	12.12
T <sub>4</sub>	12.30±0.79 bc	13.10±0.46 c	12.73±0.25 b	11.20±0.85 bc	10.70±0.10 b	12.01
T <sub>5</sub>	12.20±0.30 b	12.50±0.46 b	12.20±0.20 b	11.70±0.70 bc	11.13±0.15 c	11.95
T <sub>6</sub>	12.10±0.26 b	12.27±0.38 b	12.50±0.50 b	10.90±0.17 b	11.07±0.23 bc	11.77

表 5 不同处理草莓单果质量对比

处理	12月23日	1月23日	2月23日	3月23日	4月23日	平均
CK	25.30±4.87 a	24.35±1.96 a	20.56±2.59 ab	18.49±1.18 a	15.13±1.80 a	20.76
T <sub>1</sub>	30.16±1.64 b	25.98±1.76 ab	24.79±6.24 acd	23.85±2.54 b	17.69±1.54 ab	24.49
T <sub>2</sub>	33.48±2.94 b	27.54±0.83 b	25.90±1.42 d	24.28±2.56 b	18.08±2.08 b	25.86
T <sub>3</sub>	25.67±1.96 a	26.01±3.28 ab	22.34±1.70 ab	22.54±1.84 b	19.92±1.65 b	23.29
T <sub>4</sub>	32.23±1.78 b	24.04±2.85 ab	23.40±2.26 abc	19.66±1.47 ab	17.90±1.35 ab	23.44
T <sub>5</sub>	28.26±1.93 ab	24.61±1.90 ab	23.94±0.64 bcd	21.97±1.59 b	20.23±1.91 b	23.80
T <sub>6</sub>	22.90±3.26 a	21.52±3.55 a	21.26±0.62 a	18.84±1.12 a	17.41±1.06 ab	21.79

溶性固形物含量与 CK 相比呈现显著差异,其中以 T<sub>2</sub> 效果最好,试验结果为 T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>>T<sub>3</sub>>T<sub>4</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>6</sub>>CK, 平均分别较 CK 增长 23.10%、16.43%、13.80%、12.77%、12.21%、10.52%,由数据可知,CK 可溶性固形物后期下降较快,而各处理在采收后期仍然保持较高的可溶性固形物含量,水肥一体化不同配方施肥 6 处理间:T<sub>2</sub> 和 T<sub>3</sub> 在 4 月底的可溶性固形物含量仍然保持在 12% 以上,与其余各处理呈现显著性差异,由此可见提高 K 肥的比例可提高草莓生长特别是后期可溶性固形物含量,较高的施肥量处理可有效提高前期草莓果实可溶性固形物含量,但对后期草莓果实可溶性固形物含量的提高反而不佳,说明在适宜的范围内增加施肥量,调整施肥比例有利于提高草莓可溶性固形物的含量。

### 2.3 不同处理对草莓单果质量的影响

由表 5 可以看出,只有 T<sub>2</sub> 草莓果实单果质量与 CK 在成熟期全过程均表现出显著性差异,其余 T<sub>1</sub>、T<sub>4</sub> 表现采收前期草莓单果质量与 CK 呈现显著性差异,T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 在采收中后期草莓单果质量与 CK 呈显著性差异,总体表现为 T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>4</sub>>T<sub>3</sub>>T<sub>6</sub>>CK, 分别平均较 CK 增长 24.57%、17.97%、14.64%、12.91%、12.19%、4.96%。

### 2.4 不同处理对草莓产量、叶长、叶宽、叶厚的影响

由表 6 看出,水肥一体化的 6 个处理草莓长势与 CK 相比呈现显著差异,试验结果为 T<sub>4</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>1</sub>>T<sub>6</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>>CK,表明水肥一体化条件下,增加施肥量可以促进草莓的营养生长,使草莓的长势更加健壮,6 个水肥一体化不同配方施肥处理间,以 T<sub>4</sub> 效果最好,表明增施 N 肥对促进草莓营养生长有十分明显的作用。

水肥一体化的 6 个处理草莓产量与 CK 相比呈现显著差异,总体表现 T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>1</sub>>T<sub>6</sub>>T<sub>4</sub>>CK,平

