

氮钾营养与花椰菜氮素代谢 和产量的初步研究

杨 暹 关佩聪 陈玉娣

(华南农业大学园艺系, 510642, 广州)

摘要 采用4种不同氮钾营养处理研究了花椰菜叶片硝酸盐的还原作用, 硝酸还原酶(NR)活性与花球产量的关系。结果表明, 以 N_8K_{10} 处理植株生长较好, 花球产量与单位叶面积商品生产率最高, N_8K_5 , $N_{16}K_{10}$ 和 $N_{16}K_5$ 处理依次降低。在花椰菜生育过程中, 以花球形成期间叶片的 NR 活性较高。花芽分化前期和花球形成末期较低。植株不同叶位叶片的 NR 活性自下而上逐渐提高。氮钾交互作用明显地影响叶片 NR 活性和 $NO_3^- - N$ 含量。增氮显著地提高 NR 活性, 降低 $NO_3^- - N$ 含量, 低氮时增钾提高 NR 活性, 降低 $NO_3^- - N$ 含量; 高氮时增钾则降低 NR 活性, 提高 $NO_3^- - N$ 含量。

关键词 花椰菜; 氮钾营养; 硝态氮含量; 硝酸还原酶活性; 花球产量

中图分类号 Q945.13

花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) 是主要的蔬菜之一, 发展潜力很大。施肥对作物产量的重要性已被大量的试验和生产结果所证实。氮在蛋白质、核酸等的生理代谢中有重要作用, 是花椰菜产量形成中的限制因素之一。钾素的增产效果是由于充足的钾素营养和钾素的渗透调节所起的作用。氮钾营养对青花菜(杨暹等, 1989), 马铃薯(杨暹等, 1993) 等作物的产量有明显的影 响。关于施肥对花椰菜产量的影响报道很多 (Robert, 1985), 但多以单一的营养元素进行研究, 对不同的营养元素配施的研究报道很少。

硝酸还原酶(NR)是控制植物氮素同化过程的一个关键酶。有关该酶与植物氮、钾营养, 生长、产量乃至光合作用和光呼吸的关系, 在甘蔗、棉花、柑桔、大豆等作物中已有报道(冯福生等, 1986; 李文才等, 1983; 林国栋, 1987; 张勇等, 1989; Eilrich, 1973)。植株体内硝态氮($NO_3^- - N$)含量与叶片 NR 活性有着平行关系, 而且都与土壤中可利用氮量密切相关(李文才等, 1983)。本文从氮钾营养对花椰菜生长、产量、 $NO_3^- - N$ 含量与 NR 活性的影响, 探讨其营养生理, 为合理施肥提供理论依据。

1 材料与方 法

试验在华南农业大学蔬菜实验地进行, 供试土壤养分状况为有机质4.38%, 全氮0.23%, 有效磷0.0294%, 有效钾0.0288%。以“白雪公主”花椰菜品种为材料, 于1992年8月11日播种育苗, 设置4种不同氮钾营养组合: N_8K_5 , N_8K_{10} , $N_{16}K_5$ 和 $N_{16}K_{10}$, N 或 K 下数字表示每株施尿素或氯化钾的克数。每个试区8.0 m², 栽植24株, 3个重复。9月24日定植, 定植前每1 000 m²施15 kg 磷肥, 1.5 kg 四硼酸钠, 750 kg 干鸡粪与氮钾处理总肥量的30%作基肥。定植后于9月30日, 10月7日, 10月13日和11月4日追肥4次, 肥量分别为5%,

1993-04-05 收稿

15%, 30%, 与20%, 其他管理与常规管理相同。

在采收期取样10株测定植株鲜重, 花球鲜重与叶面积, 统计各试区花球产量。叶面积用 L1—3000型叶面积测定仪测定。在花芽分化前期(10月10日), 花芽分化中期(10月23日), 现蕾期(11月6日)与花球采收期(11月23日)取植株叶片各0.5 g 测定 NR 活性与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量, 并于花球采收期取植株下位叶(7~12节), 中位叶(13~19节)和上位叶(20~26节)分别测定 NR 活性与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量。NR 活性与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量用张志良(1990)方法测定。

