

评价土壤有效氮测定方法 的生物指标

李生秀

(土壤农化系)

摘 要

研究表明,作物吸收的氮素总量能客观地反映土壤的供氮能力,是评价化学浸取氮的唯一准则。作物含氮百分数只有在生育期长时才有较大变动,反映出土壤供氮水平的差别。对于生育期短,吸氮不多的作物,干物质与吸氮量有一致关系,可用来衡量浸取法的适合程度;而对于生育期长、吸氮多的作物,则有较大偏差。以两种方式表示的浸取氮与作物吸收氮间的相关系数基本一致。作物吸氮量与两种方式表示的全氮间的相关系数无显著区别;而以每盆毫克数表示的有机质与作物吸收的氮素有密切稳定的相关。

关键词: 评价; 化学浸取方法; 土壤有效氮; 生物指标; 作物氮素

了解土壤供氮能力对合理施用氮肥,提高氮肥利用率,防止氮素污染有着重要意义。评价土壤供氮能力常用化学浸取法,即利用一定化学试剂直接浸取土壤存在的某种形态的氮素或经短期培养而矿化的氮素,并测定之。但化学浸取法能否反映土壤供氮的实际情况则需要通过生物试验进行验证。盆栽试验是验证化学浸取法的基本方法。然而,如何利用盆栽试验资料正确评价化学浸取法的优劣,至今仍无一致方法:有用干物质者,有用产量者,有用吸氮量者,不一而足。由于标准不同,对同一方法往往会有不同结论,从而影响对化学方法的选取和应用。本文企图利用盆栽试验资料对正确评价化学浸取方法作一探讨。

1 材料及方法

1.1 供试土壤及盆栽试验^[1]

1.2 培养试验

通气培养采用G. Stanford等人的方法^[2]。预培1周,淋洗矿化氮后再培养2周。但收集预培后的淋洗液测定矿化氮。后者与硝化力培养法的数值相当。淹水培养采用Waring与Bremner法^[3]。在 $16 \times 160\text{mm}$ 的试管中,加入 $12.5 \pm 1\text{ml}$ 的蒸馏水及 5g 干土。

本文于1987年2月13日收到。

塞住管口, 在40℃恒温培养箱中培养7天后, 将土-水混合物定量地转移到150ml蒸馏瓶中, 再用12~15ml 4N的KCl溶液冲洗试管。此后, 向蒸馏瓶内加入0.2~0.3g MgO, 用蒸汽蒸馏4min。蒸馏出来的氨以硼酸吸收, 硫酸滴定。土壤原存的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 以同法测定。培养前后 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的差数即是可矿化氮素。

1.3 化学分析

土壤及植物全氮采用开氏法, 土壤有机质采用Tinsley法^[1]。土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 同时浸取时采取 Bremner法^[4]。在10g土壤中加入100ml的2M KCl, 振荡1h, 过滤, 测定滤液中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 单独浸取时分别用2种浸取剂。一是用饱和 CaSO_4 浸取湿土。于相当10g的干土中加入100ml饱和 CaSO_4 溶液, 振荡1h, 过滤。滤液中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 用离子选择电极测定^[5]。另一用2M的KCl以上法分别浸取同一土壤的湿土及风干土样。土壤中的可矿化氮采用Whitehead的KCl煮沸法^[6]。通气培养淋洗液及KCl浸取液中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 均用连续流动分析仪分析^[7]。

2 结果与分析

盆栽试验资料及以“ $\mu\text{g/g}$ 干土”表示的不同方法测定的土壤有效氮(以下简称浸取氮)分别见表1, 2。以“ mg/盆干土 ”表示的浸取氮见文献^[1]。本试验所用的12种土壤中, 10号表现异常——浸取氮量较低而作物吸收氮量较高, 明显影响计算结果。这一问题已在前文^[1]中作了详细讨论。为节省篇幅, 本文仅用11种土壤(抽掉10号)计算相关系数。后者与用12种土种土壤计算的结果有完全一致的趋势。

