

## 不同施氮量对草莓生长发育、果实品质及产量的影响\*

钱玲<sup>1,2</sup>, 任建青<sup>1</sup>, 童江云<sup>1</sup>, 陈杉艳<sup>3</sup>,  
林峰莹<sup>1</sup>, 梁志妹<sup>1</sup>, 董琼娥<sup>1</sup>

(1. 昆明市农业科学研究院, 资源与环境研究所, 云南 昆明 650118;

2. 云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201;

3. 昆明市农业科学研究院, 经济作物研究所, 云南 昆明 650034)

**摘要:**【目的】探索昆明地区草莓露地栽培的最佳施氮量, 为化肥减量与提质增效工作提供技术支持。

【方法】以章姬草莓为试验材料, 通过田间试验研究不同施氮水平(0、105、225 和 330 kg/hm<sup>2</sup>)对草莓生长发育、果实品质及产量的影响。【结果】草莓植株的株高、叶片数、叶柄长、单株花序数、花序长和叶片叶绿素含量均随着施氮量的增加而增加, 但 N<sub>225</sub> 与 N<sub>330</sub> 处理间除叶片数外差异均不显著。随施氮量的增加, 果实可溶性固形物、总糖、维生素 C 含量、糖酸比和硬度表现出先升高后下降的趋势, 施氮 225 kg/hm<sup>2</sup> 时达到最高, 但可滴定酸含量持续增加; 产量也随施氮量增加而增加, N<sub>330</sub> 处理时产量最高。【结论】综合草莓产量、果实品质及经济效益, 以施氮量 225 kg/hm<sup>2</sup> 为佳。

**关键词:** 施氮量; 草莓; 生长发育; 品质; 产量

中图分类号: S 668.406.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2020) 03-0530-05

## Effect of Different Nitrogen Levels on the Growth and Development, Fruit Quality and Yield of Strawberry

QIAN Ling<sup>1,2</sup>, REN Jianqing<sup>1</sup>, TONG Jiangyun<sup>1</sup>, CHEN Shanyan<sup>3</sup>, LIN Fengying<sup>1</sup>,  
LIANG Zhimei<sup>1</sup>, DONG Qiong'e<sup>1</sup>

(1. Institute of Resources and Environment, Kunming Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650118, China;

2. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

3. Research Institute of Cash Crop, Kunming Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650034, China)

**Abstract:** [Purpose] To provide a technical support for the reduction of fertilizer and the improvement of quality and efficiency, the optimal amount of nitrogen (N) for strawberry was explored in openfieldcultivationinKunming. [Method] Taking 'Akihime' strawberry as experimental materials, field experiments were conducted to investigate the effects of N levels (0, 105, 225, 330 kg/hm<sup>2</sup>) on growth, quality and yield of strawberry. [Result] The plant height, leaf number, petiole length, number of inflorescences and inflorescence length of strawberry plants and chlorophyll content of leaves went up with the increase of N level, without significant difference between N<sub>225</sub> and N<sub>330</sub> treatments except the leaf number. With the increase of N application, the content of soluble solid, total sugar and VC, sugar-acid ratio and firmness of fruit increased firstly and then decreased, and

收稿日期: 2019-06-10

修回日期: 2020-03-27

网络首发时间: 2020-06-20 11:21:33

\*基金项目: 农业部公益性行业科研专项课题项目(201103003)。

作者简介: 钱玲(1981—)女, 云南姚安人, 在读博士研究生, 农艺师, 主要从事植物营养与施肥、农业面源污染控制研究。E-mail: qianling427@126.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20200619.0948.004.html>



reached the maxima in 225 kg/hm<sup>2</sup>, but the content of titratable acid increased all the time. The yield of strawberry also increased with the increase of N application and was the highest in 330 kg/hm<sup>2</sup>.

[**Conclusion**] Considering the yield, fruit quality and economic benefit of strawberry, the optimum nitrogen application was 225 kg/hm<sup>2</sup>.

