

网络出版时间:2023-02-10 09:52

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2023.08.011

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail//61.1390.S.20230209.1622.007.html

苗期氮素处理对草莓生长发育和产量的影响

万春雁,李金凤,霍恒志,陈丙义,狄华涛,陈雪平,陈 成

(江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏 句容 212400)

【摘 要】 【目的】探究苗期氮素处理对草莓生长发育及产量的影响,为苗期定量施氮提供科学依据。【方法】于草莓育苗期,将氮肥均匀混合在育苗基质中进行苗期氮素处理,氮肥(N)施用量设置 0,0.025,0.050,0.100,0.200 和 0.250 g/株 6 个水平,分别用 CK、F1、F2、F3、F4 和 F5 表示,测定定植前和定植后不同处理草莓植物形态、叶柄硝态氮含量、物候期(显蕾期、盛花期、果实始熟期)以及果实品质(硬度、可溶性固形物含量)、平均单果质量和产量。【结果】随着施氮量的增加,草莓花芽分化率逐渐降低,植株的鲜质量和干质量均呈先升高后降低再升高的趋势,鲜干比呈先升高后降低的趋势。各施氮处理草莓的繁苗系数、株高总体高于 CK。F5 和 F2 处理的根茎粗均较高,均显著高于 CK。定植到生产田后,各施氮处理的叶长、叶宽、叶柄长、株高、株冠与 CK 之间均无显著差异。随着施氮量的增加,8 月和 9 月叶柄硝态氮含量显著上升,其余月份无明显变化规律。在同一处理中,随着时间的延长,叶柄硝态氮含量呈先上升后下降的趋势。与 CK 相比,F1、F2 和 F3 处理的显蕾期、盛花期和始熟期均不同程度地提前,而 F4 和 F5 处理均不同程度地推迟。各施氮处理的果实硬度和可溶性固形物含量总体上与 CK 差异不明显。各施氮处理的平均单果质量、前期产量、总产量总体高于 CK,其中以 F3 处理最高。【结论】苗期施加氮素可促进定植前草莓植株的生长,改变定植后草莓的物候期;当苗期施氮量为 0.100 g/株时,草莓前期产量和总产量均最高,是比较适宜的苗期氮肥施用量。

【关键词】 草莓;氮素;苗期;生长发育;果实品质

【中图分类号】 S668.4

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2023)08-0092-07

Effects of nitrogen during seedling stage on growth and development of strawberry

WAN Chunyan, LI Jinfeng, HUO Hengzhi, CHEN Bingyi,

DI Huatao, CHEN Xueping, CHEN Cheng

(Zhenjiang Institute of Agricultural Sciences in Hilly Area of Jiangsu Province, Jurong, Jiangsu 212400, China)

Abstract: 【Objective】 This study investigated the effects of nitrogen fertilizer treatment during seedling stage on growth and development of cultivated strawberry (*Benihoppe*). 【Method】 In the seedling raising period, different amounts of nitrogen fertilizer were uniformly mixed in the seedling substrate. A total of 6 treatments with nitrogen fertilizer (N) application rates of 0, 0.025, 0.050, 0.100, 0.200 and 0.250 g/plant were set up and expressed as CK, F1, F2, F3, F4 and F5, respectively. Plant morphology, petiole nitrate nitrogen content, phenological stages (budding date, full flowering date and beginning harvest date), fruit quality (hardness and soluble solids content) and yield (early yield, mid-term yield and later yield) before and after planting were measured and analyzed. 【Result】 With the increase of nitrogen application, the

【收稿日期】 2022-05-05

【基金项目】 江苏省种业振兴揭榜挂帅项目(JBGS[2021]083);江苏省镇江市科技局项目(GJ2020001);江苏省句容市科技局项目(ZA32113)

