

11-16

第20卷 第1期
1992年2月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol.20 No.1
Feb. 1992

KCl 煮沸法浸取石灰性土壤可矿化氮 存在的问题及改进

李生秀 晋艳 高小妮

(西北农业大学农化系, 陕西杨陵·712100)

摘要 用 KCl 煮沸法浸取石灰性土壤中的可矿化氮时, 会造成氨态氮的挥发, 浸取出的 NH_4^+-N 反而比不煮沸时为低。为了解决这一问题, 进行了不同温度下的保温静置、水浴加热等处理, 浸取出来的铵态氮均未显著增加。采取酸化 KCl 溶液后再进行煮沸, 显著地提高了 NH_4^+-N 的浸出量, 且浸出结果与作物吸氮量有密切的相关性。

关键词 KCl 煮沸法, 可矿化氮, 石灰性土壤

中图分类号 S153.1

用化学试剂浸取土壤中一定形态的氮素作为土壤供氮能力的指标一直受到人们的重视。化学浸取剂中, 温和浸取剂 (如温水、热水和中性盐等) 在浸取土壤矿化氮的过程中, 不会引起土壤性质的巨大变化, 能较好地反映土壤原来的情况, 近来更受到刮目相看, 用 1mol/L KCl 作浸取剂的 Bremner 法在国际上得到广泛运用⁽¹⁾。该法可以浸取土壤已矿化的可代换性 NH_4^+-N , 存在于土壤溶液中以及吸附在带正电土壤胶体上的 NO_3^--N , 但不能反映土壤中可矿化的有机氮水平。为了克服这一缺点, 不少研究者提出采用 KCl 煮沸或在高温下保持一定时间, 使部分易矿化的有机氮水解, 包括于测定值之中。Oien 和 Selmer-Olsen 等人用 80°C 恒温的 1mol/L KCl 溶液浸取土壤 20 h, 发现所浸取出的氮素与通气培养期间所释放出来的 N 素有高度相关性 ($r=0.98$)⁽²⁾。Selmer-Olsen 等人以后又发现用这一方法所浸取出来的 N 素与作物吸收的 N 素有密切关系⁽³⁾。Whitehead 用煮沸的 1mol/L KCl 浸取土壤 1 h, 结果 23 种土壤中所释放出来的氮素与作物吸收的 N 素密切相关 ($r=0.90$), 而且浸取出来的氮素与黑麦草吸收的氮素数值极为相近⁽⁴⁾。李生秀的工作证明, 在酸性土壤中, 用 1mol/L KCl 煮沸所浸取的 N 素与黑麦草、大麦及燕麦吸收的氮素密切相关, 浸取的可矿化氮与通气条件下培养结果也有良好一致性⁽⁵⁾。这些都表明, 用 KCl 煮沸浸取土壤氮素有一定的应用前景。但是以往的研究均采用酸性或中性土壤。这种方法可否用在石灰性土壤, 至今尚无报道, 本文报道这方面的研究结果。

1 材料与方 法

1.1 盆栽试验

采用有机质、全氮、碳氮比及机械组成差异较大的西北地区 24 种 0~20cm 的耕层

文稿收到日期: 1991-02-02

土壤^[6]。土样采回后,立即风干,过 2 mm 筛。试验用内径 10cm,高 15cm 的米氏盆,装土 1.75kg,土壤距盆顶约 1cm,以黑麦草作指示作物,每盆留苗 17 株,重复 4 次。采用容量法灌水。播前及黑麦草刈割后均随灌水给每盆加入含有 40mg P、20mg S、100mg K 及 100mg Mg 的混合营养液。后者由 KH_2PO_4 、 MgCl_2 及 K_2SO_4 组成。黑麦草共刈 5 次。每次刈割后立即烘干、称重、粉碎,分析全氮含量。

1.2 大田试验

在杨陵、武功、扶风 20 个肥力不同的田块进行(表 1)。试验设不施肥,亩施氮素 7.5kg,亩施 P_2O_5 5kg,亩施 7.5kg N+5kg P_2O_5 等 4 项处理。氮肥用尿素,磷肥用含 9% P_2O_5 的过磷酸钙。试验小区 0.02 亩,重复 2 次,随机排列。肥料作播前种肥一次施入 15cm 表土内,供试土样于施肥前采取后,风干、过筛,供分析用。