**Keywords:** nitrogen levels; strawberry; growth and development; quality; yield

草莓作为一种营养价值高、生长周期短、经济价值高的小浆果,深受人们喜爱,除鲜食外还可以加工成各种高附加值产品,已在世界各地广泛栽种。中国是世界上最大的草莓生产国,据统计,2017年中国草莓种植面积15多万hm<sup>2</sup>、产量400多万t,总产值已超过600亿元,草莓产业也逐渐从产量型转向风味品质型<sup>[1]</sup>。在草莓生产中,合理的氮肥施用量是提高草莓产量和改善品质的重要措施之一。草莓根系浅、持续结果能力强、需肥量大,对土壤氮素较为敏感,土壤无机氮含量稍大就会影响植株生长<sup>[2]</sup>。适宜的氮素营养可提高草莓果实产量<sup>[3]</sup>和品质,过量施氮会使果实营养成分和风味品质下降,从而影响果实质量,降低商品性<sup>[4-6]</sup>。在西瓜<sup>[7]</sup>、苹果<sup>[8]</sup>、桃<sup>[9]</sup>、柑橘<sup>[10]</sup>和丰水梨<sup>[11]</sup>等水果上也有类似的研究报道。在实际生产中,草莓种植者为了追求单果重和产量,大量施用氮肥的现象比较普遍。2013—2014年对昆明地区农户施肥情况调查结果表明:草莓平均施氮肥约480 kg/hm<sup>2</sup>,个别农户氮肥施用量甚至超过1 000 kg/hm<sup>2</sup>,氮素的当季利用率远远低于30%;过量施用氮肥不仅增加农业生产投入、降低生产效益、造成资源浪费,而且对环境产生负面影响<sup>[12-13]</sup>,不利于农业的可持续发展。因此,探索经济高效和环境友好的最佳施肥量已成为草莓生产中亟待解决的问题。前人通过北方大棚和温室进行小区和盆栽试验研究氮肥对草莓产量和品质的影响较多,但对南方冬季露地栽培型草莓的研究还很少。本试验以问卷调查施肥量为基础,采用田间试验研究不同施氮水平对露地草莓生长发育、叶片叶绿素含量、果实品质和产量的影响,以期为昆明地区草莓露地栽培化肥减量与提质增效提供技术支持,推进当地都市型休闲观光农业发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地及供试作物

试验地设在昆明市农业科学研究院成果转化

中心,该中心位于宜良县北古城镇大薛营村委会小薛营村(E103°17', N24°98'),属北亚热带季风气候,海拔1 535 m,年平均气温16.3℃,全年无霜期约260 d。土壤为潞育型水稻土,前茬撂荒,试验前0~30 cm的土壤pH为6.8,有机质22.22 g/kg,碱解氮302.3 mg/kg,有效磷68.7 mg/kg,速效钾238.5 mg/kg。供试草莓品种为章姬,移栽苗龄为三叶一心。2014年9月初移栽定植,2014年11月下旬开始采收,2015年4月初采收结束。

### 1.2 试验设计

试验设0、105、225和330 kg/hm<sup>2</sup> 4个氮水平处理,每个处理3个重复,共计12个小区,完全随机区组排列。氮、磷和钾肥分别选用尿素(含N 46%)、过磷酸钙(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16%)和硫酸钾(含K<sub>2</sub>O 50%),在定植时做基肥和花前追肥各一半,除尿素因处理不同外,定植前施有机肥22 500 kg/hm<sup>2</sup>,磷和钾的施肥总量分别为P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 270 kg/hm<sup>2</sup>和K<sub>2</sub>O 360 kg/hm<sup>2</sup>。根据当地农户的种植习惯,起垄双行栽培,垄高30 cm,畦面宽40 cm,畦底宽60 cm,每1畦即为1个小区,面积0.6 m×7 m,株行距为20 cm×20 cm,每小区70株,小区间留30 cm隔离带(沟底宽)。在草莓现蕾后至开花前进行地膜覆盖,减少土壤管理用工和保证草莓果实的清洁。在开花结果期,开展疏花疏果,每株每批留果数12~15个。其他田间管理措施按当地农民习惯进行。

### 1.3 测定项目

农艺性状调查:在开花坐果期,每小区选取具有代表性的植株10株,按照NY/T 1487—2007<sup>[14]</sup>的规范要求测量其株高、叶片数、叶柄长、花序数和花序长等生长指标。

叶绿素的测定:在营养生长期、开花坐果期和盛果期,取各小区大小和长势一致的6棵植株,使用便携式SPAD-502叶绿素仪,对植株上部选择从顶部向下第3片展平的功能叶,对其中间1裂进行测定,结果取其平均值。