【作者简介】 万春雁(1984—),女,江苏涟水人,副研究员,主要从事果树生理及新品种选育研究。E-mail:254071691@qq.com

【通信作者】 李金凤(1980—),女,河南焦作人,副研究员,主要从事果树新品种选育及示范推广研究。E-mail:Ljinfeng512@126.com

flower bud differentiation rate of strawberry gradually decreased, the fresh and dry weights of plants changed in the trend of increase, decrease and increase, and the fresh to dry ratio increased first and then decreased. The seedling propagation coefficient and plant height of all nitrogen application treatments were higher than those of CK. The rhizome diameter of F5 and F2 treatments were higher than that of CK. Compared with CK, there was no significant difference in leaf length, leaf width, petiole length, plant height and plant crown after planting in the production field. With the increase of nitrogen application rate, the nitrate content in petioles increased significantly in August and September, and there was no significant change in other months. In same treatments, nitrate content in petioles increased first and then decreased along with time. Compared with CK, F1, F2 and F3 treatments had different degrees of advance in budding period, full flowering period and start of ripening period, while F4 and F5 treatments had different degrees of delay in budding period, full flowering period and start of ripening period. There was no significant difference in fruit hardness and soluble solid content between different nitrogen treatments and CK. The average fruit quality, early yield and total yield of each nitrogen application treatment were higher than those of CK with the highest values in F3 treatment. 【Conclusion】 The application of nitrogen at seedling stage promoted the growth of strawberry plants before planting and changed the phenological period of strawberry after planting. The nitrogen concentration of 0.100 g/plant at seedling stage with the highest early yield, total yield and income was suggested.

Key words: strawberry; nitrogen; seedling stage; growth and development; fruit quality

草莓(*Fragaria ananassa* Duch)是蔷薇科草莓属多年生草本植物,其因果实色泽鲜艳、营养价值高、风味浓郁,受到广大消费者的喜爱,享有“水果皇后”的美称^[1-5]。草莓植株矮小,便于管理,产量高,效益好,尤其是近年来设施栽培技术的应用使草莓的供应期大大延长,在我国的栽培面积逐年增加^[6-7]。据国家统计局统计,2020 年我国草莓种植总面积已达到 $131.6 \times 10^3 \text{ hm}^2$,总产量 $344.9 \times 10^4 \text{ t}$,是世界上草莓生产和消费的第一大国。

氮素是园艺作物生长和发育必需的重要元素之一,也是果树生长发育的重要物质基础,对器官构建、物质代谢和诸多生理生化过程有不可替代的作用^[8-12]。研究发现,适量施加氮肥能够显著促进园艺作物叶片的光合作用,增加叶绿素含量和叶面积,促进作物根系的生长发育,还可促进花芽分化,提高坐果率,提高果实的单果质量和可溶性固形物含量^[13-16]。但是过量施加氮肥也会对作物造成许多不良的影响,比如会导致树体旺长、加重树体的生理病害、果实品质下降^[17-18]。园艺作物利用氮素的形式主要包括硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)、铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、尿素($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)和氨基酸,生产上施用的氮肥主要以尿素为主^[19-23]。

在我国,由于种植者对产量和经济效益的盲目追求,施氮量急剧增加,是发达国家氮肥用量的 4~5 倍,在浪费资源的同时也严重污染了环境^[24]。近

年来,国内外学者逐渐认识到这一问题,并建立了一系列科学施肥的方法和模型,比如在大田作物水稻^[25]、小麦^[26]和棉花^[27]上就建立了施氮模型,实现了定量施氮。番茄、葡萄和黄瓜等园艺作物也可通过叶面积大小、叶柄硝态氮浓度和叶片叶绿素含量等指标指导氮肥的用量,这为园艺作物定量施氮奠定了基础^[28]。

目前,在草莓生产中对氮肥的研究相对较少,果农经验施肥、偏施氮肥的现象较为普遍,而实现草莓氮肥的科学定量管理,不仅是增加果农收益、节约肥料资源和保护环境的需要,也是草莓可持续发展的必由之路。因此,积极开展草莓定量施氮的相关研究工作迫在眉睫。本研究以优质草莓品种‘红颊’为试材,在水平架式联体穴盘育苗模式下研究苗期不同施氮处理对草莓苗体生长发育及果实的影响,以期筛选出最佳的施氮水平,为苗期草莓的定量施氮提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在江苏丘陵地区镇江农业科学研究所草莓园内进行,供试材料为草莓优良品种‘红颊’。

11 月上旬,在草莓生产田中选取健壮的匍匐茎作为母株扦插在穴盘中培养,次年 3 月下旬选择生长旺盛的无病母株进行育苗,将氮肥均匀混合在育

苗基质中进行苗期氮素处理,试验共设置 0,0.025,0.050,0.100,0.200 和 0.250 g/株 6 个水平氮素用量,分别用 CK、F1、F2、F3、F4 和 F5 表示,施用的氮肥为缓释型尿素(含氮量 46%),每处理 400 株,重复 3 次。6 月初将有须根的子苗与种苗切断,定植在穴盘内,8 月末将子苗移栽到定植田中。定植前测定不同处理种苗花芽分化率、生长指标(植物鲜质量、干质量、株高、根茎粗),定植后测定不同处理植株形态、叶柄硝态氮含量、顶花房的物候期、果实品质与产量等指标。

