

有机肥和钾对防治大麦氨害的作用*

章永松 孙 羲 应启肇

(浙江农业大学)

摘 要

本文主要研究粉砂性低钾土壤上尿素产生的氨对大麦的毒害以及施用有机肥和钾肥对防治大麦氨害的作用。结果表明,亩施 8.13 公斤尿素 10 天后可使土壤 pH 升高 1.3 个单位左右,氨浓度达到 5.3 ppm;当土壤氨浓度达到 4 ppm 左右时,大麦产生明显的毒害,根系生长受到严重影响;根系浸出液的相对电导值和 K^+ 渗出比显著增高;地上部分生长也受到严重抑制,光合电子传递速率虽增高,但光合磷酸化效率却显著降低,表明氨是光合磷酸化作用的解偶联剂;氨害也抑制了硝酸还原酶的形成,体内精氨酸含量明显增高,且有脯氨酸出现。

钾对防治大麦氨害有一定作用,但有机肥料的效果更加显著,采用有机肥与无机肥配合施用,既能解决大麦氨害,又能获得高产。

近年来大麦种植面积逐年扩大,在目前尿素日趋成为主要氮肥的情况下,在石灰性土壤和低钾土壤上施用尿素,常常出现氨对大麦的毒害现象,严重影响生产。有关尿素对小麦、玉米及大豆因氨害造成的烧苗现象和尿素对水稻、小麦和玉米引起的氨害已有报道^[1,2]。本文主要针对尿素水解产生的氨引起大麦毒害的机理及其防治措施进行探讨。

一、材料与方 法

(一) 试验材料

大田试验在本校实验农场进行。供试土壤为低钾粉砂壤土,其理化性质见表 1,供试的大麦品种

表 1 供试土壤化学性质

Table 1 The chemical properties of tested soil

有机质 O. M.	pH	阳离子交换量 CEC (me/ 100g soil)	全氮 Total N (%)	全磷 Total P (%)	全钾 Total K (%)	水解氮 Hydroly- zable N (ppm)	有效磷 Available P (ppm)	交换性钾 Exchangeable K (ppm)	缓效性钾 Slowly available K (ppm)
1.51	6.8	5.69	0.07	0.11	0.26	74	69	53	187

为沪麦 4 号,散播。供试肥料共设四个处理:CK——无机肥 (N, P); C——无机肥 (N, P, K); M——完全有机肥; C + M——无机肥 (N, P, K) + 有机肥各占 $\frac{1}{2}$ 。各种肥料的养分含量及用量见表 2。以每亩施 7.5 公斤 N 的标准计算出尿素和有机肥的实际施用量。按有机肥中的 P, K 含量再确定 P, K 肥的实际施用量。因此,除 CK 处理不施钾外,其它处理 N, P, K 水平相等,每亩分别为 2.95 公斤 P 和

本文蒙杨玉爱副教授审阅,谨致谢意。

表 2 各种肥料的养分含量和施用量

Table 2 The nutrient contents of fertilizers and dosage

肥料 Fertilizers	全氮 Total N (%)	全磷 Total P (%)	全钾 Total K (%)	施用量(公斤/亩) Dosage (kg/mu)			
				CK	C	M	C+M
有机肥	0.539	0.212	0.359	—	—	1391	695.5
尿素	45.98	—	—	16.3	16.3	—	8.15
过磷酸钙	—	5.33	—	55.3	55.3	—	27.7
氯化钾	—	—	47.38	—	10.6	—	5.3

5 公斤 K。尿素分配是 $\frac{1}{2}$ 作基肥、 $\frac{1}{2}$ 作追肥。磷肥分配是全部作基肥, 钾肥分配是基肥占 60%、追肥占 40%。有机肥为半腐熟的猪粪, 全作基肥施入。田间小区采用 4×4 拉丁方设计, 另设有一重复, 作取样区不计产量。小区面积为 24 m^2 。

盆栽试验在温室进行, 设有三个处理: (1) N, P; (2) N, P + 0.75 克 KCl; (3) N, P + 100 克猪粪, 每盆栽供试土壤 1.75 公斤, 各处理均施 1.16 克尿素, 3.99 克过磷酸钙, 重复 5 次, 出苗后 20 天测其干物质积累量。