表1 作物的干物质及氮素

土壤 编号	大 麦			黑 麦 草		
	干物质 (g/盆)	含氮量 (%)	吸氮量 (mg/盆)	干物质 (g/盆)	含氮量 (%)	吸氮量 (mg/盆)
1	1.48	0.85	12.5	2.11	1.24	26.1
2	1.74	0.82	14.2	2.53	1.12	28.3
3	1.99	0.76	15.1	2.82	0.92	26.0
4	3.58	0.86	30.7	4.46	1.45	64.7
5	2.50	0.87	21.8	3.86	1.16	44.6
6	2.62	0.86	23.4	3.65	1.09	39.8
7	1.76	0.92	16.1	3.05	1.02	31.1
8	2.06	0.86	17.9	2.85	1.19	33.8
9	3.20	0.79	25.1	3.89	1.21	47.2
10	3.32	0.86	28.6	3.85	1.22	47.1
11	2.38	0.79	18.7	3.25	1.14	36.9
12	3.08	0.81	24.7	4.09	1.32	54.1

表2 不同方法测定的土壤有效氮素

测定方法编号*	土 壤 号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6.6	10.0	10.4	22.0	11.2	9.2	9.6	11.8	17.0	6.0	6.3	20.4
2	7.8	9.3	12.0	22.5	10.6	9.4	9.0	12.6	17.3	5.8	5.8	20.0
3	7.0	10.0	12.0	22.4	10.5	9.7	7.9	13.2	17.3	6.2	5.7	19.4
4	1.0	2.0	1.1	0.7	0.7	1.2	2.4	0.9	1.5	1.8	5.3	4.6
5	3.0	12.0	13.1	23.1	11.2	10.9	10.3	14.1	18.8	8.0	11.0	24.0
6	5.8	3.0	2.8	17.6	1.4	2.9	2.3	3.4	6.2	1.0	4.3	3.0
7	21.0	26.2	18.5	27.4	27.1	20.2	19.1	32.9	55.7	17.1	21.7	58.4
8	27.8	29.2	21.3	45.0	28.5	23.1	21.4	36.3	61.9	18.1	26.0	61.4
9	11.1	4.5	3.5	31.6	3.6	6.7	5.5	7.3	5.9	6.5	8.0	5.6
10	5.3	12.2	11.4	8.5	19.1	16.6	7.9	15.0	24.1	9.9	11.5	24.4
11	19.3	16.7	14.1	46.1	22.7	23.3	13.4	22.3	30.0	16.4	22.1	30.0
12	20.9	7.5	6.3	49.2	5.0	9.6	7.8	10.7	13.1	7.5	12.9	8.6
13	26.3	38.4	29.9	35.9	46.2	36.8	27.0	47.9	79.8	27.0	33.2	82.8
14	47.2	45.9	36.2	85.1	51.2	46.1	34.8	53.6	91.9	34.5	48.1	91.4
15	8.9	9.9	6.9	8.4	12.0	11.2	8.7	12.4	11.9	7.2	9.5	8.2
16	92.4	61.0	43.0	106.8	139.7	44.6	51.0	49.6	78.0	25.0	42.3	93.8
17	83.5	53.0	38.1	93.0	127.7	33.4	42.3	37.2	66.1	17.8	53.3	85.3
18	9.5	8.7	12.7	21.3	11.8	9.5	7.0	10.0	15.8	6.4	7.3	16.7
19	16.4	19.5	14.3	30.5	22.0	21.3	16.5	17.0	20.5	19.2	21.3	21.4
20	25.6	28.2	27.0	51.7	33.6	30.8	23.5	27.0	36.3	25.6	28.6	38.1

* 1—2用0.5%CaSO₄和0.1M KCl分别由浸土中浸取的NO₃⁻-N, 3—5, 用2M KCl由干土中浸取的NO₃⁻-N, NH₄⁺-N及NO₃⁻-N+NH₄⁺-N, 6—8, 通气固氮法测定的NO₃⁻-N, NH₄⁺-N及NO₃⁻-N+NH₄⁺-N, 9—11, 通气培养2周矿化的NO₃⁻-N, NH₄⁺-N及NO₃⁻-N+NH₄⁺-N, 12—14, 预培1周及培2周所矿化的NO₃⁻-N(6+9), NH₄⁺-N(7+10)及NO₃⁻-N+NH₄⁺-N(8+11)总值; 15—17, 纯水培养前、后的NH₄⁺-N及两者之和(16+15); 18—20, 用KCl煮沸法浸取NO₃⁻-N, NH₄⁺-N及NO₃⁻-N+NH₄⁺-N。

