

庞夫花,赵密珍,王 静,等. 不同形态氮肥供应对草莓宁玉生长的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):179-181.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.21.042

不同形态氮肥供应对草莓宁玉生长的影响

庞夫花,赵密珍,王 静,蔡伟建,孟宪凤

(江苏省农业科学院果树研究所/江苏省高校园艺作物遗传改良重点实验室,江苏南京 210014)

摘要:以草莓宁玉为试材,研究不同形态氮肥对草莓株高、茎粗、根数、根长、物候期、果实品质及植株总氮含量的影响。结果表明,在以硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)和铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)单独作为氮源时,草莓植株生长缓慢,株高、茎粗、根数、根长明显小于 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 混合作为氮源的植株;在一定的浓度范围内,施用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 比施用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 能够提早草莓植株的显蕾开花;在果实成熟期以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 作为唯一氮源的处理,果实硬度、单株产量明显下降。由此可见,在草莓生长过程中,在一定浓度范围内 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 混合作为氮源的肥料更有利于植株的生长。

关键词:草莓;宁玉;氮源; $\text{NO}_3^- - \text{N}$; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$; 生长发育;果实性状

中图分类号: S668.406 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)21-0179-03

氮素作为生命元素,是植物体内许多重要化合物的组成成分,同时参与植物体内物质和能量的代谢^[1]。氮素是氨基酸、蛋白质、核酸、叶绿素、激素、酶、维生素、生物碱以及其他代谢产物的主要成分^[2]。植物吸收利用的氮素主要形态是硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)和铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)。从理论上分析,作物应偏向于吸收 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,因为植物吸收高度氧化态的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 后,只有通过还原作用转化为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,才能参与进一步的代谢过程,每还原 1 个 NO_3^- 大约要消耗 15 个 ATP 分子。因此,理论上供 NH_4^+ 要比 NO_3^- 的植株获得更高的生物产量。但已有研究表明,大部分作物生长于好气土壤条件下,在生长发育的过程中,吸收的氮素都以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主^[3-7]。

草莓(*Fragaria ananassa* Duchesne)属于蔷薇科草莓属多年生草本植物,适应性很强,从低纬度的热带地区到高纬度的亚热带地区都有广泛分布。但是,草莓的营养生长和生殖生长比其他任何水果作物都更易受到环境影响,光照、温度、光周期、 CO_2 浓度、有效氮含量均会影响草莓的生长。因此,本研究以草莓宁玉^[8-11]为试材,通过供应不同形态的氮肥,观察草莓植株生长状况及果实性状,探究不同形态的氮肥对草莓生长结果的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验在江苏省农业科学院草莓资源圃(118°88'31"E,

32°03'96"N)进行,以宁玉为供试草莓品种,于 2016 年 7 月 3 日从田间挖取健壮、长势一致的草莓苗,洗净根部泥土,移栽于育苗盆中,育苗基质由珍珠岩和蛭石按体积比为 8:1 混合而成,缓苗期只浇清水,缓苗后从 7 月 8 日开始进行营养液浇灌,每周 2 次,每次 100 mL/株。

营养液采用改良型日本山崎配方,具体如下:大量元素包括 236 mg/L $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、404 mg/L KNO_3 、123 mg/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、115 mg/L $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$;微量元素配方包括 2.86 mg/L H_3PO_3 、2.13 mg/L $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、0.22 mg/L $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.08 mg/L $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、0.02 mg/L $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、30.00 mg/L 乙二胺四乙酸铁(Ⅲ)钠(EDTA-NaFe)。