果实品质测定：在盛果期采摘无机械损伤及病虫害的成熟果实鲜样带回实验室测定果实品质指标。可溶性固形物含量的测定采用 PAL-1 手持折光仪；总糖含量的测定采用直接滴定法<sup>[15]</sup>；可滴定酸含量的测定采用 NaOH 滴定法<sup>[16]</sup>；VC 含量的测定采用 2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[17]</sup>；果实硬度的测定采用 GY-4 型数显果实硬度计；糖酸比用总糖含量与可滴定酸含量的比值表示。

产量调查：在采收期选取各小区具有代表性的 10 棵植株，果实成熟后按采摘记录调查单株产量，取其平均值计算总产量。

1.4 数据分析

数据采用 Excel 2007 和 SPSS19.0 进行计算和统计分析，Duncan 法进行多重比较。有关氮肥农学效率和产投比计算公式如下：

氮农学效率 (kg/kg)=(施氮区产量 - 不施氮区

产量)/施氮量；

产投比=(施氮区作物产值 - 无氮区作物产值)/施入化肥氮成本。

2 结果与分析

2.1 不同施氮量对草莓生长发育的影响

由表 1 可知：植株的株高、叶片数、叶柄长、单株花序数和花序长均随着施氮量的增加而增加。N<sub>105</sub> 处理的株高和花序长与 N<sub>0</sub> (对照) 相比差异显著，分别高出 10.08% 和 34.19%；N<sub>225</sub> 处理的株高和叶片数分别比 N<sub>0</sub> 高出 16.41% 和 21.31%，差异达极显著水平；N<sub>330</sub> 处理的株高、叶片数、叶柄长、单株花序数和花序长分别比 N<sub>0</sub> 高出 22.67%、35.01%、27.18%、25.30% 和 50.93%，并且均达到极显著差异；N<sub>330</sub> 和 N<sub>225</sub> 处理间只有叶片数达显著差异。

表 1 不同氮肥处理对草莓生长发育的影响

Tab. 1 Effects of different nitrogen fertilizer treatments on the growth and development of strawberry

处理 treatment	株高/cm plant height	叶片数 number of leaf	叶柄长/cm petiole length	单株花序数 number of inflorescences per plant	花序长/cm inflorescence length
N <sub>0</sub>	16.76±1.58 cB	6.57±0.42 cC	6.55±0.63 cB	2.53±0.12 cB	11.29±1.07 cB
N <sub>105</sub>	18.45±0.61 bAB	6.90±0.44 cBC	7.14±0.28 bcB	2.67±0.38 bcAB	15.15±0.95 bAB
N <sub>225</sub>	19.51±0.30 abA	7.97±0.47 bAB	7.62±0.48 abAB	3.07±0.06 abAB	16.25±0.72 abAB
N <sub>330</sub>	20.56±0.80 aA	8.87±0.31 aA	8.33±0.19 aA	3.17±0.15 aA	17.04±0.94 aA

注：N<sub>0</sub>、N<sub>105</sub>、N<sub>225</sub> 和 N<sub>330</sub> 分别代表施氮量是 0、105、225 和 330kg/hm<sup>2</sup>。同列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著，不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著；下同。  
Note: N<sub>0</sub>, N<sub>105</sub>, N<sub>225</sub> and N<sub>330</sub> represent the N application levels of 0, 105, 225 and 330 kg/hm<sup>2</sup>. Values followed by different lowercase letters within a column are significantly different at 0.05 level, and that followed by different capital letters are significant at 0.01 level; the same as below.

2.2 不同施氮量对草莓叶片叶绿素含量的影响

由表 2 可知：在不同生育期，草莓叶片的 SPAD 值整体变化趋势基本相同，均随施氮量的增加而增加。在营养生长期，N<sub>105</sub> 和 N<sub>225</sub> 处理分别与 N<sub>0</sub> 相比差异不显著，N<sub>330</sub> 处理比 N<sub>0</sub> 高出 5.64% 且差异显著。在开花坐果期，N<sub>105</sub> 处理与 N<sub>0</sub> 相比差异不显著；N<sub>225</sub> 和 N<sub>330</sub> 处理分别比 N<sub>0</sub> 高出 6.69% 和 8.44%，差异极显著。在盛果期，N<sub>105</sub> 处理比 N<sub>0</sub> 高出 3.95%，差异显著；N<sub>225</sub> 和 N<sub>330</sub> 处理分别比 N<sub>0</sub> 高出 7.25% 和 9.72%，差异均达到极显著。生育期内，N<sub>225</sub> 和 N<sub>330</sub> 处理间草莓叶片的 SPAD 值差异均不显著。