表 1 大田试验土壤基本理化性状

土号	有机质 (%)	全氮 (%)	C/N	$\text{NO}_3^- \text{-N}$ ($\mu\text{g/g}$ 土)	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	Σ	pH	速效磷 $\mu\text{g/g}$	砂粒 (%)	粉粒 (%)	粘粒 (%)	质地
1	0.862	0.078	6.4	11.3	8.2	19.4	7.5	13.0	7.4	47.3	45.3	粘壤
2	1.127	0.100	6.5	12.9	8.9	21.8	7.5	14.7	5.2	50.5	44.3	粘壤
3	1.255	0.103	7.1	29.5	10.9	40.4	7.6	4.2	0.8	53.7	45.5	粘壤
4	1.199	0.092	7.5	14.2	10.5	24.7	7.7	4.8	8.1	47.5	44.4	粘壤
5	1.213	0.109	6.4	16.5	8.8	25.3	7.7	8.5	1.8	51.5	46.7	粘壤
6	1.112	0.102	6.3	9.1	10.0	19.1	7.7	3.7	1.8	54.8	43.4	壤土
7	0.903	0.087	6.0	13.6	10.1	24.3	7.7	5.9	11.3	46.4	42.3	粘壤
8	1.300	0.105	7.2	7.2	7.0	14.2	7.9	4.0	1.1	54.4	44.5	粘壤
9	1.215	0.108	6.6	16.9	12.2	29.1	7.8	6.6	1.6	54.8	43.7	壤土
10	1.215	0.104	6.8	28.8	16.8	45.6	7.8	6.5	17.4	37.2	45.5	粘壤
11	1.073	0.093	6.7	8.7	8.9	17.6	7.9	11.1	1.1	53.0	45.9	壤土
12	0.979	0.093	6.1	7.7	4.6	12.3	7.8	4.1	6.6	43.6	49.8	粘壤
13	1.188	0.105	6.6	15.9	8.5	24.4	7.8	4.6	22.4	28.0	49.7	粉壤
14	1.033	0.085	7.1	21.0	7.9	28.9	7.3	8.8	15.1	40.4	44.5	粘壤
15	0.332	0.017	11.3	3.8	5.4	9.2	7.8	4.4	75.8	10.1	14.1	粗砂
16	0.678	0.047	8.3	9.1	5.2	14.3	7.8	7.1	46.8	32.7	20.5	粉壤
17	1.352	0.104	7.5	31.4	16.7	48.1	7.7	11.3	13.2	41.4	45.5	粘壤
18	1.307	0.091	8.3	10.4	6.6	17.0	7.8	4.5	5.2	45.4	49.5	粘壤
19	1.209	0.097	7.2	19.4	10.1	29.5	7.8	6.2	5.2	53.6	41.2	粘壤
20	1.138	0.081	8.2	6.0	12.1	18.1	7.9	5.1	9.1	49.6	41.3	粘壤

1.3 化学分析

除盆栽,大田土样外,并由陕南平利县枣园茶场(1~2)及示范农场(13~13)采集不同层次的酸性土,进行同一研究(表 2)。

土壤有机质采用重铬酸钾外加热氧化法,全 N 采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消解,自动定 N

仪测定; 植物全氮用开氏法 (含有水杨酸的 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消解), 土壤 NH_4^+-N 及 $NO_3^- -N$ 用 1mol/L KCl 浸取, 连续流动分析仪测定; 土壤中的可矿化氮用 KCl 煮沸、恒温静置、水浴加热及酸化后加热等方法进行浸取。

表 2 15 种酸性土壤部分理化性质

土号	全 N (%)	有机质 (%)	$NO_3^- -N$ ($\mu\text{g/g}$)	$NH_4^+ -N$ ($\mu\text{g/g}$)	pH	土号	全 N (%)	有机质 (%)	$NO_3^- -N$ ($\mu\text{g/g}$)	$NH_4^+ -N$ ($\mu\text{g/g}$)	pH
1	0.20	1.81	4.1	22.9	5.5	9	0.13	1.58	2.9	23.1	5.9
2	0.15	1.31	1.8	13.3	5.4	10	0.07	0.20	2.4	13.0	5.8
3	0.10	0.52	1.8	18.0	6.0	11	0.14	1.03	3.6	13.6	6.0
4	0.13	0.79	1.8	11.7	6.4	12	0.08	0.35	2.0	11.0	5.7
5	0.12	0.58	1.8	14.1	6.3	13	0.28	1.83	18.8	29.9	4.7
6	0.18	1.98	19.5	45.6	5.5	14	0.18	1.51	7.2	27.1	5.2
7	0.13	1.42	5.2	30.8	5.2	15	0.17	0.62	4.8	19.3	6.3
8	0.16	1.48	2.7	25.7	5.4						

