

钾肥对草莓产量和品质的影响

宋科 姚政 徐四新 罗国安

(上海市农业科学院生态环境保护研究所, 上海 201403)



摘要: 通过小区试验研究了不同比例的氮、钾肥配施对草莓产量和品质的影响, 结果表明: 对上海浦东新区栽种的“章姬”草莓而言, 最佳施肥处理为 N20K30, 最佳处理的草莓产量为 2488 公斤/亩, 与不施氮、钾肥的对照相比, 最佳处理在每亩增施 20 公斤氮, 30 公斤钾的条件下, 草莓增产 1114 公斤/亩, 增产幅度最高达 80.99%, 增加的经济效益为 19776 元/亩。对草莓的品质而言, 施钾量在 30 公斤/亩的范围内, 增加施钾量对草莓果实中的可溶性固形物、维生素、糖度和固酸比等指标都有一定程度的提升作用, 同时高的施钾量也增加了草莓的酸度。在一定范围内, 增加施氮量也明显提升了评价草莓品质的各项指标, 但过高的施氮量也导致草莓含糖量和固酸比降低, 影响草莓品质。

关键词: 草莓; 氮; 钾; 产量; 品质; 施肥效应; 适宜用量

草莓 (*Fragaria ananassa*) 是蔷薇科草莓属多年生草本植物, 植株矮小, 果实汁多味香, 形美色艳, 风味可口, 是人们喜爱的果中珍品。且其营养成分不仅含糖和酸, 还含有丰富的 Vc, 经济价值较高。在上海市浦东新区大洪村种植草莓已有 10 年以上的历史, 当前种植的草莓品种以“章姬”为主, 主要采用大棚设施栽培。这种栽培方式不仅延长了鲜果的供应期, 而且产量高, 经济效益好, 其种植面积在当地逐年增加。但因果农施肥品种单一, 方式不合理, 导致草莓品质下降, 口感差, 不仅影响了经济效益, 而且在位置相对固定的大棚内连年种植, 造成了土壤结构变差, 次生盐渍化发生严重, 甚至因养分流失引起周边水体富营养化。

据研究, 产生 1 吨草莓果实需要吸收氮素 6~9kg, 五氧化二磷 1~3kg, 氧化钾 6~9kg^[1]。可见草莓对氮和钾的需求量较大, 对磷的需求量较低。而且以往的研究也表明随着施氮量的增加, 草莓的产量增加, 氮素的主要作用是为茎叶的生长发育提供物质保障, 是形成草莓体内蛋白质和叶片内叶绿素的重要组分, 也是保证草莓高产的最重要营养因素^[2]。除了氮, 草莓对钾也非常敏感, 钾可以促进果实成熟, 提高果实含糖量, 改善果实品质^[3]。同时, 钾也是草莓体内许多酶的活化剂, 能够促进一系列代谢过程的发生^[4]。因而, 在草莓发育的过程中, 尤其是在其生育的关键时期, 如果氮和钾的施用量不足会影响草莓的产量和品质。相反, 施用量太多也会导致草莓果实风味变淡, 着色欠佳, 达不到应有的质量要求。

当前设施栽培中有关草莓高产优质施肥技术的研究还

较少, 尤其是针对氮、钾肥配合施用影响草莓产量和品质的报道更少。本研究通过田间小区试验探讨氮、钾肥施用对草莓生长的养分吸收规律和果实产量与品质的影响, 以期能为草莓设施栽培提供合理有效的氮、钾肥施用模式。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 草莓: 供试草莓品种为“章姬”, 又称牛奶草莓、甜宝草莓, 果实呈圆锥形。果肉细腻, 品质好, 香味浓, 成熟早, 江浙沪地区一般九月种, 十一月开始收获, 亩产约 2000 至 2500kg。

1.1.2 土壤: 供试土壤为黄斑青紫土, 中壤, 基本理化性质如表 1 所示:

pH	盐度	有机质	全氮	有效磷	速效钾
(H ₂ O)	(克/公斤)		(毫克/公斤)		
7.24	2.02	22.48	1.86	36.24	48.22

1.2 方法

1.2.1 试验设计:

本实验为 2 因素 4 水平的 OPT 正交试验, 其中 1 个因素为施氮量 (N), 即在施磷量 (P₂O₅) 为 10 公斤/亩, 施钾量 (K₂O) 为 20 公斤/亩的条件下, 施氮量 (N) 设为 4 个水平分别为 N0(不施氮), N10(10 公斤/亩),