1.2 试验方法

1.2.1 花芽分化形态观测 定植前,采摘不同处理同一时期的花芽,在普通光学显微镜下观测花芽的分化情况,当花原基突起时即可认为是花芽分化,计算花芽分化率(花芽分化率=花芽分化种苗数/种苗总数)。每处理随机选取植株 20 株,重复 3 次。

1.2.2 植株形态观测 参照《草莓种质资源描述规范和数据标准》调查植物学性状^[29],于定植前统计各处理草莓种苗的繁苗系数:繁苗系数=草莓母株繁殖种苗数/母株数量;用直尺测量植株株高;游标卡尺测量根茎粗;用电子天平称量植株的鲜质量和干质量,计算鲜干比。定植后于 11 月初(第 1 次腋花芽显蕾期)、次年的 1 月初(第 2 次腋花芽显蕾期)、3 月初(第 3 次腋花芽显蕾期)用直尺测定不同处理植株的叶长、叶宽、叶柄长、株高和株冠,测定叶片均为倒 3 叶,每处理 5 株,重复 3 次。

1.2.3 叶柄硝态氮含量测定 分别于定植前(8 月末,1 次)和定植后(9 月中旬至次年 3 月中旬)采集草莓倒 3 叶(采样时间为 08:00—09:00),测定叶柄硝态氮含量(次年 1 月因外界温度低植株长势弱未测)。将倒 3 叶上的叶片掐除,叶柄于液氮中研磨,准确称量 5 g 研磨后样品,放入超低温冰箱保存待用。测定时,将上述样品在沸水中浸提 30 min,随后冷却至室温,吸取样品液 0.1 mL 于试管中,加入

体积分数 5%水杨酸-硫酸溶液 0.4 mL,混匀室温静置 20 min,再缓慢加入 9.5 mL 的 80 g/L NaOH 溶液,在 410 nm 波长下测其光密度,计算硝态氮含量^[30],每处理 10 株,重复 3 次。

1.2.4 物候期调查 以 25%的植株花蕾显露的日期为显蕾期,以 75%植株花开放的日期为盛花期,以 5%果实成熟的日期为始熟期。调查各处理草莓的显蕾期、盛花期和始熟期,每处理调查 20 株,重复 3 次。

1.2.5 果实品质测定 于当年 12 月至次年草莓采收结束的 5 月,在每月中旬从各处理中随机选取成熟果实 10 个,分别用硬度计(GY-1,中国)和手持折光仪(TGO,日本)测定果实中部的硬度、可溶性固形物含量,重复 3 次。

1.2.6 产量测定 每处理随机选取 15 株,进行单果质量以及前期(12 月底之前)、中期(次年 1~2 月份)和后期产量(次年 3~5 月)测定,前期、中期和后期产量之和为总产量。每处理重复 3 次。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 23 软件进行试验数据统计分析和差异显著性检验, $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 苗期氮素处理对定植前草莓花芽分化、繁苗系数和生长的影响

由表 1 可知,随着施氮量的增加,草莓花芽分化率逐渐降低,表明低水平的氮素用量有利于花芽分化。6 个处理中,F4 处理的繁苗系数最高,其次是 F5 和 F2 处理,三者均明显高于其他处理。随着施氮量的增加,草莓植株的鲜质量和干质量均呈先升高后降低再升高的趋势,鲜干比呈先升高后降低的趋势。除了 F2 处理外,其余施氮处理的株高均显著高于 CK。F5 和 F2 处理的根茎粗均较高,F4 处理最低。

表 1 苗期氮素处理对定植前草莓生长形态的影响

Table 1 Effects of nitrogen treatment at strawberry seedling stage on growth morphology before colonization stage							
处理 Treatment	花芽分化率/% Flower bud differentiation	繁苗系数 Seedlings coefficient	鲜质量/ (g·株 ⁻¹) Fresh weight	干质量/ (g·株 ⁻¹) Dry weight	鲜干比 Fresh dry ratio	株高/cm Plant height	根茎粗/cm Stem diameter
CK	75.00 a	18.24 d	29.36 c	8.08 b	3.63 e	8.88 c	0.75 b
F1	66.67 b	23.24 c	19.85 d	5.17 e	3.84 d	9.83 b	0.75 b
F2	60.00 c	27.50 ab	34.23 b	7.15 c	4.78 c	8.25 d	0.80 a
F3	37.50 d	25.40 bc	34.55 b	6.74 d	5.12 b	9.90 b	0.73 b
F4	25.00 e	30.00 a	20.91 d	3.78 f	5.53 a	9.60 b	0.65 c
F5	15.00 f	27.20 ab	41.13 a	8.59 a	4.78 c	13.00 a	0.83 a

注:同列数据后标不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。
Note:Different small letters indicate significant difference at $P<0.05$. The same below.