2 试验结果

2.1 KCl 煮沸法浸取出的石灰性土壤中的可矿化氮素

对西北地区 24 种石灰性土壤, 用 KCl 直接浸取和煮沸浸取测定其矿质氮和可矿化氮 (表 3)。结果表明, 两种方法测出来的 $NO_3^- -N$ 基本一致, 而测出来的 $NH_4^+ -N$ 有显著差别。煮沸以后, $NH_4^+ -N$ 明显减少, 且大都在 $7\mu\text{g/g}$ 左右, 似乎维持着一个定

表 3 1mol/L KCl 直接浸取和煮沸所浸出的 $NH_4^+ -N$ ($\mu\text{g/g}$)

土壤编号	直接浸取		煮 沸		土壤编号	直接浸取		煮 沸	
	$NO_3^- -N$	$NH_4^+ -N$	$NO_3^- -N$	$NH_4^+ -N$		$NO_3^- -N$	$NH_4^+ -N$	$NO_3^- -N$	$NH_4^+ -N$
1	67.9	13.3	50.7	7.0	13	8.7	17.5	62.1	6.2
2	20.1	11.7	22.6	6.8	14	6.0	10.4	5.1	5.6
3	16.2	17.9	24.8	7.5	15	5.7	20.8	0.9	6.1
4	109.3	10.1	101.5	7.4	16	15.8	8.8	9.2	5.9
5	54.9	16.4	35.1	7.6	17	18.7	17.1	11.3	7.0
6	4.5	13.4	8.2	7.2	18	15.7	15.8	21.6	6.0
7	10.0	11.5	9.2	8.3	19	20.7	9.6	9.2	7.4
8	18.6	13.5	10.7	7.2	20	17.7	8.7	13.4	6.3
9	4.7	16.5	25.5	7.5	21	7.8	6.9	10.2	6.1
10	13.2	10.9	65.4	9.0	22	10.7	10.2	9.2	6.1
11	2.8	11.7	9.9	6.6	23	14.5	4.0	11.3	6.6
12	9.4	11.6	24.8	6.4	24	29.6	8.6	35.1	6.4

值。笔者过去的研究表明, 经煮沸, 浸出的 $NO_3^- -N$ 无明显变化, 浸出的 $NH_4^+ -N$ 却可成倍、甚至几倍增加^[12]。本研究肯定了前一结果, 而与后一结果相矛盾。其原因显然在于所用土壤。迄今, KCl 煮沸法的结果大多在酸性至中性土壤取得, 本试验所用的土壤为石灰性土壤, pH 在 7.5 以上。在碱性条件下煮沸, 释放出来的 $NH_4^+ -N$ 可能会以气态挥发损失, 使测定值降低。如 10 号土壤, 采自陕西安康, pH 值较低; 煮沸以

后, $\text{NH}_4\text{-N}$ 减少不多。为了确定 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的减少是否由挥发造成, 我们对 10、12 和 13 号土壤的浸取液进行酸化, 即在土壤加入 KCl 后, 再加硫酸, 使浸取液的 pH 降至 6 以下, 然后进行煮沸。测定表明, 酸化后煮沸所浸取出来的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 分别为 19.9、17.1 及 17.4 $\mu\text{g/g}$, 既高于直接浸取的结果 (分别为 10.9, 11.6 及 17.5 $\mu\text{g/g}$), 也高于未酸化时的煮沸结果, 这进一步证明, 煮沸所造成的石灰性土壤上的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 减少确系挥发所致。

2.2 保温静置对 KCl 浸取的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的影响

为了既能浸出可矿化的氮素, 又能避免煮沸过程中氨的挥发损失, 减少测定过程, 我们研究了保温静置的浸取效果。试验先采用 15 个微酸性土样, 这些土壤在保温过程中不会有氨的挥发, 可以探索出合适的保温条件。试验从两方面进行, 1) 在 80℃ 水浴上保温 2 h; 2) 在 40 和 60℃ 的恒温箱中分别保温 2, 6, 12 和 24 h, 结果表明, 在 80℃ 水浴上保温 2 h, 浸出的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 与振荡 30min 无明显差异; 在恒温箱中保温以后, $\text{NH}_4\text{-N}$ 的浸取量则随温度升高, 浸取时间延长而增加。在 60℃ 温度下静置 24 h, 浸出的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 比直接振荡约高出 1/3 (表 4)。看来, 采用这一条件有较好效果。

