

人参(*Panax ginseng*)的氮过剩现象

——人参氮毒原因初探*

高金方 金龙南 赵述文 赵兰珍 张树仁

(吉林省农业科学院, 公主岭 131600)

摘 要

1985—1990年间,我们在长白县及公主岭进行的四次 NPK 三要素试验中,发现氮肥抑制了人参生长发育,降低了产量(5%显著水准),而倍量氮肥,减产达1%显著水平。继续研究证明,人参硝酸还原酶活力(NRA)甚低,追施氮肥使组织,NO₃⁻积累,促进了呼吸作用,植株干物中N、Si及Cu、Zn、Fe、Mn含量增加,Ca、Mg、K、Na等阳离子减少,表现出氮毒征象。本文称氮过剩症,它是指氮素供应超过了由极低NRA催化的转化代谢速率,而引起的一种毒害现象。

关键词 人参, N毒, 硝酸还原酶

氮为蛋白质的组成元素,肥料三要素之首。在世界及我国的化肥生产及施用中,N肥占首要地位。但氮肥施用不当或过多,也可对作物生育、产量、品质引起危害^[9-11]。Goyal和Huffaker(1984)曾以“植物氮毒”为题,综述了N毒的种种表现、发生条件及对植物生理生化的影响^[10]。近十年来,国内也注意了尿素水解中NH₃害及其防治研究^[5,7]。我们进行常规NPK三要素试验时,发现N肥对人参生育、产量有抑制作用。初步查明,作为半阴性植物的人参,硝酸还原酶活力(NRA)极低,在土壤供氮超过需要的条件下^[6],如再补充氮肥,就会促使组织中NO₃⁻-N及酰胺-N积累、呼吸作用加强,并抑制了阳离子吸收,造成类似“氮毒”表现,作者将其暂称为“氮过剩”。

1 材料和方法

植物全量化学分析:人参植株经H₂SO₄-H₂O₂消化,凯氏法定N;硝酸-高氯酸消化,重量法测定SiO₂,钼锑抗比色测P,原子吸收光谱测Ca、Mg、K、Na、Cu、Zn、Fe、Mn。

光合与呼吸速率、硝酸还原酶活力及植株非蛋白N测定:1991年6月25日对公主岭6年生参追施N肥(硫酸铵210g/m²)后,7月6日用红外线CO₂分析仪测定叶片光合及呼吸速率。7月8日和8月6日,按华东师大(植物生理实验指导,教育出版社,1980,73页)法测定硝酸还原酶活力,并与附近的玉米、向日葵进行比较。7月9日和8月12日取根、茎、叶分别用pH9.6—9.7氨缓冲液提取组织匀浆,用萘乙二胺比色法测定NO₂⁻,用751型紫外分光光度计测NO₃⁻。7月25日取茎样按波钦诺克(植物

*国家自然科学基金资助项目。

收稿日期:1994-04-21;收到修改稿日期:1995-04-21

生物化学分析法, 科学出版社, 1981, 107页)法测 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和酰胺-N。

2 结 果

2.1 人参的氮肥效应

1985—1988年在公主岭进行的黑土栽参试验中, 磷酸二铵($100\text{g}/\text{m}^2$, 含N $18\text{g}/\text{m}^2$)较同磷量重过磷酸钙(无N)处理相比, 连续三年的人参株高及最后参根产量、质量均低, 差异达5%显著水准^[1]。1987年在长白县3、4、5、6年生参床上进行的三要素试验(N肥为 NH_4NO_3), 3、4年生统计差异不显著; 5、6年生则表现N肥在5%水准上减产。1990年在公主岭进行的同位素示踪、三要素试验, N肥($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)也使产量降低(5%水准), 而倍量N肥, 减产幅度达1%显著水平^[6]。详细报告已分别发表。现将要点, 综合如表1。