2.2 苗期氮素处理对定植后草莓形态指标及叶柄硝态氮含量的影响

由表 2 可知,定植到生产田后,不同氮素处理草莓的叶长在次年 3 月份差异相对较大,其中以 F3 处理叶片最大,F4 最小;其余月份各处理间无显著差异。当年 11 月至次年 1 月和 3 月,随着施氮量的增加,不同处理的叶宽无显著差异;随着定植时间的延长,各处理间叶宽总体呈下降趋势。当年 11 月份不

同处理的叶柄长有明显差异,以 F2 处理最长,F3 最短;次年 1 月和 3 月各处理间叶柄长无显著差异。当年 11 月份各处理草莓的株高也有明显差异,以 F2 处理最高,F5 次之;次年 1 月和 3 月各处理间株高无显著差异。当年 11 月和次年 1 月不同处理的株冠有明显差异,均以 F4 处理最大;3 月份各处理间株冠无显著差异。

表 2 苗期氮素处理对定植后草莓植株形态指标的影响

Table 2 Effects of nitrogen treatment at seedling stage on plant morphological indicators							cm
时间 Time	处理 Treatment	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	叶柄长 Petiole length	株高 Plant height	株冠 Canopy	
当年 11 月 In November this year	CK	9.00 a	8.10 a	10.00 ab	14.10 b	33.30 ab	
	F1	8.80 a	7.90 a	10.80 ab	13.20 b	31.80 ab	
	F2	9.10 a	7.70 a	11.70 a	18.30 a	34.30 ab	
	F3	8.60 a	8.00 a	9.00 b	13.50 b	30.30 b	
	F4	8.90 a	8.00 a	10.40 ab	13.50 b	35.70 a	
	F5	8.80 a	7.90 a	10.20 ab	15.00 ab	32.50 ab	
次年 1 月 In January next year	CK	7.30 a	6.10 a	8.90 a	10.20 a	39.90 ab	
	F1	7.00 a	5.80 a	8.40 a	10.40 a	41.00 ab	
	F2	7.60 a	5.90 a	10.30 a	12.10 a	39.70 ab	
	F3	7.10 a	6.00 a	8.10 a	11.20 a	38.10 b	
	F4	7.30 a	6.00 a	9.70 a	10.50 a	42.80 a	
	F5	7.30 a	5.80 a	9.20 a	12.40 a	39.30 ab	
次年 3 月 In March next year	CK	7.10 ab	5.70 a	8.20 a	12.50 a	29.60 a	
	F1	7.50 ab	5.80 a	8.50 a	13.80 a	30.90 a	
	F2	7.40 ab	5.80 a	8.80 a	14.00 a	28.20 a	
	F3	7.80 a	6.00 a	8.50 a	13.80 a	31.00 a	
	F4	6.90 b	5.40 a	9.30 a	12.80 a	31.20 a	
	F5	7.70 a	5.80 a	9.60 a	14.40 a	32.80 a	

由表 3 可知,在当年 8 和 9 月,草莓叶柄硝态氮含量随着施氮量的增加而逐渐增大,不同处理间差异较大,其中以 F5 处理最高,是其他处理的 1.1~2.1 倍。在当年 10 和 11 月,随着施氮量的增加,草莓叶柄硝态氮含量呈先增加后降低再增加的趋势。

在当年 12 月至次年 3 月,各施氮处理草莓叶柄硝态氮含量与 CK 差异总体较小。在同一处理下,随着栽培时间的延长,草莓叶柄硝态氮含量呈先上升后下降的趋势,均以当年 11 月最高,此时植株长势最旺。