(二) 测试方法

N, P, K, pH 和有机质等均按常规方法分析。

呼吸强度和光合电子传递速率, 用氧电极法。

三磷酸腺苷 (ATP) 贮量, 用 6% 高氯酸提取, 光合磷酸化作用, 采用荧光素酶发光法测定 (F-200 发光光度计)。

叶绿素含量, 采用 Arnon 法^[3]。

硝酸还原酶活力测定, 采用体内诱导法^[4]。

过氧化物酶活性测定, 采用愈创木酚法^[4]。

相对电导值和 K^+ 渗出比, 取 0.500 克鲜样加 50 ml 去离子水, 真空渗入 10 分钟使样品与水充分接触, 2 小时后用 DDS-11A 型电导仪测其水溶液的电导值, 即为实测电导值, 随后将水溶液和材料在水浴中煮沸 20 分钟, 冷却至室温后测得的电导值为绝对电导值, 前者与后者之比即为相对电导值; 同时用火焰光度法测定煮沸前后水溶液的钾离子浓度, 两者之比为 K^+ 渗出比, 用相对电导值和 K^+ 渗出比表征膜透性的大小^[5]。

电阻值, 用 DT-830 数字万用表测定, 电极用直径 0.5 mm 不锈钢针制成, 两极间距为 10 mm^[7]。

氨基酸含量, 用 10% 醋酸提取, 美国 Waters M721 高效液相色谱仪测定。

谷氨酰胺合成酶, 2 克叶片 + 8 ml 提取液 (50 mmol Tris-HCl pH7.66, 1 mmol MgCl_2 , 1 mmol EDTA 和 1 mmol DTT) 匀浆, 通过两层纱布过滤, 滤液离心 20 分钟后, 取上面清液测酶活性, 并用福林-酚试剂法测出清液的酶蛋白含量。酶反应系统为 45 mmol HEPES pH 6.5, 60 mmol 谷氨酰胺, 0.05 mmol ADP, 35 mmol $\text{NH}_4\text{OH}\cdot\text{HCl}$, 4 mmol MnCl_2 , 10 mmol $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ 。酶反应在 25°C 下进行 20 分钟, 然后加 1 ml 终止液 (10% FeCl_3 : 24% TCA: 6N HCl: $\text{H}_2\text{O} = 4:1:0.5:6.5$) 显色后, 在 722 分光光度计上读 A_{440} , 结果以 A_{440}/mg 酶蛋白 · 小时来表示^[6]。

二、结果与讨论

(一) 尿素对土壤 pH 的影响

CK 和 C 处理亩施 8.15 公斤尿素 10 天后, 进行土壤 pH 值测定, 其值从原来的 6.8 提高到 8.2 和 8.1, 分别比施肥前增高 1.4 和 1.3 个单位; 亩施 4.1 公斤尿素加一半有机肥的 C + M 处理 pH 提高到 7.2; 而完全有机肥的 M 处理 pH 值仍为 6.8, 保持不变(表 3) 本

表 3 尿素对土壤 pH 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度的影响

Table 3 The effect of urea on pH and $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration of soil

处 理 Treatment	施肥前 Before fertili- zing pH	施肥后 10 天 10 days after fertilizing		
		pH	$\text{NH}_4\text{-N}$ (ppm)	NH_3 (ppm)
CK				
(N, P)	6.8	8.2	49.4	5.3
C				
(N, P, K)	6.8	8.1	47.0	4.0
C + M				
(1/2 N, P, K + 1/2 manure)	6.8	7.2	11.6	0.2
M				
manure	6.8	6.8	9.9	0.1

试验分析了土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度, 顺序为 $\text{CK} > \text{C} > \text{C} + \text{M} > \text{M}$, 通过化学平衡计算, 得到了各处理的土壤 NH_3 浓度, 由表 3 可见, 引起前三个处理 pH 值升高的原因主要是尿素在尿酶作用下水解成氨, 再加之土壤缓冲性能较差(阳离子代换量只有 5.69 meq/100 g 土), 故致使土壤 pH 值的升高。而有机与无机配合处理, 则因为有机肥能促进化肥氮的生物固定, 降低土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度, 并且还能提高土壤的缓冲能力, 故施肥后土壤的 pH 变化很小。