表 6 不同处理对草莓产量、叶长、叶宽、叶厚的影响

处理	产量/kg·hm <sup>-2</sup>	叶长/cm	叶宽/cm	叶厚/mm
CK	22 810.05±855.90 a	8.00±0.10 a	7.53±0.06 a	0.46±0.01 a
T <sub>1</sub>	28 425.00±1575.15 bcd	8.37±0.06 c	7.97±0.06 c	0.50±0.01 b
T <sub>2</sub>	31 830.00±459.60 d	8.20±0.00 b	7.83±0.06 b	0.49±0.01 b
T <sub>3</sub>	31 000.05±867.15 d	8.07±0.06 a	7.63±0.06 a	0.47±0.00 a
T <sub>4</sub>	27 439.95±296.40 b	8.83±0.06 e	8.27±0.06 d	0.55±0.01 d
T <sub>5</sub>	29 040.00±833.55 c	8.63±0.06 d	8.10±0.10 cd	0.53±0.01 c
T <sub>6</sub>	28 285.05±402.90 c	8.23±0.06 b	7.87±0.06 b	0.49±0.01 b

表 7 不同处理对草莓经济效益的影响

处理	产量 kg/hm <sup>2</sup>	化肥投入 万元/hm <sup>2</sup>	收益 万元/hm <sup>2</sup>	增收 万元/hm <sup>2</sup>	增效 %
CK	22 810.05	0.56	45.62		
T <sub>1</sub>	28 425.00	0.68	56.85	11.23	24.62
T <sub>2</sub>	31 830.00	0.45	63.66	18.04	39.54
T <sub>3</sub>	31 000.05	0.23	62.00	16.38	35.91
T <sub>4</sub>	27 439.95	0.68	54.88	9.26	20.30
T <sub>5</sub>	29 040.00	0.45	58.08	12.46	27.31
T <sub>6</sub>	28 285.05	0.23	56.57	10.95	24.00

注:水溶性肥料 15 000 元/t,复合肥 5 000 元/t,草莓单价为 20 元/kg。

均分别较 CK 增长 39.54%、35.91%、27.31%、24.62%、24.00%、20.30%,6 个水肥一体化不同配方施肥处理间以 T<sub>2</sub> 表现最好,表明适当增加施肥量特别是增施 K 肥可提高草莓产量,但随着施肥量特别是施氮量的增加,草莓产量的增加率呈递减趋势,这应该是增施氮肥促进草莓的营养生长,增加光合作用产物向果序以外部分的分配,抑制草莓的生殖生长而导致<sup>[3]</sup>。

### 2.5 不同处理对草莓经济效益的影响

表 7 表明,T<sub>2</sub> 处理经济效益最高,收益较 CK 增收 18.04 万元/hm<sup>2</sup>,增效 39.54%,试验结果为 T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>>T<sub>1</sub>>T<sub>6</sub>>T<sub>4</sub>;从化肥投入方面来看,为 T<sub>4</sub>=T<sub>1</sub>>CK>T<sub>2</sub>=T<sub>5</sub>>T<sub>6</sub>>T<sub>3</sub>,仅 T<sub>1</sub>、T<sub>4</sub> 化肥投入量增加 0.12 万元/hm<sup>2</sup>,可见使用水肥一体化施肥模式可以显著提高草莓的经济效益。

### 3 结论与讨论

本研究试验结果表明,6个处理的施肥方案均明显优于常规施肥模式的CK,同时追肥量远低于常规施肥模式的CK。研究表明施用水溶性肥料处理与常规施肥模式的CK相比,节肥48.10%~84.50%,收益较CK增加18.04万元/hm<sup>2</sup>,说明采用合理的水肥一体化施肥模式可以有效提高肥料的利用率,减少肥料的使用,提高草莓的品质与产量,有效提高草莓经济效益。