2.3 不同施氮量对草莓果实品质的影响

由表 3 可知：不同施氮处理对草莓果实品质均有不同程度的影响。果实可溶性固形物、总

糖、糖酸比、VC 含量和硬度均随施氮量的增加呈现先升高后下降的趋势，N<sub>225</sub> 处理时最高，且与 N<sub>0</sub> 相比，可溶性固形物、VC 含量和硬度的差异均达到显著性水平，总糖的差异达极显著水平；可滴定酸含量随施氮量的增加而持续增加。

表 2 不同氮肥处理对草莓叶片叶绿素含量的影响

Tab. 2 Effects of different nitrogen fertilizer treatments on the chlorophyll content of strawberry

处理 treatments	生育期 growth period		
	营养生长期 period of vegetative growth	开花坐果期 flowering and fruiting stages	盛果期 full bearing period
N <sub>0</sub>	46.60±0.31 b	49.65±0.65 cB	49.67±0.64 cC
N <sub>105</sub>	46.91±1.24 ab	51.60±0.95 bcAB	51.63±1.14 bBC
N <sub>225</sub>	47.09±2.40 ab	52.97±1.47 abA	53.27±1.08 abAB
N <sub>330</sub>	49.23±0.58 a	53.84±1.43 aA	54.57±0.87 aA

表 3 不同氮肥处理对草莓果实品质的影响  
Tab. 3 Effects of different nitrogen fertilizer treatments on quality of strawberry

处理 treatments	可溶性固形物/% soluble solid	总糖/% total sugar	可滴定酸/% titratable acid	糖酸比 sugar-acid ratio	维生素 C/(mg·g <sup>-1</sup> ) vitamin C	硬度/(kg·cm <sup>-2</sup> ) firmness
N <sub>0</sub>	11.75 b	7.76 bcB	0.69 bB	11.30 aA	79.50 b	0.56 b
N <sub>105</sub>	12.38 ab	8.24 abAB	0.72 bAB	11.41 aA	83.00 ab	0.60 ab
N <sub>225</sub>	12.87 a	8.63 aA	0.75 abAB	11.50 aA	91.17 a	0.64 a
N <sub>330</sub>	12.26 ab	7.66 cB	0.80 aA	9.54 bB	89.67 a	0.61 ab

2.4 不同施氮量对草莓产量和经济效益的影响

由表 4 可知: 草莓产量随着施氮量的增加而增加, N<sub>330</sub> 处理最高, N<sub>225</sub> 和 N<sub>330</sub> 处理间差异显著, 两者分别比 N<sub>0</sub> 增产 33.82% 和 51.98%。氮肥农学效率随施氮量的增加而提高, N<sub>105</sub> 处理仅为 18.92 kg/kg, 与 N<sub>225</sub> 和 N<sub>330</sub> 处理差异极显

著, 但 N<sub>225</sub> 和 N<sub>330</sub> 间差异不显著。不同施氮处理的果实相比较发现: N<sub>0</sub> 处理果实较小且口感差, N<sub>330</sub> 处理果实大但口感差, 所以销售价格低。N<sub>225</sub> 处理的产投比最高, 且极显著高于 N<sub>105</sub> 处理, 比 N<sub>330</sub> 高出 19.27%, 说明其施肥价值最高。

表 4 不同氮肥处理对草莓产量和经济效益的影响  
Tab. 4 Effects of different nitrogen fertilizer treatments on the yield and economic benefit of strawberry

处理 treatments	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) yield	氮肥农学效率/(kg·kg <sup>-1</sup> ) nitrogen agronomic efficiency	草莓销售价格/(Yuan·kg <sup>-1</sup> ) sales price of strawberry	产投比/(Yuan·yuan <sup>-1</sup> ) input-output ratio
N <sub>0</sub>	30 990.99±3 327 cB	—	20	—
N <sub>105</sub>	32 977.47±2 807 cB	18.92±5.79 bB	25	87.03±26.65 bB
N <sub>225</sub>	41 471.29±2 140 bA	46.58±8.11 aA	25	214.26±37.33 aA
N <sub>330</sub>	47 099.98±2 288 aA	48.82±9.40 aA	20	179.64±34.60 aAB

注: 表中投入和产出数据由当年市场价格计算而得, 普通尿素 2.50 元/kg。  
Note: Data of input output in the table were calculated by the market prices, normal urea 2.50 yuan/kg.