表1 人参的氮肥效应

Table 1 Response of ginseng to N fertilizer

地点 Place	年份 Year	土壤 Soil		试验设计 Experimental design	试验结果 Experimental result		
		有机质 O.M g/kg	全氮 Total N g/kg				
公主岭	1985—1988	36.8—93.6	2.4—4.0	$L_9(4 \times 2^2)$ 正交设计	NP与P的极差值 ¹⁾		
					参龄(年)	株高(cm) 鲜根重 kg/m^2	
					4	-0.66	
					5	-1.29	
					6	-0.40 -0.16*	
长白县 马鹿沟	1987	109.8	4.8	三要素试验 $L_9(2^7)$ 正交设计	N $8\text{g}/\text{m}^2$ 与N $12\text{g}/\text{m}^2$ 的极差值		
					参龄(年)	鲜根重 kg/m^2	
					3	-0.02	
					4	0.03	
		153.9	5.9		5	-0.32*	
				6	-0.08*		
公主岭	1990	53.2	2.5	同位素示踪 试验, 4重复、 随机	处理	生物产量 ²⁾ kg/m^2	
					P	0.342	
				4年	NP	0.306*	
					NK	0.351	
				NPK	0.321*		
				三要素试验, 4重复、随机	O	0.316	
					4年	PK	0.334
						NPK	0.285*
						N_2PK	0.213**

1)极差值为正交设计中所有含NP与含P处理平均数的差异;

2)生物产量为根、茎、叶产量之和;

*5%差异显著水准;

**1%差异显著水准。

2.2 氮对人参植株化学成分的影响

对 1987 年长白县三要素试验六年生人参取样分析表明, 施氮处理(NPK)植株各部位的含 N 量均较无氮处理(PK)明显增高, Si 及 Cu、Zn、Fe、Mn 等元素, 也有增加趋势。而对 P 及 Ca、Mg、K、Na 等阳离子的吸收, 则有所降低(表 2)。前人研究已明确了 NH_4^+ 能降低其他阳离子的吸收, 而 NO_3^- 则能刺激其他阳离子的吸收^[10]。本试验的氮肥为 NH_4NO_3 , 在通气良好的参床土壤中, 虽不能防止 NH_4^+ 被硝化为 NO_3^- , 但在另外的 ^{15}N 标记田间试验中, 人参仍能从 NH_4NO_3 的 NH_4 中获得 40% 左右的肥料氮^[2], 这可能是产生某些类似 NH_4^+ 离子效应的原因之一。

表 2 施氮对人参组织成分的影响

Table 2 Effect of N fertilizer on the chemical constituents of ginseng tissue

处理	部位	N	P	K	Na	Ca	Mg	SiO ₂	Cu	Zn	Fe	Mn
Treatment	Tissue	g / kg						μg / g				
PK	根	19.08	2.00	10.23	2.36	5.34	1.74	13.10	12.1	10.2	833.0	16.0
	茎叶	16.86	1.21	7.96	5.26	17.43	3.27	4.81	9.9	13.8	684.6	26.9
	果	21.16	2.43	12.69	0.25	2.92	1.49	0.97	17.7	12.9	96.0	10.8
NPK	根	29.31	1.84	9.36	2.05	4.99	1.52	17.33	17.3	15.4	899.7	38.7
	茎叶	22.00	1.12	9.89	3.83	12.76	2.38	8.16	15.7	21.1	766.1	57.7
	果	22.67	2.35	12.63	0.39	3.04	1.40	1.92	15.3	21.0	176.5	19.3

2.3 人参的硝酸还原酶活力

为进一步了解氮肥的影响, 1991 年对公主岭 6 年生参床的追氮区(硫酸铵 210g/m²)和对照区, 进行叶片硝酸还原酶活力测定证明, 人参的硝酸还原酶活力甚低, 为痕迹及未检出。以检出的数据(0.15 μmol / gFW · h)和同时测定的种植在附近的玉米和向日葵相比, 要低 20—40 倍(表 3)。这是符合半阴性植物的特性的。

表 3 硝酸还原酶活力(NRA)(NO₂ 微摩尔 / 克鲜重 · 时)

Table 3 Nitrate reductase activity (NRA)(NO₂ μmol / gFW · h)

测定日期 Date	人 参 Ginseng		玉米 Corn	向日葵 Sunflower
	对照 CK	施 N N fertilizer		
7 月 8 日	未检出	痕迹	0.15	0.24
8 月 6 日	0.15	未检出	5.85	3.30