表 3 苗期氮素处理对草莓叶柄硝态氮含量的影响

Table 3 Effects of nitrogen treatment at seedling stage on nitrate content in strawberry petioles								mg/kg
处理 Treatment	当年 8 月 In August this year	当年 9 月 In September this year	当年 10 月 In October this year	当年 11 月 In November this year	当年 12 月 In December this year	次年 2 月 In February next year	次年 3 月 In March next year	
CK	534.30 e	475.90 f	901.00 f	2 110.00 c	1 700.00 abc	1 973.30 a	1 300.00 ab	
F1	668.70 d	550.80 e	2 355.30 a	4 340.00 a	1 973.30 a	1 053.30 c	733.30 c	
F2	693.60 d	641.80 d	2 139.80 b	3 380.00 b	1 126.70 c	1 266.70 bc	980.00 bc	
F3	831.50 c	699.90 c	1 450.20 e	3 226.70 b	1 853.30 ab	1 253.30 bc	980.00 bc	
F4	1 023.30 b	744.70 b	1 526.70 d	2 126.70 c	1 266.70 bc	1 870.00 ab	1 323.30 ab	
F5	1 133.00 a	817.70 a	1 900.10 c	2 226.70 c	1 253.30 bc	1 013.30 c	1 530.00 a	

2.3 苗期氮素处理对草莓物候期、果实品质及产量的影响

表 4 中,与 CK 相比,F1、F2 和 F3 处理的显蕾期、盛花期和始熟期均不同程度地提前,其中 F2 处理表现最为明显,其显蕾期、盛花期和始熟期较 CK 分

别提早了 17,30 和 28 d;而 F4 和 F5 处理物候期明显推迟,其中 F5 的盛花期和始熟期较 CK 分别推迟了 22 和 26 d。结果表明,在满足一定的氮素水平后,施氮量越少草莓的早熟化程度越高,而施氮量过多会导致草莓果实成熟期延迟。

表 4 苗期氮素处理对草莓物候期的影响

Table 4 Effects of nitrogen treatment at seedling stage on strawberry phenology

处理 Treatment	显蕾期 Budding period	盛花期 Full-bloom period	始熟期 Begin ripening period
CK	09-30	11-01	12-03
F1	09-28	10-25	11-17
F2	09-13	10-02	11-05
F3	09-19	10-15	11-13
F4	10-05	11-11	12-15
F5	10-09	11-23	12-29

由表 5 可知,同一月份下不同处理间草莓果实可溶性固形物含量无显著差异,但在当年 12 月至次年 3 月,F3 处理的可溶性固形物含量总体较高;而次年 4 月和 5 月,CK 处理的可溶性固形物含量最高。随着栽培时间的推移,各处理可溶性固形物含量表现为先上升后下降的趋势。

表 6 结果表明,随着时间的延长,各处理草莓果

表 5 苗期氮素处理对草莓果实可溶性固形物含量的影响

Table 5 Effects of nitrogen treatment at seedling stage on strawberry fruit soluble sugar content						%
处理 Treatment	当年 12 月 In December this year	次年 1 月 In January next year	次年 2 月 In February next year	次年 3 月 In March next year	次年 4 月 In April next year	次年 5 月 In May next year
CK	10.45 a	11.40 a	11.30 a	11.00 a	8.70 a	8.30 a
F1	11.10 a	11.80 a	11.50 a	10.40 a	8.50 a	8.00 a
F2	10.27 a	10.70 a	10.80 a	9.10 a	8.00 a	7.20 a
F3	11.50 a	11.90 a	11.40 a	11.20 a	8.30 a	8.00 a
F4	10.50 a	11.50 a	11.10 a	11.00 a	7.20 a	7.20 a
F5	10.30 a	11.20 a	10.10 a	11.00 a	8.20 a	8.00 a

表 6 苗期氮素处理对草莓果实硬度的影响

Table 6 Effects of nitrogen treatment at seedling stage on strawberry fruit hardness						kg/cm ²
处理 Treatment	当年 12 月 In December this year	次年 1 月 In January next year	次年 2 月 In February next year	次年 3 月 In March next year	次年 4 月 In April next year	次年 5 月 In May next year
CK	3.45 a	3.63 b	3.85 ab	3.80 ab	3.35 a	3.15 a
F1	3.63 a	4.08 ab	3.60 b	3.18 c	3.20 a	3.20 a
F2	3.35 a	4.28 a	4.13 a	4.10 a	3.50 a	3.20 a
F3	3.73 a	3.75 ab	3.80 ab	3.40 bc	3.15 a	3.10 a
F4	3.80 a	4.30 a	3.70 b	3.75 b	3.70 a	3.25 a
F5	3.96 a	3.80 ab	3.95 ab	3.96 ab	3.55 a	3.20 a