3 讨论

氮是植物生长发育必需的营养元素, 也是影响作物产量和品质性状的重要因素, 合理施氮是提高作物产量和改善品质的主要途径。草莓生物量和产量是反映其生长状况的重要指标。本研究表明: 施氮可以促进草莓的营养生长, 主要表现在增加株高、叶片数、叶柄长、单株花序数和花序长, 该结果与王翠玲<sup>[18]</sup>的研究结论相一致。适量增施氮肥可提高草莓叶片的叶绿素含量, 促进光合作用<sup>[19]</sup>。本研究中, 草莓在整个生长过程中的叶绿素含量均随施氮量的增加而提高, 这与冯焕德等<sup>[8]</sup>在苹果树上的研究结果一致。作物产量、品质和经济效益与施肥有显著相关性<sup>[15]</sup>。本试验中, 施氮显著增加草莓产量, 且有效提高氮肥农学效率, 但施氮超过 225 kg/hm<sup>2</sup>, 果实品质下降, 销售价格低, 草莓产值降低, 产投比下降。

草莓果实可溶性固形物、总糖、可滴定酸含量、糖酸比、VC 含量和硬度是评价草莓果实品质的重要内在指标。李付国等<sup>[9]</sup>对桃的研究表

明: 随着施氮量的增加, 果实可溶性固形物呈现先增加后下降的趋势, 可滴定酸显著升高, 而硬度无显著变化。冯焕德等<sup>[8]</sup>对苹果的研究发现: 随施氮量的增加, 果实中可溶性固形物显著下降, 而可滴定酸显著增加, 果实的硬度先增加后降低。在丰水梨上的研究表明: 随施氮量增加, 可溶性固形物和可溶性糖含量先增加后略有下降, 果实硬度减小, 而可滴定酸和 VC 与不施氮相比没有显著差异<sup>[11]</sup>。对大棚蔬菜研究表明: 随着土壤中氮水平增加, 番茄果实的 VC 含量增加, 有机酸含量降低, 可溶性糖和糖酸比先增加后降低; 而黄瓜果实的 VC、可溶性糖和糖酸比均先增加后降低, 有机酸含量施氮处理均显著高于不施氮, 但不同施氮处理间无显著差异<sup>[20]</sup>。在田间栽培条件下, 当施氮量超过平衡施氮量时, 甜瓜的品质及产量有降低的趋势<sup>[21]</sup>。本研究表明: 在一定范围内, 施氮量的增加促进可溶性固形物、总糖、糖酸比、VC 含量和硬度增加; 当氮水平较高时, 上述指标又明显下降; 而可滴定

酸随施氮量增加而持续升高。 $N_{330}$  处理含糖量甚至比不施氮处理低,这与对草莓<sup>[4]</sup>和丰水梨<sup>[11]</sup>的研究结果一致。果实的硬度先增加后降低,其原因是高氮降低果实中的钙含量<sup>[22]</sup>,增加作物的营养生长和叶面积,叶片蒸腾速率加强,钙向果实的迁移变弱,限制了钙在果实组织中的积累。总的来看,施氮量为  $225\text{ kg/hm}^2$  时,果实的品质最好,过多的氮肥用量在一定程度上降低了果实的品质。

综上所述,昆明地区田间露地栽培草莓的经济最佳施氮量为  $225\text{ kg/hm}^2$ ,这个施氮量低于最高产量的施氮量,也远远低于农户生产上的习惯施用量,不仅有利于草莓果实品质的提高,还能作为草莓种植者节约成本、增加收入,同时,可减少氮肥在环境中的残留和积累,减少潜在的环境污染,提高氮肥利用率。合理施肥应将氮肥的施用量控制在最佳经济施肥量以内,同时考虑经济效益和环境问题<sup>[23]</sup>。要在昆明等农业高度集约化的地区实现作物产量、品质稳定和环境友好,除了重视对化肥的管理之外,对碳(秸秆、有机肥)和水分的管理也不容忽视。