(二) 尿素对大麦根系生长的影响

从田间情况来看, CK 和 C 处理, 大麦根系生长和出芽均受到显著抑制, 表明当土壤 NH_3 浓度达到 4 ppm 左右时对大麦根系的伤害已很明显, 这与罗质超等^[2]水稻根系临界伤害浓度相比, 要低 1 ppm 左右, 这有可能是大麦根系受 NH_3 的毒害比水稻更为敏感。

根据出芽后 20 天的测定结果表明, 大麦体内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度也明显增高(表 4)。根系

表 4 不同处理大麦根系重量和体内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量

Table 4 The root weight and $\text{NH}_4\text{-N}$ content of barley plant with different treatment

项 目 Item	处 理 Treatment			
	CK	C	C + M	M
根重(克干重/10 株)	0.171	0.278	0.663	0.616
$\text{NH}_4\text{-N}^*$ (微克/克鲜重)	根	298.0	123.0	71.0
	叶	175.0	61.4	21.8

* 鲜样研磨提取, 奈氏比色法测定。

浸出液的电导值和钾离子渗出比, 受害大麦根系的数值显著高于正常植株(表 5)。统计结果表明, 相对电导值与钾离子渗出比以及根内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量三者之间存在着密切的相关关系, 相关系数分别为: 0.9993***, 0.9939** 和 0.9904**。邓令毅等研究, 膜透性与浸

表 5 氨害对大麦膜透性的影响

Table 5 The effect of NH_3 toxicity on membrane permeability of barley plant

处 理 Treatment	外 渗 电 解 质 Released electrolyte			渗 出 的 K^+ Released K^+			叶片组织电阻 值 Resistance of leaf tissue ($\text{k}\Omega$)	
	实测电导率 Conductivity of diffusate ($\text{M}\Omega/\text{cm}$)	绝对电导率 Absolute conductivity ($\text{M}\Omega/\text{cm}$)	相对电导率 Relative conductivity (%)	全 钾 Total K^+ (ppm)	渗出钾 Released K^+ (ppm)	K^+ 渗出比 Rate of Released K^+ (%)		
根	CK	12.2	13.8	88.4	2.5	2.0	80.0	
	C	48.6	103.1	47.1	18.8	8.6	45.7	
	C + M	23.7	94.4	25.1	18.9	4.8	25.4	
	M	26.1	92.7	28.2	18.9	5.1	27.0	
叶	CK	19.2	31.6	60.7	5.7	3.1	54.4	1675
	C	51.4	119.4	43.0	21.7	9.3	42.5	2580
	C + M	16.9	111.2	15.2	21.8	3.3	15.1	4184
	M	17.7	106.2	16.6	21.5	3.4	15.8	3897

出液的相对电导值和钾离子渗出比有很好的相关性^[5], 我们的研究结果同样也证实了这一点。另外还因大麦受氨害后由于根系膜结构受到了破坏而影响透性, 从而扰乱了体内生理生化代谢的正常进行, 导致根系呼吸强度下降, 能量代谢明显降低, 根系过氧化物酶活性增高, 表明根系趋向老化, 如表 6 所示。

表 6 氨害对大麦呼吸强度、ATP 含量和过氧化物酶活性的影响

Table 6 The effect of NH_3 toxicity on respiratory rate, ATP content and peroxidase activity of barley plant

处 理 Treatment	呼吸强度 Respiratory rate ($\mu\text{molO}_2/\text{g. Ew.}$ root/h)	ATP 含量 ATP content ($\mu\text{mol/g. Ew. root}$)	过氧化物酶活性 Peroxidase activity ($\text{OD}_{470}/\text{g. F. W}/\text{min}$)	
			根	叶
CK	1154	0.050	308.0	142.0
C	1567	0.089	289.0	107.0
C + M	2420	0.217	137.0	54.4
M	2014	0.188	180.3	86.2

(三) 氨害对大麦地上部生长的抑制

从表 4—6 中可以观察到, 大麦受氨害后, 叶片内的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度比正常株高出 2—7 倍; 过氧化物酶活性增高, 说明叶片也趋向老化; 叶片电阻值显著下降, 相对电导值和钾离子渗出比均提高。对小麦叶片电阻值的研究曾表明, 电阻值的大小也可作为膜透性的一个指标^[7]。根据相关分析, 叶片 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度与电阻值, 相对电导值和钾离子渗出比之间均存在双对数关系, 相关系数分别为: -0.9978^{**} , 0.9710^* 和 0.9562^* 并且相对电导值与电阻值和钾离子渗出比之间也存在着线性相关, 相关系数分别为: -0.9971^{**} , 0.9954^{**} 和 -0.9929^{**} 。这表明大麦受氨害后叶片的膜结构同样也受到了严重破坏, 但与根系相比, 显然根系受氨的毒害更为敏感。另外, 大麦叶片的电阻值似乎也可以作为其透性的一个指标。