表 4 15 种酸性土壤不同处理所浸取出的 $\text{NH}_4\text{-N}$

土号	振荡 30min	40℃ 保温时间(h)				60℃ 保温时间(h)				80℃ 水浴 保温 2 h
		2	6	12	24	2	6	12	24	
1	23.7	19.9	22.6	26.7	23.6	18.4	27.8	26.4	32.9	23.4
2	13.0	14.8	12.4	17.3	19.7	10.2	19.3	18.1	30.9	15.3
3	18.0	11.1	10.8	10.4	15.2	9.6	18.8	17.5	26.7	17.6
4	11.7	14.2	11.9	13.9	15.2	4.3	14.1	13.4	18.5	
5	14.4	8.9	10.6	7.9	12.8	7.6	12.8	13.7	24.2	11.9
6	45.6	49.3	45.4	56.6	58.3	55.1	58.6	58.8	63.7	46.5
7	30.2	24.6	26.2	34.8	30.3	26.8	31.2	31.9	42.2	28.4
8	25.6	20.8	24.5	28.9	25.4	18.7	25.2	30.2	29.0	
9	23.1	18.8	19.1	23.4	28.6	23.3	27.1	34.2	32.9	22.1
10	13.7	5.6	15.3	46.3	21.9	23.6	20.2	34.9	19.7	20.3
11	13.6	9.8	13.9	9.1	13.4	5.6	9.2	6.8	18.3	7.2
12	11.6	4.9	8.2	7.1	27.1	7.1	13.1	11.0	15.2	14.1
13	30.0	17.6	10.5	22.8	27.1	19.4	27.3	32.0	32.7	32.7
14	26.9	13.9	20.4	15.2	16.4	13.8	25.7	19.5	29.5	
15	20.4	8.5	9.9	10.9	12.4	8.7	16.6	19.3	19.8	10.9

为了了解在酸性土壤上得到的这种较为合适的保温条件是否适用于石灰性土壤, 对上述 24 种石灰性土壤进行了同样条件下的保温试验。结果表明, 即使在 60℃ 的温度下, 氨的挥发依然严重。保温不到 6 h, 浸取瓶的瓶塞冲开, 浸取的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 比直接振荡 30min 的数值还低。这表明, 适于酸性土壤的保温条件仍然不适于石灰性土壤。

2.3 KCl 溶液酸化后保温和煮沸的效果

保温静置未能使 KCl 浸取的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 反映出石灰性土壤可矿化氮的水平, 于是对浸取液进行了酸化处理。方法是给蒸馏水中加入 HCl, 使成 0.2mol/L 的 HCl 溶液,

然后用此溶液溶解 KCl, 制成酸化的 1mol/L KCl 的溶液。土壤加入酸化的 KCl 溶液后, 溶液的 pH 约在 6.0 左右。

对西北地区 24 种土壤加入酸化的 KCl 溶液, 在 60℃ 温度下静置 6h, 浸取出来的 NH_4^+-N 无多大增加(表 5), 与作物吸氮量的相关系数也未明显提高, 表明在石灰性土

表 5 石灰性土壤在 60℃ 保温 6h 测定的可矿化氮

土号	NH_4^+-N NO_3^--N		总 N 量	作物吸 N 量 (mg/盆)	土号	NH_4^+-N NO_3^--N		总 N 量	作物吸 N 量 (mg/盆)
	$\mu\text{g/g}$					$\mu\text{g/g}$			
1	9.0	135.4	144.4	204.5	13	12.9	18.9	31.7	116.5
2	10.0	84.2	94.2	204.5	14	8.9	1.9	10.8	78.9
3	6.7	67.7	74.5	154.4	15	5.5	1.4	6.9	72.7
4	8.2	139.3	147.5	340.0	16	9.4	72.4	81.8	114.0
5	5.8	135.6	141.4	219.7	17	12.8	74.3	87.1	98.3
6	9.6	19.3	28.9	61.0	18	6.9	62.9	69.8	100.3
7	7.4	41.0	48.4	99.6	19	4.6	77.8	82.4	123.3
8	9.4	73.6	83.0	120.3	20	9.0	135.4	144.4	90.5
9	13.7	87.5	101.2	138.3	21	7.5	30.5	38.0	70.4
10	16.8	46.9	63.7	165.8	22	9.4	29.3	38.7	91.9
11	6.2	14.0	20.2	85.8	23	4.5	59.4	63.9	108.5
12	9.0	40.4	49.4	109.9	24	8.1	107.5	115.6	128.1

壤上采用酸化保温的措施得不到理想效果。采用酸化 KCl 溶液, 煮沸 1h 的方法, 对 20 种大田试验土壤进行了浸取。结果显著地提高了 NH_4^+-N 的浸取量(表 6), 浸