N20(20 公斤 / 亩), N30(30 公斤 / 亩)。另 1 个因素为施钾量 (K_2O), 即在施氮量 (N) 为 20 公斤 / 亩, 施磷量 (P_2O_5) 为 10 公斤 / 亩的条件下, 施钾量 (K_2O) 也设为 4 个水平分别为 K0(不施钾), K10(10 公斤 / 亩), K20(20 公斤 / 亩), K30(30 公斤 / 亩)。因此, 最终形成的处理组合包括 N0K0, N10K20, N20K10, N20K20, N20K30, N30K20 共 6 个处理。每个处理设 3 个重复, 每个重复小区的面积为 $5 \times 2 = 10m^2$, 按随机区组排列, 所有试验小区均设置在一个塑料设施大棚内。

供试的三种肥料分别为尿素, 过磷酸钙和硫酸钾。不同肥料的施用方法为: 尿素 50% 做基肥, 25% 做壮苗肥, 25% 做促果肥; 过磷酸钙全部做基肥, 硫酸钾 50% 做基肥, 50% 做促果肥。

期 N10K20, N20K20 和 N30K20 三个处理中的单株草莓的含氮量分别比不施氮肥的 N0K0 处理增加了 743.72 毫克、980.19 毫克和 1029.66 毫克, 分别达到了 2.6 倍、3.1 倍和 3.2 倍。虽然施氮量的增加提高了氮素在草莓植株中的累积, 促进了草莓的生长发育。但随着施氮量 (N) 的增加, 氮素在植株内累积量的增加幅度逐渐减小, N20K20 和 N30K20 两个处理中草莓植株的含氮量没有显著差异, 说明当施氮量超过 20 公斤 / 亩时, 再增加施氮量, 效果不明显。在磷和氮施用量相同, 钾施用量不同的条件下, 草莓成熟期 N20K10, N20K20 和 N20K30 三个处理中植株含氮量逐渐增加, 分别为不施氮和钾肥的 N0K0 处理的 2.8 倍, 3.1 倍和 3.2 倍, 说明施钾肥能够在一定程度上提高草莓对氮素的吸收。

表 2 不同施肥处理对草莓植株氮素吸收和利用的影响

(毫克 / 株)

处 理	幼苗期	壮苗期		现蕾期		膨果期		成熟期	
	含氮量	含氮量	吸氮量	含氮量	吸氮量	含氮量	吸氮量	含氮量	吸氮量
N0K0	25.42	166.52	141.1	253.97	87.45	387.43	133.46	458.26	70.83
N10K20	25.42	355.87	330.45	686.51	330.64	1101.64	415.13	1201.98	100.34
N20K10	25.42	458.38	432.96	789.34	330.96	1186.32	396.98	1310.68	124.36
N20K20	25.42	460.25	434.83	791.82	331.57	1211.54	419.72	1438.45	226.91
N20K30	25.42	482.32	456.90	812.36	330.04	1258.14	445.78	1469.27	211.13
N30K20	25.42	487.18	461.76	816.23	329.05	1268.25	452.02	1487.92	219.67

1.2.2 数据分析

氮肥利用率 = (施氮区作物吸氮总量 - 无氮区作物吸氮总量) / 所施肥料中氮素总量

施氮区作物吸氮总量 = 施氮区成熟期单株草莓氮含量 × 植株数

无氮区作物吸氮总量 = 无氮区成熟期单株草莓氮含量 × 植株数

氮生产指数 = (施氮区草莓果实产量 - 无氮区草莓果实产量) / 所施肥料中氮素总量

所有数据为 3 次重复的平均值, 采用 SPSS11.5 统计软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对草莓吸收和利用氮素的影响

从表 2 所列的结果可以看出, 伴随着草莓的生长, 氮素在草莓植株内不断累积。对不同时期而言, 壮苗期和膨果期是草莓吸氮的两个高峰期, 分别占到总吸氮量的 30% 左右。对不同处理而言, 随着施氮量的增加, 植株中的氮素累积量增加。在磷和钾施用量相同的条件下, 成熟