2.4 人参组织中的无机态氮

6 月 25 日追氮肥, 两周后(7 月 9 日)开始取样, 比较测定了施氮植株与对照处理的

无机态氮素的含量(表4)。结果显示, 追肥二周(7月9日)后, 施氮处理的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 及 $\text{NO}_2\text{-N}$ 均较对照为高。4周(7月25日)后, $\text{NH}_4\text{-N}$ 接近, 但酰胺-N仍较对照为高。直到7周后, 追肥处理的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 仍然较高。这可能是由于 NRA 过低, 根系吸收的 NO_3^- (施用的虽为 NH_4^+ , 在土壤中硝化细菌作用下, 氧化成 NO_3^-) 来不及还原, 而被输送并暂存在茎叶组织中^[8]。即使已还原部分, 也因弱光下光合作用提供的碳架有限而以酰胺态积累(较对照约高一倍, 表4)。至于 NH_4^+ 含量极接近, 可能是供氮充足条件下, 处理与对照都达到贮量高限, 为防毒害而自行调节的结果。很可喜的是, 根中 NO_3^- 及 NO_2^- 的含量不高。但随着人参的生育、成熟, 茎叶中过剩的 NO_3^- 和 NO_2^- 是否会回输贮存在根中, 是值得注意研究的。

表4 人参植株中几种无机态氮的测定(微克/克鲜重)

Table 4 contents of several kinds of inorganic N in ginseng plant ($\mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{FW}$)

处理 treatment	组织 tissue	$\text{NO}_3\text{-N}$		$\text{NO}_2\text{-N}$		$\text{NH}_4\text{-N}$	酰胺-N Amide-N
		7月9日	8月12日	7月9日	8月12日	7月25日	7月25日
对照	叶片	925	6.99	0.325	0.175		
	茎		51.28		0.214	1.47	3.34
	根		17.96		0.561		
施N	叶片	1000	25.13	0.550	0.094		
	茎		207.92		0.248	1.46	6.54
	根		5.87		0.176		

2.5 氮对人参光合、呼吸作用的影响

7月6日比较测定了人参叶片的光合和呼吸速率(表5)。对照的光合速率为 $4.84 \text{ CO}_2 \text{ mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$, N肥区提高到 $5.27 \text{ CO}_2 \text{ mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$, 提高8.9%; 呼吸速率由 $1.92 \text{ CO}_2 \text{ mg}/\text{g} \cdot \text{h}$ 提高到 $2.78 \text{ CO}_2 \text{ mg}/\text{g} \cdot \text{h}$, 提高44.8%(表5)。说明氮更能促进呼吸作用。本试验虽未准确提供追肥后呼吸作用增强的起始和持续时间, 但一段时间呼吸增强大于光合增强, 意味着增加了净消耗。这可能是造成人参生育受阻产量下降的原因。

表5 氮肥对人参光合及呼吸作用的影响

Table 5 Effect of N fertilizer on photosynthesis and respiration of ginseng

处 理 treatments	光合速率 photosynthetic rate		呼吸速率 respiration rate	
	CO_2	百分率	CO_2	百分率
	($\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$)	ratio	($\text{mg}/\text{g} \cdot \text{h}$)	ratio
对照	4.84	100	1.92	100
施氮	5.27	108.9	2.78	144.8

3 讨 论

氮害及其程度,因植物而不同。对于 NH_4^+ , 萝卜敏感, 胡萝卜则有抗性^[12]。对于 NO_3^- , 决定于植物的硝酸还原酶活力(NRA)。原产于澳洲的一种学名为 *Boronia megastigma* 的植物, NRA 极低, 施高量 NO_3^- -N 时, 叶中 NO_3^- 积累为害而黄化^[13]。林振武等研究了不同耐肥性水稻、玉米、小麦以及粳、粳稻对 NO_3^- -N 的吸收和 NRA 的关系, 认为 NRA 在决定吸收同化 NO_3^- 及作物耐肥性方面, 起关键作用^[3,4]。

本研究证明, 对光合速率仅为 $4.8-5.3\text{CO}_2 \text{ mg / dm}^2 \cdot \text{h}$ (相当农田作物的 $1/5-1/10$) 的半阴性植物人参来说, 其 NRA 也极低, 在土壤供肥超过需要的条件下(人参需肥为大田作物的 $1/6$, 参床土壤腐殖质含量为全省耕地平均值的 $3-6$ 倍^[6]), 施氮增加了植株全 N 含量和 NO_3^- 的积累, 影响了阳离子的吸收, 促进了呼吸作用, 增加了消耗, 影响了生育、产量和质量, 与“氮毒”征象相符^[10,14,15], 因而认为是一种氮过剩现象。但它不是指超过获得“最高产量”或“最大经济效益”施肥量的过多用量, 不是指超过要素适宜比例的营养不平衡。不能类推“磷过剩”、“钾过剩”。因为没有发现因增施磷钾肥而导致人参生育受抑、产量下降的现象。人参氮过剩现象的认识, 不仅可作为人参施肥的直接参考, 对其他作物的氮肥施用, 也可提供启示。