表 7 苗期氮素处理对草莓果实产量的影响

Table 7 Effects of nitrogen treatment at seedling stage on strawberry fruit yield						
处理 Treatment	平均单果质量/g Average single fruit weight	前期产量/ (g·株 ⁻¹) Early yield	中期产量/ (g·株 ⁻¹) Middle yield	后期产量/ (g·株 ⁻¹) Late yield	总产量/ (g·株 ⁻¹) Total yield	前期产量占总 产量比例/% Early yield/total yield
CK	10.3 d	90.0 d	50.0 d	136.0 b	276.0 d	32.7 d
F1	12.6 c	121.5 c	73.1 b	98.6 d	293.2 c	41.4 b
F2	16.4 a	161.0 b	65.0 c	107.0 d	333.0 b	48.3 a
F3	16.7 a	183.0 a	71.3 b	126.0 c	380.3 a	48.1 a
F4	15.6 a	128.0 c	43.0 e	155.0 a	326.0 b	39.3 c
F5	14.8 b	24.5 e	183.2 a	117.5 c	325.2 b	7.5 e

注:前期产量为当年 12 月底前的产量,中期产量为次年 1~2 月份的产量,后期产量为次年 3~5 月份的产量。

Note:Early production is the yield before the end of December of this year,middle production is the yield of January and February of next year,late production is the yield of March,April and May of next year.

实硬度均呈先上升后下降的趋势;除了次年 1 月和 3 月,其余月份各施氮处理果实硬度与 CK 之间均无显著差异。

由表 7 可知,各施氮处理平均单果质量均显著高于 CK,其中以 F3 处理最大。除了 F5 处理外,其余处理草莓前期产量均显著高于 CK,其中以 F3 处理最高,达到 183.0 g/株。除 F4 处理外,其余处理草莓中期产量均显著高于 CK,其中以 F5 处理最高,达到 183.2 g/株。6 个处理中,只有 F4 处理的后期产量显著高于 CK,其余施氮处理的后期产量均显著低于 CK。各施氮处理的总产量均显著高于 CK,其中以 F3 处理最大,达 380.3 g/株,尤其是在前期草莓单价较高时,该处理的前期产量和前期产量占总产量的比例均较高,经济效益较好。因此在今后的水平架式穴盘基质育苗模式下,苗期草莓的适宜施氮量为 0.100 g/株。

3 讨论

氮素既是植物必需的养分,同时也可作为一种感知信号,氮素信号的改变会影响植物体内的碳氮代谢水平,进而影响植物的生长发育和果实品质^[24]。本试验以优质草莓品种‘红颊’为试材,研究了苗期不同施氮水平对草莓生长发育及果实品质的影响,结果表明,苗期施氮处理既可影响定植前草莓植株的生长形态,还可影响定植后草莓的物候期和果实产量。

有研究表明,氮素能够增强植株的营养生长,随着施氮量的增加,草莓植株的株高、茎粗、叶面积以及总产量等增大^[31-33]。本试验中,定植前 F5 处理的施氮量最多,其株高、根茎粗、鲜质量和干质量均最大,可知施氮量为 0.250 g/株时草莓苗最粗壮。此外,所有施氮处理的繁苗系数都显著大于 CK,说明氮素能够提高草莓的繁苗系数。苗期氮素处理对定植后草莓植株形态指标总体上未产生显著的影响,这可能是因为定植后草莓能够在基质中获得足够的营养元素,苗期氮素影响相对较小。

植株硝态氮含量能灵敏地反映植物对氮的需求状况,可以用其代替全氮含量作为植物氮素营养丰缺的诊断指标^[34]。本研究发现,草莓定植期前后(即当年 8、9 月份),随着施氮量的增加,各处理叶柄硝态氮含量增大;各施氮处理和 CK 叶柄硝态氮含量均在 11 月份最高,随后呈下降趋势。因此,建议在生产中检测草莓定植前后的硝态氮含量作为氮肥丰缺的指标。