2.2 不同施肥处理对草莓产量及其构成因素的影响

施用氮肥能够增加作物产量, 但并不是氮肥施用量越高, 作物产量越高, 每一种作物都有一个保证其高产的氮肥适宜用量, 这个适宜用量甚至是随着土壤肥力、气候条件、耕作管理和作物品种等因素变化的。对“章姬”草莓而言, 如表 3 的所示, 以 N20K30 处理的产量最高, 此处理的施氮量为 20 公斤 / 亩, 施氮量超过这一水平时产量有增有减, 但均没有显著差异。已有的研究也表明, 对草莓而言, 施氮量过高会因花序数量减少而减产^[5]。

在施氮量相同、施钾量不同的条件下, N20K10, N20K20 和 N20K30 的比较表明, 随着施钾量的增加, 单位面积草莓产量增加, 但 N20K10 处理和 N20K20、N20K30 两个处理有显著差异, N20K20 和 N20K30 之间差异不显著, 说明氮肥的施用虽然对草莓产量起着决定性的作用, 但绝不是影响产量的唯一因素。增加施钾量在一定程度上也能提高草莓的产量。

分析各处理的产量构成因素可以看出, 在适宜的施氮量范围内增加施氮量能够提高草莓单果重和单株结果数, 这两个因素促成了草莓产量的提升。N20K20 处理的平均单果重比 N10K20 处理高出 2.72 克, 差异显著。在

施氮量相同的条件下，增施钾肥主要是提高了单果重，N20K30，N20K20 两个处理平均单果重分别比 N20K10 处理高出 1.04 克和 0.43 克。

处 理	单果重 (克)	单株结果数	产量 (公斤)		折合单位面积产量 (公斤/亩)
			单株产量	小区产量	
N0K0	19.18±0.021c	9.6	0.18	20.62	1374.89d
N10K20	21.54±0.028b	12.6	0.27	30.40	2026.58c
N20K10	23.83±0.022ab	13.2	0.32	35.32	2354.72b
N20K20	24.26±0.028a	13.4	0.33	36.41	2427.42a
N20K30	24.87±0.024a	13.4	0.33	37.32	2488.45a
N30K20	24.66±0.032a	13.4	0.33	37.01	2467.44a

注：表中不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著

2.3 不同施肥处理的氮肥利用效率

处 理	单株含氮量 (毫克/株)	株 数 (株/亩)	氮投入量 (公斤/亩)		氮肥利用率 (%)	氮生产指数 (公斤/公斤)
			吸氮量	氮投入量		
N0K0	458.26d	7500	3.44d	0	--	--
N10K20	1201.98c	7500	9.01c	10	64.35	65.17a
N20K10	1310.68b	7500	9.83b	20	36.25	48.99c
N20K20	1438.45a	7500	10.79a	20	41.04	52.63bc
N20K30	1469.27a	7500	11.02a	20	42.20	55.68b
N30K20	1487.92a	7500	11.16a	30	28.60	36.42c

注：表中不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表 4 的数据表明，随着施氮量的增加氮肥利用率和氮生产指数逐渐降低。在磷和钾施用量相同氮施用量不同的条件下，成熟期的 N10K20，N20K20 和 N30K20 三个处理中植株含氮量逐渐增加，而且 N10K20 和 N20K20 两个处理差异显著，说明随着施氮量的增加植株吸收和利用的氮素含量增加。与此相反，随着氮肥施用量的增加这三个处理中的氮肥利用率和氮生产指数降低，但就氮肥利用率而言，在施氮量同样是相差 10 公斤的条件下 N10K20 处理比 N20K20 处理高出 23.31 个百分点，而 N20K20 处理比 N30K20 处理高出 12.44 个百分点，三者之间差异显著。氮生产指数也具有相同的规律。说明草莓对氮素的吸收是有限度的，随着施氮量的增加氮肥的生产效率逐渐降低，过量的氮素不能完全被草莓吸收，会累积在土壤中不但浪费，而且容易造成环境污染。表 4 的结果表明，供试的草莓

品种在施氮量 (N) 为 20 公斤/亩之内，可增加产量维持较高的氮肥利用率和氮生产指数，再增加施氮量不能明显提高产量，而会显著降低氮肥利用效率。在施磷量相同，

施氮量为 20 公斤/亩的条件下，不同施钾量的 N20K10，N20K20 和 N20K30 三个处理，氮肥利用率和氮生产指数逐渐升高，而且 N20K10 和 N20K30 两个处理差异显著，说明在施氮量相同的条件下，增加施钾量在一定程度上能够提高氮肥生产效率。