参 考 文 献

1. 兰进等, 1990: 黑土栽参试验简报。特产研究, 第 1 期, 5—6 页。
2. 金龙南等, 1991: 人参的土壤营养与培肥研究 IV. 用 ^{15}N 示踪研究人参对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的相对吸收利用。吉林农业科学, 第 2 期, 59—62 页。
3. 林振武等, 1983: 硝酸还原酶活力与作物耐肥性研究 I. 不同耐肥性水稻、玉米、小麦的硝酸还原酶活力。中国农业科学, 第 3 期, 37—43 页。
4. 林振武等, 1986: 硝酸还原酶活力与作物耐肥性研究 II. 粳、粳稻对硝态氮的吸收和同化。作物学报, 第 12 卷 1 期, 9—14 页。
5. 罗质超等, 1985: 尿素水解中 HN_3 对根系的抑制作用。土壤学报, 第 22 卷 1 期, 56—63 页。
6. 高金方等, 1991: 人参的土壤营养与培肥研究. V. 关于人参施肥问题。吉林农业科学, 第 3 期, 37—41 页。
7. 章永松等, 1990: 有机肥和钾对防治大麦氨害的作用。土壤学报, 第 27 卷 1 期, 80—85 页。
8. Bray, C. M., 1983: Nitrogen metabolism in plants. longman. london and N. Y. 192—194.
9. Court M. N. et al., 1964: Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertil xer. I. Review. J. soil Sci., 15: 42—48.
10. Coyal, S. S. and Huffaker, R. C., 1984: Nitrogen toxicity in plants. R. D. Hauck, Nifrogen in crop production ASA—CCCA—SSSA, 97—118.
11. Greamer, F. L. and Fox R H., 1980: The toxicity of banded urea or diammonium phosphate to corn as influenced by soil temperature, moisture and pH. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 296—300.
12. Ota, K. and yamamoto, Y., 1987: Effects of N source on growth and chemical constituents in radish and carrot. plants. J. Jap. Soc. Hort. Sci., 56(2): 193—201.
13. Reddy, K. S. and Menary, R. C., 1990: nitrate reductase and nitrate accumulation in relation to nitrate toxicity in *Boroia megastigma*. *physiologia plantarum*, 78(3): 430—443.
14. Schenk, M. and wehormam, J. 1979: potassium and phosphate uptake of cucumber plants at different ammonia supply. plant and soil, 52: 415—426.
15. Назарюк, м., 1988: Качество овощей в связи с примененем высоких доз азотных удобрений. Вести. С. —Х Науки, 387(11): 61—68.

A PHENOMENON OF NITROGEN EXCESS IN *PANAX GINSENG*

— A PRELIMINARY STUDY ON THE CAUSE OF NITROGEN TOXICITY TO GINSENG

Gao Jinfang Jin Longnan Zhao Shuwen Zhao Lanzhen and Zhang Shuren

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 131600)

Summary

During 1985 — 1990 we conducted 4 field experiments on N, P and K to ginseng on solis of Changbai County and Gongzhuling City. All the results showed that nitrogen retarded plant growth and decreased yield of ginseng mostly at 5% significance level and even to the level of 1% when the rate of N doubled. By successive study, we found that the nitrate reductase activity (NRA) of ginseng was so low that the NO_3 absorbed could not be reduced promptly and was accumulated in the tissues, and that, compared with control, the N, Si, Cu, Zn, Fe and Mn contents increased in N fertilized ginseng tissues, P and such cations as Ca, Mg, K and Na decreased, and the respiration rate of ginseng shoot accelerated (44.8% over control) by N top dressing. These have ever been described as N toxicity in literature. In this paper we tentatively refer to this physiological toxicity as 'N excess', which is caused by the fact that the N supply is too much to transfer instantly by low NRA.

Key words *Panax ginseng*, Nitrogen toxicity, Nitrate reductase.