2 结果与分析

2.1 氮钾营养对花椰菜生长与产量的影响

表1表明, 氮钾处理对花椰菜生长与花球产量有较明显的影响。 N_8K_{10} 处理比 N_8K_5 , $\text{N}_{16}\text{K}_{10}$, N_{16}K_5 3个处理的植株生长较好, 花球产量高, 达显著差异水平, 后3者的花球产量

表1 氮钾营养对花椰菜生长与花球产量的影响¹⁾

处理	植株重 /g	花球个重 /g	叶面积 /cm ² (pl.) ⁻¹	叶面积商品生产率 /g·(dm ²) ⁻¹	花球产量 /kg(1 000 m ²) ⁻¹
N_8K_5	1 007.6	331.0	8 359.9	3.96	981.9 B
N_8K_{10}	971.9	352.8	7 928.1	4.45	1 059.9 A
N_{16}K_5	825.5	304.8	8 683.8	3.51	954.1 B
$\text{N}_{16}\text{K}_{10}$	799.2	292.0	7 745.4	3.77	965.6 B

1) 植株重, 花球个重, 叶面积为10株的均值。花球产量为3个重复的均值。新复极差测验, 不同字母表示差异达显著水平($P=0.05$)。

依次降低, 但处理间差异不显著。可见, 在氮水平相同时, 增钾能提高花球产量, 尤以低氮条件下增钾的效果更好。在钾水平相同时, 增氮有降低花球产量的倾向。

单位叶面积花球生产率以 N_8K_{10} 处理最高, N_8K_5 , $\text{N}_{16}\text{K}_{10}$ 与 N_{16}K_5 处理依次降低, 表明适宜的氮钾配合可促进花椰菜花球的形成, 并提高叶面积商品生产率。

2.2 氮钾营养与花椰菜叶片硝酸还原酶活性的关系

花椰菜叶片的 NR 活性变化见图1。NR 活性在花芽分化前最低, 花芽分化过程急剧上升, 达到高峰后逐渐降低, 花球形成过程

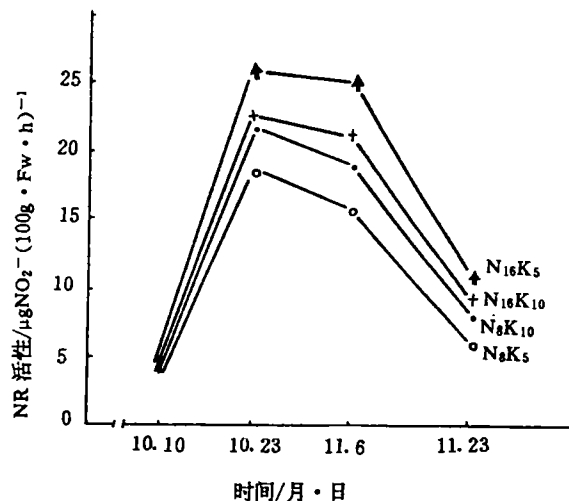


图1 氮钾营养对花椰菜生育过程叶片 NR 活性的影响(8月11日播种)

进一步下降。不同氮钾处理有相同的变化趋势。这说明花椰菜在花芽分化过程的氮素代谢逐渐提高,花球形成期间则逐渐降低,花芽分化前期最弱。

从图1还可看到,不同氮钾处理对叶片 NR 活性的影响。4个生长期测定的结果都以 N₁₆K₅ 处理的 NR 活性最高, N₁₆K₁₀ 处理次之, N₈K₁₀ 处理再次, N₈K₅ 处理最低。说明氮钾营养对叶片 NR 活性有交互作用。氮较高时,增钾降低 NR 活性;氮较低时,增钾可提高 NR 活性。而钾水平相同时,高氮比低氮处理的 NR 活性较高。可见,氮钾营养能明显地影响花椰菜叶片 NR 活性,适宜的氮钾组合对叶片的氮素同化代谢具有促进作用。