1.2 试验方法

1.2.1 不同氮肥配比 以改良的山崎营养液为基础,通过改变营养液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的比例,试验共设 4 个处理,分别为铵态氮营养液($\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N} = 0 : 12$)、硝态氮+铵态氮营养液($\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N} = 6 : 6$)、改良山崎营养液($\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N} = 10 : 2$)、硝态氮营养液($\text{NO}_3^- - \text{N} : \text{NH}_4^+ - \text{N} = 12 : 0$),分别用 CL_1 、 CL_2 、 CL_3 、 CL_4 表示,每个处理日的全氮总浓度一致,均为 84 mg/L(6 mol/L),每处理 100 株植株。在营养液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 用 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 补充,P 元素用 KH_2PO_4 补充,Ca 元素用 CaCl_2 补充,K 元素用 KCl 补充,另外采用浓度为 1% 的 NaOH 、 HCl 调 pH 值,使得 pH 值为 6.5 左右。

1.2.2 植株生物学特性 处理 20、40、60 d 后,随机选取 3 株草莓植株,测量其株高、茎粗、根数、根长;处理 40 d 时,每处理随机选取 5 株草莓植株,将其分为叶片、叶柄、根茎 3 部分,115 ℃ 杀青 30 min 后,65 ℃ 烘干至恒质量,然后采用凯氏定氮法^[11]测定其全氮含量。

1.2.3 物候期及品质测定 通过观察植株物候期,详细记录植株显蕾期、始花期、果实始熟期;待果实成熟后测定其可溶性固形物含量、硬度;统计植株第 1 序的花序数、单株产量、最大单果质量。可溶性固形物含量用糖度计测定,果实硬度用

收稿日期:2019-02-20

基金项目:江苏省重点研发计划(现代农业)(编号:BE2018389);苏北科技专项(编号:SZ-LYG2017001);江苏现代农业产业体系建设专项资金(编号:JATS[2018]256);苏州市科技计划(编号:SNG2017084)。

作者简介:庞夫花(1989—),女,山东新泰人,硕士,助理研究员,研究方向为草莓种质资源。E-mail:pangfuhua0929@163.com。

通信作者:赵密珍,硕士,研究员,研究方向为草莓种质资源创新与新品种选育。E-mail:njzhaomz@163.com。

表 1 营养液中大量元素的含量

处理	mg/L							
	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	KNO ₃	MgSO ₄ ·7H ₂ O	NH ₄ H ₂ PO ₄	KCl	CaCl ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	KH ₂ PO ₄
CL ₁	—	—	123	115.03	298.2	111	396.42	
CL ₂	236.15	202.2	123	115.03	149.1	—	132.14	
CL ₃	236.15	404.4	123	115.03	—	—	—	
CL ₄	236.15	505.5	123	—	—	—	—	136.09

数显示水果硬度计测定,取样和测定方法均参照《草莓种质资源苗数规范和数据标准》。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥条件对草莓植株生长的影响

由表 2 可知,施用不同形态的氮肥对草莓植株的株高、茎粗均具有一定的影响,且表现具有一致性。当以 NO₃⁻-N、

NH₄⁺-N 单独作为唯一氮源时,植株株高、茎粗生长速度较其他 2 个处理显著下降,在一定处理时间内,当 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N 混合作为氮源时,植株株高、茎粗较单一氮源显著增加。CL₁、CL₄ 处理 60 d 后,植株株高分别为 21.07、21.77 cm,显著低于 CL₂、CL₃ 处理。说明在一定浓度范围内,单一形态的氮源不利于草莓植株株高、茎粗的生长。

表 2 不同氮肥处理 20、40、60 d 后草莓植株的株高及茎粗变化

处理	株高 (cm)			茎粗 (mm)		
	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d
CL ₁	13.63a	16.97b	21.07c	8.73c	11.29b	13.81c
CL ₂	13.97a	18.87a	24.70a	9.29a	12.86a	15.18a
CL ₃	13.73a	18.63a	23.53b	9.16ab	12.61a	15.51a
CL ₄	13.57a	17.37b	21.77c	8.91bc	11.56b	14.52b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 3、表 4 同。

由表 3 可知,不同氮肥对植株的根数、根长具有一定的影响,具体表现为在氮元素浓度相同的条件下,随着 NO₃⁻-N 含量比重的升高,植株的根数、根长均呈先增加后降低的趋势。处理 60 d 后,植株根数表现为 CL₂ 处理 > CL₃ 处理 >