一般情况下,合理施用氮肥会促进园艺植物的长势,而过量施氮容易造成植株“疯长”,进而影响开花时期乃至产量^[15]。本研究中,与 CK 相比,施氮量较低处理草莓的显蕾期、盛花期和始熟期都明显提前,而施氮量较多的处理明显推迟,这提示人们可以通过苗期施用不同水平氮素改变草莓的物候期。设施草莓的上市期一般在 12 月下旬至翌年 1 月上旬,12 月底前的早期果产量较低,但价格居全年最高,为年后价格的 2~4 倍。本试验中,F3 处理的早期产量和总产量均显著高于其他处理,主要果实指标可溶性固形物含量和平均硬度与其他处理没有显著差异,是比较适宜的苗期氮肥施用量。

综上所述,本研究分析了苗期定量施氮对草莓叶柄硝态氮含量、植株外观形态、物候期及产量的影响,果农可通过调整繁苗地的氮肥用量,增强苗体自身抗性,繁育出健壮的子苗,进而实现高产和早产。

[参考文献]

- [1] 邓明琴,雷家军.中国果树志:草莓卷[M].北京:中国林业出版社,2005.
Deng M Q, Lei J J. Chinese fruit tree records-strawberry roll [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2005.
- [2] Giampieri F, Alvarez-Suarez J M, Battino M. Strawberry and human health: effects beyond antioxidant activity [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(18): 3867-3876.
- [3] Giampieri F, Forbes-Hernandez T Y, Gasparri M, et al. Strawberry as a health promoter: an evidence based review [J]. Food & Function, 2015, 6(5): 1386-1398.
- [4] Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez J M, et al. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health [J]. Nutrition, 2012, 28(1): 9-19.
- [5] Afrin S, Gasparri M, Forbes-Hernandez T Y, et al. Promising health benefits of the strawberry: a focus on clinical studies [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(22): 4435-4449.
- [6] van Delm T, Melis P, Stoffels K, et al. Strawberry plant architecture and flower induction in plant production and strawberry cultivation [J]. Acta Horticulturae, 2014(1049): 489-494.
- [7] Zhang Y T, Wang G X, Chang L L, et al. Current status of strawberry production and research in China [J]. Acta Horticulturae, 2014(1049): 67-71.
- [8] 张立新,张林森,李丙智,等.旱地苹果矿质营养及其在生长发育中的作用[J].西北林学院学报,2007,22(3):111-115.
Zhang L X, Zhang L S, Li B Z, et al. Mineral nutrition elements and their roles in growth and development of apple trees in arid areas [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(3): 111-115.
- [9] Raese J T, Drake S R, Curry E A. Nitrogen fertilizer influences fruit quality, soil nutrients and cover crops, leaf color and nitrogen content, biennial bearing and cold hardiness of ‘golden delicious’ [J]. Journal of Plant Nutrition, 2007, 30(10): 1585-1604.
- [10] Chen L S, Cheng L L. Photosynthetic enzymes and carbohydrate metabolism of apple leaves in response to nitrogen limitation [J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2004, 79(6): 923-929.
- [11] Neuweiler R. Nitrogen fertilization in integrated outdoor strawberry production [J]. Acta Horticulturae, 1997(439): 747-752.
- [12] Gariglio N F, Pilatti R A, Baldi B L. Using nitrogen balance to calculate fertilization in strawberries [J]. Hort Technology, 2000, 10(1): 147-150.
- [13] 李文庆,张民,束怀瑞.氮素在果树上的生理作用[J].山东农业大学学报(自然科学版),2002,33(1):96-100.
Li W Q, Zhang M, Shu H R. The physiological effects of nitrogen on fruit trees [J]. Journal of Shandong Agricultural University, 2002, 33(1): 96-100.
- [14] 王刚,于进步,姜继元,等.不同施氮量对设施草莓生长状况的影响[J].蔬菜,2021(9):20-23.