2.3 氮钾营养与花椰菜叶片硝酸盐还原的关系

氮钾处理与叶片硝酸盐还原的关系见图2。在花椰菜生育过程,叶片 NO₃⁻-N 含量的变化与叶片 NR 活性的变化相似。即花芽分化前最低,花芽分化中期最高,花球形成期间逐渐降低。

氮钾处理对叶片 NO₃⁻-N 含量的影响与对叶片 NR 活性的影响相反,即凡 NR 活性高的处理,NO₃⁻-N 含量则低;凡 NR 活性低的处理,其 NO₃⁻-N 含量则高。叶片 NO₃⁻-N 含量以 N₈K₅ 处理最高, N₈K₁₀ 处理次之, N₁₆K₁₀ 处理再次, N₁₆K₅ 处理最低。可见,适宜的氮钾营养通过促进花椰菜叶片的硝酸盐还原而降低其体内的 NO₃⁻-N 含量,NO₃⁻-N 含量的降低与 NR 活性的提高是相伴发生的。这与前人的报道相类似(李文才等,1983)。

2.4 氮钾营养对花椰菜不同叶位 NR 活性与 NO₃⁻-N 含量的影响

图3看到,花椰菜植株不同叶位叶片的 NR 活性和 NO₃⁻-N 含量都以上位叶(20~26节)最高。

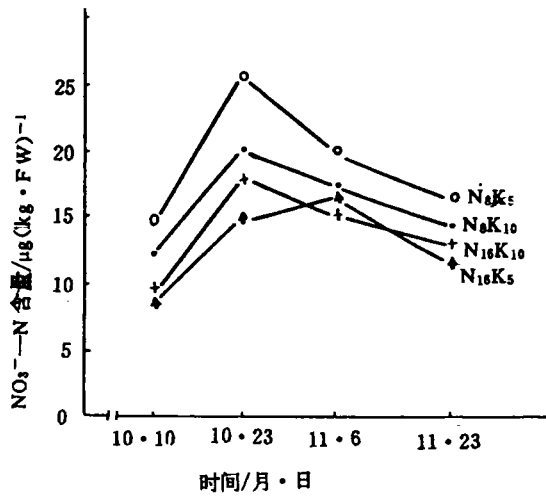


图2 氮钾营养对花椰菜生育过程叶片 NO₃⁻-N 含量的影响(8月11日播种)

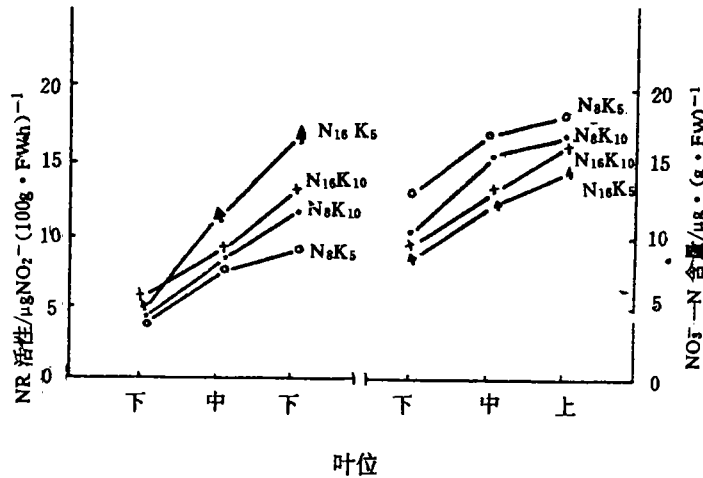


图3 氮钾营养与花椰菜不同叶位 NR 活性和 NO₃⁻-N 含量的关系

中位叶(13~19节)次之,下位叶(7~12节)最低。各个氮钾处理的变化基本一致。表明花椰菜叶片的生理年龄与NR活性有密切关系,上部叶生理年龄较小,氮素代谢与NR活性都高;下部位的生理年龄较大,氮素代谢能力较差,NR活性也较低;中部叶介于前两者之间。