产量和果实品质指标是草莓生长状况的重要反映,也是草莓生产的主要追求目标。本试验条件下,对于肥力中等土壤(速效钾含量较低),T<sub>2</sub>即采用N 48.00 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 32.10 kg/hm<sup>2</sup>,K<sub>2</sub>O 95.10 kg/hm<sup>2</sup>,N:P:K为1.00:0.67:1.98的水肥一体化施肥处理组合的产量以及品质表现最佳,经济效益最高。过高和过低的施肥量均不利于草莓植株的生长发育,根据土壤测试结果调整水溶性肥料氮、磷、钾比例的3个处理效果更为明显。

上海地区的土壤类型基本是缺少钾元素,而钾元素在大棚草莓的碳水化合物代谢过程中起着重要作用,能够协调氮素利用、提高草莓果实含糖量、改善果实品质、增强抗逆性<sup>[4]</sup>。本研究结果表明,水肥一体化条件下,在一定范围内,追肥时增加施钾量和施氮量对草莓果实中的可溶性固形物、产量等指标都有一定程度的提升作用<sup>[5]</sup>,但高的施钾量会增加草莓的酸度。过高的施氮量虽然促进草莓的营

养生长,增加光合作用产物向果序以外部分的分配,但抑制草莓的生殖生长,导致草莓含糖量、产量的降低,影响草莓品质及产量<sup>[6]</sup>,而氮肥施用量过大,即使增施钾、磷肥果实含糖量也不会增加,不利于果实品质的改善<sup>[7-9]</sup>。

#### 参考文献

- [1] 陈义群,董元华,王辉,等.不同施肥模式对草莓连作土壤性质及草莓生长的影响[J].江苏农业学报,2013,29(1):81-86.
- [2] 赵密珍.草莓种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [3] 宋科,薛永,郑宪清,等.氮钾肥配施对草莓产量和品质的影响[J].上海农业学报,2016,32(5):82-86.
- [4] 宋科,姚政,徐四新,等.钾肥对草莓产量和品质的影响[J].高效施肥,2013,31(10):20-23.
- [5] Haynes R J. Effects of application of nitrogen and potassium on growth, yields and quality of strawberry[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1987, 18(4): 457-471.
- [6] 彭福田,张青,姜远茂,等.不同施氮处理草莓氮素吸收分配及产量差异的研究[J].植物营养与肥料学报,2006,12(3):400-405.
- [7] 孙鹏.不同二氧化碳浓度、氮肥施用和温度处理对草莓(*Fragaria ananassa* Duch.)生长、果实产量和果实品质的影响[D].杭州:浙江师范大学,2012.
- [8] 张鹏飞,程扶旗.草莓施肥的作用与措施[J].现代农业科技,2011(18):174-176.
- [9] 路河.钾肥对草莓品质的影响研究初报[J].温室园艺,2010(2):44-45.

## Effects of Integration of Water and Fertilizer on Yield and Quality of Strawberry

XU Lili<sup>1</sup>, CHEN Jue<sup>2</sup>, LU Xuezheng<sup>1</sup>, YAN Yujie<sup>2</sup>

(1. Shanghai Agricultural Technology Promotion Service Center, 201103;

2. Shanghai Jiading District Agricultural Technology Promotion Service Center)

**Abstract:** The comparative test had been carried out between conventional fertilization and integrated fertilization modes of water and fertilizer in greenhouse strawberry under the condition of facility cultivation. At the same time, the further study of the effects of different fertilizing dosage and N, P, K ratios on the development and quality of strawberry under the condition of integrated fertilization of water and fertilizer. The results showed that compared with conventional fertilization, the technology of integrated of water and fertilizer could effectively save fertilizer, and the fertilizer-saving rate was 35.10%. The application amount of nitrogen phosphorus and potassium in the optimal fertilization treatment were 48.00, 32.10, 95.10 kg·hm<sup>-2</sup> (N:P:K=1.00:0.67:1.98). The indications of yield, soluble solids content, and fruit weight in the optimal fertilization treatment increased by 39.50%, 23.10%, and 24.60% respectively compared with the conventional treatment. Its income was also increased by 180 400 Yuan/hm<sup>2</sup> when compared with conventional treatment, and it had obvious difference with other fertilizing modes in whole middle or late growth period.

**Key words:** Strawberry; Yield; Fertilizer ratio; Integrated of water and fertilizer