CL₄ 处理 > CL₁ 处理,根长表现为 CL₃ 处理 > CL₂ 处理 > CL₄ 处理 > CL₁ 处理,NH₄⁺-N 作为唯一氮源处理的植株,根数、根长普遍低于其余处理。说明在一定浓度范围内,NH₄⁺-N 作为唯一氮源不利于草莓根系的增加和伸长。

表 3 不同氮肥处理 20、40、60 d 后植株的根数及根长变化

处理	根数 (条)			根长 (cm)		
	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d
CL ₁	14.7c	23.7c	33.0c	7.97b	14.30b	17.87c
CL ₂	20.3a	32.3a	41.0a	8.57a	15.73a	20.23b
CL ₃	19.0b	28.7ab	37.3b	8.63a	16.30a	22.27a
CL ₄	17.3b	26.3bc	35.7bc	8.07b	14.80b	18.23c

2.2 不同氮源处理对草莓物候期的影响

由表 4 可知,不同形态氮源处理对草莓植株的物候期具有一定的影响,在 CL₂ 处理下,植株在 10 月 9 日进入显蕾期,比 CL₁、CL₄ 处理分别提前 6、3 d。说明在一定的浓度范围内,NO₃⁻-N 作为氮源比 NH₄⁺-N 作为氮源有助于草莓植株的显蕾开花。

2.3 不同氮肥处理对草莓植株总氮含量的影响

由表 5 可知,草莓植株的叶片、根茎为氮元素的主要贮藏部位,叶柄的储氮量相对较少。CL₁、CL₂、CL₃、CL₄ 处理草莓植株叶片、叶柄、根茎的总计含氮量分别为 4.40、4.01、3.56、3.82 mg/g,说明在一定浓度范围内,植物组织中总氮浓度随营养液中 NH₄⁺-N 浓度的增加呈现先减少后增加的趋势。

表 4 不同氮肥处理对草莓物候期的影响

处理	物候期 (月-日)			
	显蕾期	始花期	盛花期	始熟期
CL ₁	10-15	10-21	11-01	11-12
CL ₂	10-09	10-16	10-23	11-06
CL ₃	10-10	10-18	10-25	11-08
CL ₄	10-12	10-19	10-26	11-09

表 5 不同氮肥处理对草莓植株叶片、叶柄及根茎含氮量的影响

处理	含氮量 (mg/g)		
	叶片	叶柄	根茎
CL ₁	2.79±0.11a	0.49±0.06c	1.12±0.05bc
CL ₂	2.13±0.05b	0.56±0.04b	1.32±0.05a
CL ₃	2.08±0.04b	0.45±0.03d	1.03±0.05c
CL ₄	1.84±0.02c	0.77±0.04a	1.21±0.03b

2.4 不同氮肥处理对草莓果实性状的影响

由表 6 可知,施用不同形态的氮源对草莓果实的可溶性固形物含量、硬度、单株产量、最大单果质量均具有一定的影响,且表现具有一致性,而对草莓植株的花序数影响不大。当以配比为 1:1 的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 作为氮源时,植株的

可溶性固形物、硬度、单株产量、最大单果质量均达到最大值,分别为 10.2%、1.73 kg/cm²、220.7 g、35.9 g;当以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 作为唯一氮源时,果实硬度、单株产量明显下降。说明在植株果实成熟期施用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 作为唯一氮源对植株的产量和硬度有抑制作用。

表 6 不同氮肥处理对草莓果实品质的影响

处理	可溶性固形物含量 (%)	硬度 (kg/cm ²)	单株产量 (g)	最大单果质量 (g)	花序数 (个)
CL ₁	9.7	1.49	177.5	31.0	13.1
CL ₂	10.2	1.73	220.7	35.9	13.9
CL ₃	9.9	1.61	210.6	33.3	13.2
CL ₄	9.6	1.54	188.0	32.5	13.3