不同叶位 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量与叶片NR活性有着平行关系。凡叶片 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量高,其NR活性也高;凡叶片 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量低,其NR活性也低。

2.5 花椰菜叶片NR活性与花球产量的关系

氮钾处理的花椰菜叶片NR活性与花球产量的相关分析得知,花芽分化前期,花芽分化中期,现蕾期和花球采收期的叶片NR活性与花球产量均无显著的相关性,相关系数分别为 -0.7837 , -0.4986 , -0.4966 与 -0.5489 。表明虽然通过氮钾营养可影响花椰菜叶片NR活性,但NR活性与花球产量的关系并不很密切。

3 讨论

氮钾是蔬菜作物必需的两种主要营养元素。氮、钾肥对作物产量有交互作用(陈敏志等,1991)。我们已报道,氮钾营养明显地影响一些蔬菜如青花菜、马铃薯等的生长、产量与品质(杨暹等,1989;杨暹等,1993)。关于施肥对花椰菜产量影响的报道很不一致(Robert et al.,1985)。本试验表明,在一定氮素水平下,增钾可提高花椰菜花球的产量,这与我们在马铃薯上的试验结果一致(杨暹等,1993)。氮钾组合合理,发挥了氮钾元素的各种生理功能,促进花球的形成,便可提高花球的产量。氮钾组合不适,尤其是氮素过剩的情况下,影响了其体内正常的生理生化代谢,这可能是花椰菜产量降低的原因之一。这说明了氮钾营养对花椰菜花球产量的形成有明显的交互作用,限制产量的因子并非只有单一的营养元素,这与陈敏志等(1991)在西瓜上的研究结果相类似。因此,施肥上研究氮、钾肥的平衡及其适宜的配比是很必要的。

NR是植物体内硝酸盐同化过程中的限速酶,在植物氮代谢中处于关键位置。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 是植物可利用氮素的主要形式,NR活性的高低决定了 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 同化成含氮有机化合物的速度(Schrader et al.,1968)。在棉花、柑桔、牧草、甘蔗、大豆等作物中的研究表明,NR能较好地反映出植株的氮素营养状况(李文才等,1983;林国栋,1987;Eilrich et al.1973)。本试验表明,花椰菜叶片NR活性随着生长期逐渐升高,以花芽分化过程较高,花芽分化前和花球形成后均较低。这说明了花椰菜在营养生长期叶片NR活性较低,氮素代谢较弱,植株对氮素的要求也较低,进入生殖生长期后,叶片NR活性逐渐提高,氮素代谢较强,植株对氮素的要求也不断增加。NR活性的提高有利于蛋白质合成,进而促进作为生殖器官的花球形成。试验还表明,叶片NR活性与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量存在着平行关系,这与前人的报道一致(李文才等,1983)。这些结果说明以叶片NR活性作为诊断花椰菜体内氮素营养水平和施肥生理指标是可行的。

NR活性随着施氮量的增加而提高(张勇等,1989),本试验也得到相同的结果。在低氮条件下,增钾可提高NR活性,这与张勇等(1989)在甘蔗上的研究报道相类似;在高氮条件下,增钾则降低NR活性,这与周艺敏等(1989)的结果相似。可见,不同的营养组合对不同作物的NR活性的影响是不同的。氮钾交互作用可调控花椰菜叶片NR活性,氮钾组合不适,植株体内会累积蛋白质合成过程的中间产物,抑制了低分子氮化合物转化为蛋白

质而影响其体内的正常氮素代谢。氮钾组合适宜,植株对氮素的利用与植株从土壤中吸收氮的能力都得以改善,因而促进了氮素的同化代谢的进行,但至于其作用机理有待进一步的探讨。