- Wang G, Yu J B, Jiang J Y, et al. Effects of different nitrogen application rates on the growth of strawberry [J]. Vegetables, 2021(9): 20-23.
- [15] 钱 玲, 任建青, 童江云, 等. 不同施氮量对草莓生长发育、果实品质及产量的影响 [J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2020, 35(3): 530-534.
- Qian L, Ren J Q, Tong J Y, et al. Effect of different nitrogen levels on the growth and development, fruit quality and yield of strawberry [J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2020, 35(3): 530-534.
- [16] 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): 755-762.
- [17] 彭福田, 姜远茂, 顾曼如, 等. 落叶果树氮素营养研究进展 [J]. 果树学报, 2003, 20(1): 54-58.
- Peng F T, Jiang Y M, Gu M R, et al. Advances in research on nitrogen nutrition of deciduous fruit crops [J]. Journal of Fruit Science, 2003, 20(1): 54-58.
- [18] 李 凡, 魏 桦, 戚建国, 等. 成熟期施氮对富士苹果糖含量及相关基因表达的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(8): 111-119.
- Li F, Wei H, Qi J G, et al. Effects of nitrogen application at mature stage on sugar contents and related gene expression of Fuji apple [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2021, 49(8): 111-119.
- [19] 邢 瑶, 马兴华. 氮素形态对植物生长影响的研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(2): 109-117.
- Xing Y, Ma X H. Research progress on effect of nitrogen form on plant growth [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2015, 17(2): 109-117.
- [20] Guo S W, Zhou Y, Gao Y X, et al. New insights into the nitrogen form effect on photosynthesis and photorespiration [J]. Pedosphere, 2007, 17(5): 601-610.
- [21] Zebarth B J, Tai H, Luo S N, et al. Effect of nitrogen form on gene expression in leaf tissue of greenhouse grown potatoes during three stages of growth [J]. American Journal of Potato Research, 2012, 89(4): 315-327.
- [22] Walch-Liu P, Neumann G, Bangerth F, et al. Rapid effects of nitrogen form on leaf morphogenesis in tobacco [J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 51(343): 227-237.
- [23] Kim T, Mills H A, Wetzstein H Y. Studies on effects of nitrogen form on growth, development, and nutrient uptake in pecan [J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(3): 497-508.
- [24] 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.
- Peng F T, Zhang Q, Jiang Y M, et al. Effect of nitrogen application on nitrogen absorption, distribution and yield of strawberry [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2006, 12(3): 400-405.
- [25] 薛利红, 曹卫星, 罗卫红, 等. 基于冠层反射光谱的水稻群体叶片氮素状况监测 [J]. 中国农业科学, 2003, 36(7): 807-812.
- Xue L H, Cao W X, Luo W H, et al. Diagnosis of nitrogen status in rice leaves with the canopy spectral reflectance [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(7): 807-812.
- [26] 刘宏斌, 张云贵, 李志宏, 等. 光谱技术在冬小麦氮素营养诊断中的应用研究 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(11): 1743-1748.
- Liu H B, Zhang Y G, Li Z H, et al. Application of canopy spectral reflectance in monitoring nitrogen status of winter wheat [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(11): 1743-1748.
- [27] 吕 新, 魏亦农, 李少昆. 基于 GIS 的土壤肥力信息管理及棉花施肥推荐支持决策系统研究 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(7): 883-887.
- Lü X, Wei Y N, Li S K. Research on management of soil fertility information and fertilization decision support system in cotton [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35(7): 883-887.
- [28] 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, 39(1): 1-3.
- Sui J, Jiang Y M, Peng F T, et al. Quality of strawberry fruit as influenced by nitrogen supplied at different levels [J]. Deciduous Fruits, 2007, 39(1): 1-3.
- [29] 赵密珍, 王桂霞, 钱亚明. 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: 12-20.
- Zhao M Z, Wang G X, Qian Y M. The data standard and specification description of genetic resources in strawberry [M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2006: 12-20.
- [30] 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, 1999: 587-588.
- Lu R K. The method of soil and agrochemical analysis [M]. Beijing: Press of Scientific Agricultural Technology, 1999: 587-588.
- [31] 郑洪波, 李亚莉, 耿庆龙, 等. 不同氮素水平下的草莓生长状况研究 [J]. 新疆农业科学, 2017, 54(1): 104-109.
- Zheng H B, Li Y L, Geng Q L, et al. Strawberry growth under different nitrogen levels [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2017, 54(1): 104-109.
- [32] 刘春博. 不同栽培模式和施氮量对草莓果实发育及品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(24): 159-163.
- Liu C B. Influences of different cultivation modes and nitrogen amounts on development and quality of strawberry fruits [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(24): 159-163.
- [33] 王芷君, 罗志伟, 沈雪梅, 等. 不同施肥处理对草莓生长及果实品质的影响 [J]. 云南农业科技, 2022(1): 14-16.
- Wang Z J, Luo Z W, Shen X M, et al. Effect of different fertilization treatments on strawberry growth and fruit quality [J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 2022(1): 14-16.
- [34] Zhen R G, Leigh R A. Nitrate accumulation by wheat (*Triticum aestivum*) in relation to growth and tissue nitrogen concentration [J]. Plant and Soil, 1990, 124: 157-160.