表 6 酸化 KCl 煮沸浸取的土壤的矿化氮与作物吸氮量的关系

土号	NO_3^--N NH_4^+-N		Σ	作物吸氮 (kg/亩)	土号	NO_3^--N NH_4^+-N		Σ	作物吸氮 (kg/亩)
	$\mu\text{g/g}$					$\mu\text{g/g}$			
1	13.9	8.3	22.2	6.41	11	7.5	20.1	27.6	6.15
2	12.9	25.3	38.2	6.89	12	14.8	23.6	38.4	7.51
3	27.9	25.4	53.3	8.97	13	20.4	22.5	42.9	6.42
4	10.8	22.3	33.1	6.50	14	3.5	6.2	9.7	2.14
5	11.3	21.2	32.5	7.71	15	7.3	21.5	28.8	5.49
6	8.9	24.6	33.5	7.01	16	32.8	35.6	68.4	9.69
7	12.3	19.6	31.9	7.39	17	9.6	14.9	24.5	7.29
8	15.8	28.4	44.2	7.96	18	19.4	13.4	32.8	8.10
9	25.7	29.9	55.6	8.77	19	4.8	29.9	34.7	8.19
10	8.4	23.4	31.8	5.65	20	7.4	29.8	37.2	7.13

取出来的 NH_4^+-N 与施磷处理的作物吸 N 量有着非常密切的关系: NO_3^--N 与其相关系数为 0.679, NH_4^+-N 与其相关系数为 0.661, 两者之和与作物吸氮量的相关系数为 0.801, 均达到 1% 的显著水准。看来, 采用酸化煮沸的办法既可以防止浸取过程中氮的挥发, 又可反映土壤的供氮潜力。

3 小 结

研究表明, 在石灰性土壤上, 采用 KCl 煮沸法浸取土壤中可矿化氮, 会引起

$\text{NH}_4\text{-N}$ 的挥发, 测定值反而比直接浸取的为低。采用水浴加热, 恒温静置等措施, 虽然提高了酸性土壤可矿化氮浸取量, 但在石灰性土壤上仍然有着较为严重的氮素挥发损失。酸化 KCl 溶液后再进行煮沸, 防止了石灰性土壤上氮的挥发, 浸取值与作物吸氮量也有密切的关系。

参 考 文 献

- 1 Bremner J M. Nitrogen availability index. In: Black ed. *Methods of Soil Analysis*. (Part 2). Wisconsin, USA: Am Soc of Agro, 1965: 1324~1345
- 2 Oien A, Selmer-Olsen A R. A laboratory method for evaluation of available nitrogen in soil. *Acta Agric Scand*, 1980; 30:149~159
- 3 Selmer-Olsen A R, Baerug R, Lyngstad I. Evaluation of a KCl-hydrolyzing method for available nitrogen in soil by pot experiment. *Acta Agric Scand*, 1981, 31:251~255
- 4 Whitehead D C. An improved chemical extraction method for predicting the supply of available soil nitrogen. *J Sci Food Agric*, 1981; 32:303~308
- 5 Li Shengxiu. A Study on Soil Nitrogen Mineralization Potential as an Index of Soil Nitrogen Availability. In: *Current Progress in Soil Research in People's Republic of China*, Soil Science Society of China ed. Nanjing Jiangsu: Jiangsu Science and Technology Publishing House, 1978: 225~235
- 6 李生秀, 张兴昌, 张兴悟等. 土壤中非代换铵的行为 I. 两种测定土壤非代换铵方法优劣的判别. 西北农业大学学报, 1991; 19 (1): 7~12
- 7 李生秀. 关于土壤供氮指标的研究. I. 对几种测定土壤供氮能力方法的评价. 土壤学报, 1990; 27 (3): 233~240

The Problem of Extracting Potentially Mineralizable N in Calcareous Soil by Boiling KCl and Its Improvement

Li Shengxiu Jin Yan Gao Xiaoni

(Soil science and Agrochemistry Department of the Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Using boiling KCl solution to extract mineralizable N from calcareous soil has led to serious loss of N by volatilization, and therefore the amounts of ammonium extracted were less than those without boiling. In order to solve the problem, keeping the extracting solution with soil at different temperatures in different times and heating the solution with soil on water-bath were tried. The results show that the ammonium extracted was not significantly increased. Acidification of the KCl solution with HCl and then boiling it with soil for one hour, the amounts of ammonium extracted were significantly increased, and the mineralizable N extracted was well correlated with N uptake by plants.

Key words boiling KCl, mineralizable N, calcareous soil