#### [参考文献]

- [1] 王翔. 以品牌化路径破解草莓产业发展瓶颈——访中国优质农产品开发协会会长朱保成[J]. 农村工作通讯, 2018(7): 26. DOI: [10.3969/j.issn.0546-9503.2018.07.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.0546-9503.2018.07.011).
- [2] 赖涛, 沈其荣, 茆泽圣, 等. 几种有机和无机氮肥对草莓生长及其氮素吸收分配影响的差异[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(6): 850.
- [3] 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.
- [4] 隋静, 姜远茂, 彭福田, 等. 施氮水平对草莓果实品质的影响[J]. 落叶果树, 2007(1): 1. DOI: [10.13855/j.cnki.lygs.2007.01.001](https://doi.org/10.13855/j.cnki.lygs.2007.01.001).
- [5] 郭英燕, 姜远茂, 彭福田, 等. 不同氮素水平对草莓氨基酸和蛋白质的影响[J]. 果树学报, 2003, 20(6): 475. DOI: [10.13925/j.cnki.gsx.2003.06.013](https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsx.2003.06.013).
- [6] 刘松忠, 姜远茂, 彭福田, 等. 氮素处理对成熟草莓果实芳香成分的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2004, 35(2): 183.
- [7] 杜少平, 马忠明, 薛亮. 密度、氮肥互作对旱砂田西瓜产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(1): 150.
- [8] 冯焕德, 李丙智, 张林森, 等. 不同施氮量对红富士苹果品质、光合作用和叶片元素含量的影响[J]. 西北农业学报, 2008, 17(1): 229.
- [9] 李付国, 孟月华, 贾小红, 等. 供氮水平对‘八月脆’桃产量、品质和叶片养分含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(6): 918.
- [10] 李菲菲, 黄成能, 谢深喜, 等. 施氮过量对椪柑园土壤和树体矿质养分及果实品质的影响[J]. 南方农业学报, 2018, 49(4): 748. DOI: [10.3969/j.issn.2095-1191.2018.04.20](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-1191.2018.04.20).
- [11] 陈磊, 伍涛, 张绍铃, 等. 丰水梨不同施氮量对果实品质形成及叶片生理特性的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(6): 871. DOI: [10.13925/j.cnki.gsx.2010.06.023](https://doi.org/10.13925/j.cnki.gsx.2010.06.023).
- [12] 黄涛. 长期碳氮投入对土壤有机碳氮库及环境影响的机制[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [13] GUO J H, LIU X J, ZHANG Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327(5968): 1008. DOI: [10.1126/science.1182570](https://doi.org/10.1126/science.1182570).
- [14] NY/T 1487—2007. 农作物种质资源鉴定技术规程 草莓[S].
- [15] GB 5009.7—2016. 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定[S].
- [16] GB/T 12456—2008. 食品中总酸的测定[S].
- [17] GB 5009.86—2016. 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S].
- [18] 王翠玲. 水肥耦合对草莓生长、产量品质及水肥利用效率的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- [19] 王学林, 彭晓丹, 韩秀君, 等. 氮肥用量对温室草莓生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2014(9): 182.
- [20] 闵炬, 施卫明. 不同施氮量对太湖地区大棚蔬菜产量、氮肥利用率及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 151.
- [21] 李立昆, 李玉红, 司立征, 等. 不同施氮水平对厚皮甜瓜生长发育和产量品质的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(3): 150.
- [22] TAVALLALI V, ESMAILI S, KARIMI S. Nitrogen and potassium requirements of tomato plants for the optimization of fruit quality and antioxidative capacity during storage[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2018, 12(2): 755. DOI: [10.1007/s11694-017-9689-9](https://doi.org/10.1007/s11694-017-9689-9).
- [23] 巨晓棠, 张福锁. 关于氮肥利用率的思考[J]. 生态环境, 2003, 12(2): 192. DOI: [10.16258/j.cnki.1674-5906.2003.02.018](https://doi.org/10.16258/j.cnki.1674-5906.2003.02.018).

责任编辑: 何馨成