由于 NR 在植物氮代谢过程中起着重要作用,但 NR 活性并不能反映光合能力的高低(冯福生等,1986)。关于 NR 与作物产量性状的关系,前人有不同的结果(林国栋,1987; Eilrich et al., 1973)。本试验也表明,花椰菜花球产量与各生长期叶片 NR 活性均呈不显著的负相关。由于影响作物产量的因素是多方面的,要确立产量与 NR 活性之间的因果关系仍较困难。因此,深入研究不同作物 NR 活性与产量性状之间的关系,寻找提高产量的生理基础是很有意义的。

参 考 文 献

- 冯福生,陈文龙,李洁,等. 1986. 不同供氮水平下冬小麦叶片 R_{BP} 羧化酶和硝酸还原酶的活性变化. 植物生理学通讯, (6):20~22
- 李文才,林振武,汤玉玮. 1983. 硝酸还原酶的研究 V: 棉花硝酸还原酶活力与硝态氮含量的关系. 作物学报, 9(2):93~97
- 杨邈,关佩聪. 1989. 氮磷钾营养与青花菜生育和花球形成的初步研究(简报),见:中国园艺学会编,中国园艺学会成立六十周年纪念暨第六届年会论文集, II. 蔬菜. 上海:万国学术出版社,62~64
- 杨邈,关佩聪,李宝庆. 1993. 氮钾互作对马铃薯产量、品质与氮磷钾吸收的影响. 华南农业大学学报, 14(1):28~32
- 林国栋. 1987. 甘蔗硝酸还原酶活性及其与产量性状的关系. 福建农学院学报, 16(4):293~298
- 陈敏志,陶勤南,陈云香. 1991. 关于西瓜氮磷钾矿质营养生理特性的研究. 园艺学报, 18(3):227~232
- 周艺敏,任顺荣. 1989. 氮素化肥对蔬菜硝酸盐积累的影响. 华北农学报, 4(1):110~115
- 张志良主编. 1990. 植物生理学实验指导,第2版. 上海:高等教育出版社 36~80
- 张勇,陈西凯. 1989. 氮、钾对甘蔗叶片中硝酸还原酶的影响及其与生长的关系. 西南农业大学学报, 11(2):189~193
- Eilrich G L, Hageman R H. 1973. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Sci, 13(1):59~65
- Robert J Dufault, Luther Waters, Jr. 1985. Interaction of nitrogen fertility and plant population on transplanted broccoli and cauliflower yield. HortScience, 20(1):127~128
- Schrader L E, Ritenour G L, Eilrich G L, et al. 1968. Some characteristics of nitrate reductase from higher plant. Plant Physiol, 43:930~940

THE PRELIMINARY STUDY ON THE RELATIONSHIP
BETWEEN NK NUTRITION AND NITROGEN METABOLISM,
CURD YIELD IN CAULIFLOWER

(*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

Yang Xian Guan Peicong Chen Yudi

(Dept. of Hortic., South China Agr. Univ., 510642, Guangzhou)

Abstract The effects of four NK treatments on nitrate reductase (NR) activity, nitrate nitrogen (NO_3^- -N) content of leaves and curd yield in cauliflower were studied. The results indicated that N_8K_{10} treatment resulted in better plant growth, the highest curd yield and per unit leaf area curd productivity as compared with the other treatments which decreased in the order of N_8K_5 , $\text{N}_{16}\text{K}_{10}$, N_{16}K_5 . The NR activity in leaves was higher during the curd formation, while lower before flower bud differentiation and at curd harvest. The NR activity in leaves increased gradually from low to high nodes. The change trends of NO_3^- -N content of leaves were the same as the NR activity. NK interaction caused marked effects on NR activity and NO_3^- -N content of leaves. High N treatment could promote NR activity and decrease NO_3^- -N content. When N level was lower, high K treatment could enhance NR activity and decrease NO_3^- -N content. When N level was higher, high K treatment could decrease NR activity and increase NO_3^- -N content. There were no significant correlation between NR activity in leaves of various growth period and curd yield.

Key words Cauliflower; NK nutrition; Nitrate nitrogen content; Nitrate reductase activity; Curd yield