2.4 不同施肥处理对草莓品质的影响

可溶性固形物、还原性维生素 C、糖度和酸度等指标是评价浆果类果实品质的几个重要参数^[6]。从实验结果可以看出(表 5)，不同施氮和施钾处理导致同一指标在各处理间存在显著差异。草莓果实中 Vc 的含量是衡量草莓营养品质的重要依据，随着施

氮量的增加，维生素 C 的含量逐渐增加，但 N10K20 与 N20K20 之间差异显著，而 N20K20 与 N30K20 之间差异不显著。施钾量的不同也产生相同的效果。糖度是衡量草莓口感的最常用指标，表 5 的数据表明，随着施钾量的增加，草莓糖度增加，而且不同处理间差异显著。而过高的施氮量反而导致草莓的含糖量降低。可溶性固形物的含量和酸度高低反映了草莓果实的风味，两者的比值决定了果实品质的优劣。一般条件下，

固酸比越大，果实品质越好。表 5 的结果表明，在氮和钾都相对充足的条件下，N20K20，N20K30 和 N30K20 三个处理的可溶性固形物和固酸比两项指标均较高，显著高于其他处理，说明较为充足的氮和钾施用量能够保证草莓果实的品质。三个处理相比而言，氮：钾为 1:1.5 的 N20K30 处理固酸比最高，草莓品质最好。但表 5 的数据也表明随着施钾量的增加，果实的酸度也提高。

处 理	可溶性固形物 (%)	维生素 C (毫克/100 克)	糖 度		固 / 酸
			糖 度	酸 度 (%)	
N0K0	4.94c	33.12d	8.8d	0.51d	9.69
N10K20	8.33b	42.66c	12.7b	0.71b	11.73
N20K10	9.25b	48.24b	11.1c	0.68c	13.60
N20K20	10.65a	53.82a	12.5b	0.73b	14.59
N20K30	11.27a	54.61a	13.9a	0.77a	14.64
N30K20	10.42a	53.96a	12.2b	0.72b	14.47

3 结论与讨论

本研究主要讨论了在氮、钾配施的条件下草莓对氮肥的吸收利用规律和氮、钾对草莓产量和品质的影响。结果表明,氮肥对促进大棚草莓生长发育,增加单果重有十分明显的作用,草莓在整个生长期对氮素的吸收有两个高峰期:分别为壮苗期和膨果期。草莓对氮肥的吸收利用也遵循施肥报酬递减率,随着施氮量的增加草莓产量的增加率呈递减趋势,在其他技术条件相对稳定的条件下,“章



姬”草莓的适宜施氮量约为 20 公斤 / 亩,在这一范围内增加施氮量能够提高草莓单果重和结果数,这两个因素提升了草莓产量。在施氮量相同的情况下,增加施钾量也能够一定程度上的提高氮肥生产效率,增加草莓产量。

钾素在大棚草莓的碳水化合物代谢过程中起着重要作用,它能够协调氮素利用,提高果实含糖量,改善果实品质,增强抗逆性^[7]。本研究的结果表明,施钾量在 30 公斤 / 亩的范围内,增加施钾量对草莓果实中的可溶性固形物,维

生素,糖度和固酸比等指标都有一定程度的提升作用,同时高的施钾量也增加了草莓的酸度。在一定范围内,增加施氮量也明显提升了评价草莓品质的各项指标,但过高的施氮量也导致草莓含糖量和固酸比降低,影响草莓品质。

综合比较的结果表明,在纯氮施用量为 20 公斤 / 亩, N:K 接近 1:1.5 的条件下,“章姬”草莓的产量最高,品质最好。

参考文献

- [1] 陈龙娟,王坚. 草莓配方施肥试验研究初报[J]. 上海农业科技,2011,(1):95-98.
- [2] 刘林,张良英. 不同肥料配施对西藏林芝草莓生长特征、产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(36):17931-17932.
- [3] 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.
- [4] 李姣清,杨和生,李玉容. 不同施钾量对丰香草莓品质的影响[J]. 园艺与种苗,2012,(2):34-35.
- [5] Haynes R.J. Effects of application of nitrogen and potassium on growth, yields and quality of strawberry[J]. Commun Soil Sci Plant Anal.1987, 18(4):457-471.
- [6] 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.
- [7] 刘红,张建军. 不同生育期施肥比例对草莓产量水平的影响[J]. 陕西农业科学,2009,(3):39-41.