大麦受氨害后其外观征状表现为类似缺钾的黄化症,叶绿素含量明显降低,叶绿素 a 和叶绿素 b 比值 (a/b) 下降,光合电子传递速率虽然增大,但光合磷酸化作用极低(表7),仅为正常株的 20% 左右,因而反映光合电子传递与光合磷酸化偶联状况的 P/O (光合磷酸化中被酯化的磷或所形成的 ATP 与光合电子传递中释放的氧原子之比)比值很小,致使单位重量叶片内的 ATP 贮存量也明显下降,这说明氨对光合磷酸化起解偶联作用。

虽然受氨害后的大麦体内氮素含量较高,但其体内的氮素代谢是紊乱的,主要表现为硝酸还原酶活性降低,仅为正常株的一半左右(表8)。同时体内有少量的脯氨酸积累,这是体内蛋白质合成受阻的一个征兆,也表明植株受氨害产生抵抗不良环境的适应性反应^[9]。

表7 氨害对大麦叶片叶绿素含量和能量代谢的影响

Table 7 The effect of NH_3 toxicity on chlorophyll content and energy metabolism of barley plant

处 理 Treatment	叶绿素含量 Chl. content (mg/g. F. W)	叶绿素 a/b 比值 Rate of Chl. a and Chl. b	电子传递速率 Rate of photosynthetic electron transport		光合磷酸化作用 Photophosphorylation activity		P/O	ATP 贮量 ATP content (μ mol/g. F. W.)
			(μ mol O_2 /mg. chl./h)	(%)	(μ ATP/mg. chl./h)	(%)		
CK	0.73	2.84	91.8	100	33.6	21.4	0.18	0.060
C	0.83	3.37	87.2	95.1	73.6	46.9	0.42	0.119
C + M	1.18	3.72	77.1	84.0	157.0	100	1.02	0.198
M	1.28	3.92	74.1	81.7	141.0	89.8	0.94	0.158

表8 不同处理大麦叶片含氮量、硝酸还原酶活性及游离氨基酸含量

Table 8 Changes in nitrogen and free amino acid contents and nitrate reductase activity in barley plant under different treatments

处理 Treatment	全氮 Total N (%)	硝酸还原酶 NR. (μ g $\text{NO}_2\text{-N/g. F.}$ w/h)	游离氨基酸含量 Free amino acid content (mg/100g. DW)	精氨酸含量 Arg. content (mg/100g. DW)	脯氨酸含量 Pro. content (mg/100g. DW)
CK	4.48	4.31	183.6	15.6	1.20
C	3.55	5.20	94.3	4.1	0.3
M	2.80	7.87	96.1	4.8	—
C + M	3.35	8.13	86.1	1.8	—

(四) 钾和有机肥料对大麦氨害作用的防治

从上述结果可以看出,在施氮水平相同的情况下,亩施 5 公斤 K 则可明显减轻氨对大麦的毒害,其产量比对照增产 1 倍左右(表 9) 差异达到极显著水准。看来其原因是,除了由于钾能提高能量代谢外,还能提高大麦体内谷氨酰胺合成酶的活力,据测定大麦叶片内谷氨酰胺合成酶活性,处理 C 为 1.22 (A_{540} /毫克酶蛋白·小时);对照 (CK) 为 0.33 (A_{540} /毫克酶蛋白·小时),前者比后者高出 3 倍。谷氨酰胺合成酶活力的提高则有利于促进过量的 NH_3 转化为酰胺,因而解除了氨的毒害作用。由表 8 分析结果可以看出,施钾处理的叶片游离氨基酸总量比对照低 1 倍左右,其中精氨酸含量要低 3 倍。曾证明,植株体内的精氨酸在精氨酸酶作用下生成鸟氨酸和尿素,进而在尿酶作用下降解为氨^[10],因而有可

表 9 不同处理大麦产量比较 (SSR 法)