3 讨论与结论

氮素对植物生理代谢和生长发育具有重要作用,氮素既是蛋白质、核酸、磷脂的主要成分,又是原生质、细胞核和生物膜的重要组成部分,通常被称为生命元素^[1],对植物的器官建造、物质代谢、生化过程、果实产量及品质形成都有不可替代的作用^[2]。

本研究表明,在草莓生长过程中,将 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 其中之一作为营养液中的唯一氮源时,对植株的株高、茎粗、根数、根长均具有一定的抑制作用,不利于草莓植株的健壮生长;当以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 作为营养液中的唯一氮源时,植株的花期较其他处理出现延迟现象,并且果实成熟后果实硬度较其他处理明显降低。以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 作为营养液中的混合氮源时,能够促进植株株高、茎粗以及根的生长,植株组织中的总氮含量随营养液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度的增加呈现先减少后增加趋势。

已有研究表明,高浓度的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 会导致植株的茎短而细,会抑制植株的生长;高浓度的 NH_4^+ 会减少植株对 Ca^{2+} 和 K^+ 等阳离子的吸收,Ca 的缺失会导致细胞膜完整性的丧失,从而降低植株 K^+ 和 Mg^{2+} 的浓度,影响叶绿体和线粒体的功能,这对植物是有害的,而 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 则相反^[12-13];郭英燕以草莓为试验对象,研究表明,植株吸收的¹⁵N 量,无论是春施还是夏施,均表现为¹⁵ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 多于¹⁵ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,认为果树是喜硝植物^[3]。

本试验结果显示,以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 作为唯一氮源均不利于草莓植株的生长,且以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 作为营养液中的唯一氮源时,果实成熟后果实硬度明显较低,与以上相关研究结果^[3,12-13]相一致。本试验结果表明,在草莓营养液中,应避免使用以单一的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 或者 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 作为唯一氮源的氮肥,混合使用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,能更好地促进草莓植株的生长。Tabatabaei 等研究表明,在以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为唯一氮源的营养液中添加一些 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 有助于降低溶液的 pH 值,对植物生长更有益^[14]。

参考文献:

- [1] 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):182-185.
- [2] 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.
- [3] 郭英燕. 草莓¹⁵N 吸收利用特性及氮对果实成熟生理进程的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2003.
- [4] Taghavi T S, Babalar M. The effect of nitrate and plant size on nitrate uptake and *in vitro* nitrate reductase activity in strawberry (*Fragaria × ananassa* cv. Selva) [J]. Scientia Horticulturae, 2007, 112(4): 393-398.
- [5] 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.
- [6] 王宇娟. 不同草莓品种氮效率差异及果实品质的比较研究[D]. 长春:吉林农业大学,2013:21-23.
- [7] 赖涛. 施用不同肥料对草莓生长和根系形态的影响及其机制[D]. 南京:南京农业大学,2006.
- [8] 赵密珍,王壮伟,钱亚明,等. 草莓新品种‘宁玉’[J]. 果农之友, 2011,38(9):8.
- [9] 赵密珍,庞夫花,袁华招,等. 不同栽培条件下草莓品种宁玉花序分化进程[J]. 江苏农业学报,2016,32(1):196-200.
- [10] 赵密珍,钱亚明,于红梅,等. 草莓品种宁玉大棚促成栽培定植试验[J]. 中国果树,2014(1):42-44.
- [11] 庞夫花,赵密珍,王钰,等. ‘宁玉’草莓花芽分化及其生化物质的变化[J]. 果树学报,2014,31(6):1117-1122,1201.
- [12] Kotsiras A, Olympios C M, Drosopoulos J, et al. Effect of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits[J]. Scientia Horticulturae, 2002, 95(3):175-183.
- [13] Darnell R L, Stutte G W. Nitrate concentration effects on $\text{NO}_3^- - \text{N}$ uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2001, 126(5):560-563.
- [14] Tabatabaei S J, Yusefi M, Hajiloo J. Effects of shading and $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 116(3):264-272.