Table 9 The comparison of seed yields of barley under different treatments (Duncan's test)

处 理 Treatment	产 量 Yield (kg/mu)	显 著 性 Significance	
		0.05	0.01
CK	62.9	a	A
C	140.8	b	B
M	182.4	c	BC
C + M	206.1	c	C

能会造成氮素的恶性循环。但如施钾则可降低精氨酸的含量,从而可以避免这一恶性循环。

根据试验表明,有机肥料对防治大麦氨害的效果十分显著,其效果超过施化学钾肥,尤其是有机肥与化肥各半配合施用的效果更佳,其产量与施化学钾肥相比,差异达到 1% 显著水平。盆栽试验指出,无钾处理氨害十分严重,施化学钾处理毒害明显降低,而施有机肥处理的生长正常,与田间试验结果完全一致。出苗后 20 天收获,测其干物质积累量,10 株苗干重三种处理分别为 0.89 克, 2.57 克和 4.13 克,差异十分明显。据研究,猪粪中的有效钾占全钾量的 73%^[10]。在砂性土壤上化学钾易被流失,而有机肥中的钾则不易,因此效果更好。其次,有机肥能提高土壤的缓冲性能和加速化肥氮的生物固定,达到肥效稳而长,降低土壤中游离 NH_4^+ 的浓度,从而避免了氨对大麦的毒害。对于有机和无机肥各半配施不仅可以解决单施化肥引起的氨害问题,而且还可弥补单施有机肥养分供应的不足,同时也缓和目前我国钾源不足的矛盾,因此,这是合乎国情的解决大麦氨害和获得高产的可行技术措施。

参 考 文 献

- [1] 袁立海, 1981: 尿素的烧种。土壤肥料, 第 2 期, 56—63 页。
- [2] 罗质超、唐永良、刘芷宇, 1985: 尿素水解中 NH_3 对根系的抑制作用。土壤学报, 第 22 卷 1 期, 56—63 页。
- [3] 上海植物生理学会编, 1985: 植物生理学实验手册。上海科学技术出版社。
- [4] 华东师范大学植物生理教研组编, 1980: 植物生理学实验指导。人民教育出版社。
- [5] 邓令毅、王洪春, 1984: 葡萄的抗寒性与质膜透性。植物生理学通讯, 第 2 期, 12—16 页。
- [6] 林振武等, 1986: 籼、粳稻对硝态氮的吸收和同化。作物学报, 第 12 卷 1 期, 9—14 页。
- [7] 丁钟荣, 1984: 用电阻法测定冬小麦品种抗寒性的研究。植物生理学通讯, 第 1 期, 26—28 页。
- [8] L. 比弗斯著, 薛应龙等译, 1981: 植物的氮素代谢。科学出版社。
- [9] 汤章成, 1984: 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义。植物生理学通讯, 第 1 期, 15—21 页。
- [10] Sun Xi, Zhang yongsong, Ying Qizhao, Tang Caixian, 1986: Effect of organic manure on soil fertility and crop production. Current Progress in Soil Research in People's Republic of China, 197—206.

EFFECT OF ORGANIC MANURE AND POTASSIUM ON PREVENTING BARLEY FROM NH_3 TOXICITY

Zhang Yongsong Sun Xi anl Ying Qizhao

(Zhejiang Agricultural University)

Summary

This paper deals with the mechanism of inhibition of NH_3 from urea hydrolysis in silt loam soil with low K content and the prevention of this toxicity by the application of farm manure and K on barley (*Hordeum vulgare* Jess). The results obtained are summarized as follows:

The pH of soil relating to the concentration of free NH_3 raised about 1.3 units 10 days after applying 122kg/ha urea in the soil, and a significant inhibition of NH_3 on barley growth was observed while the concentration of free NH_3 in soil solution was about 4 ppm. The membrane structure of both root and leaf tissue was severely injured by NH_3 . The injured barley was low in respiratory rate and activities of photophosphorylation, nitrate reductase and glutamine synthetase, but high in the rate of photosynthetic electron transport and the contents of free amino acids.

Potassium showed a good effect to prevent barley from NH_3 toxicity, while the farm manure was much better than potassium. So it is suggested that the application of urea combined with farm manure is an effective method to prevent barley from NH_3 toxicity and to obtain a high yield.