2.1 浸取氮与作物吸收氮的关系

作物体内的氮素是评价土壤供氮能力的客观指标,也是衡量各种化学浸取法与实际符合程度的唯一准则。作物体内的氮素可以用干物质中的含氮百分数及每盆作物吸收的氮素总量来表示。相关分析(表2)表明,以每盆吸收的氮量(mg)表示时,其与浸取氮之间的相关最好,不管后者以每 μg 土中的 μg 数还是以每克土中的mg数表示。采用这种表示方法,作物吸收的氮素与2周通气培养法及KCl煮沸法浸取的氮量($\text{NH}_4^+-\text{N}+\text{NO}_3^--\text{N}$)相关系数最高。用干物质中的含氮百分数表示时,则与浸取氮之间的相关系数大大降低。降低程度因作物而异。对于大麦,相关系数既甚低,又大多数为负号,无法反映各种浸取方法之差异,因而难以作为标准判断浸取法的测定结果。对于黑麦草,相关系数虽有正值,但仍能反映出各种浸取法之差异,仍与上述2种

表2 作物含氮率与吸收总量与两种方式表示的土壤有效氮之间的相关系数(r)

测定方法	有效氮以 $\mu\text{g/g}$ 干土表示				有效氮以mg/盆干土表示			
	大麦		黑麦草		大麦		黑麦草	
编号	N(%)	N(mg/盆)	N(%)	N(mg/盆)	N(%)	N(mg/盆)	N(%)	N(mg/盆)
1	-0.10	0.81	0.33	0.56	-0.12	0.77	0.64	0.82
2	-0.14	0.77	0.67	0.82	-0.22	0.73	0.62	0.77
3	-0.17	0.73	0.66	0.81	-0.19	0.71	0.61	0.77
4	-0.12	-0.01	0.02	0.97	-0.32	0.63	0.01	0.95
5	-0.13	0.73	0.67	0.83	-0.27	0.72	0.59	0.77
6	0.08	0.53	0.73	0.61	-0.03	0.55	0.72	0.58
7	-0.33	0.43	0.18	0.57	-0.37	0.44	0.44	0.49
8	-0.10	0.51	0.68	0.60	-0.11	0.78	0.64	0.61
9	0.18	0.50	0.73	0.55	-0.13	0.73	0.72	0.53
10	-0.27	0.47	0.44	0.44	-0.20	0.44	0.40	0.39
11	-0.63	-0.71	0.87	0.04	0.03	0.30	0.37	0.02
12	0.13	0.52	0.70	0.38	0.15	0.49	0.72	0.55
13	-0.32	0.31	0.39	0.30	-0.37	0.46	0.35	0.43
14	-0.09	0.73	0.70	0.32	-0.25	0.73	0.76	0.73
15	0.29	-0.15	0.03	0.36	0.23	-0.03	-0.08	-0.13
16	-0.39	0.42	0.60	0.35	0.15	0.37	0.60	0.52
17	0.35	0.14	0.41	0.59	0.11	0.30	0.57	0.46
18	-0.23	0.79	0.68	0.83	-0.29	0.76	0.64	0.80
19	0.14	0.85	0.76	0.89	0.14	0.81	0.72	0.85
20	-0.05	0.90	0.79	0.94	-0.10	0.90	0.78	0.95

方法的浸取氮密切相关,相关系数达到或接近1%显著水准。这表明,此种表示方法对

黑麦草仍有一定意义。两种作物的这种差别在于,大麦生育期短、干物质少,含氮量低,生长过程中土壤供氮量的差异尚未影响到体内含氮百分数的变化,致使后者与吸氮总量无密切联系(两者间的相关系数仅为0.1190),因此无法反映土壤供氮水平的高低。黑麦草生育期长(刈割4次,长达198天),干物质多,含氮量高,由土壤吸取了较多的氮素。生长过程中土壤供氮量的差异不但影响到吸氮总量,也造成了体内含氮百分数较大幅度的变动,并使这两者间有密切相关(作物中的含氮百分数与吸氮量的相关系数为0.7798,达到1%显著水准)。因而黑麦草的含氮百分数在一定程度上反映了土壤的供氮水平。

2.2 浸取氮与作物干重的关系

相关分析(表4)表明,作物干重一般可用来衡量化学浸取法的优劣。表现在作物吸收氮与浸取氮之间相关系数高者,干物质与其相关系数亦高;低者,亦低。两者与用KCl直接浸取的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 之间的关系,即是一例。但干物质与浸取氮的关系因作物而有较大变动,不如吸氮量与其关系密切、稳定。对大麦来说,干物质与2周通气培养及KCl煮沸法测定值之间的相关系数基本一致;对黑麦草来说,前者明显低于后者。显然,干物质多少并不与体内含氮量、从而与吸氮总量完全一致。本试验中,大麦含氮量为0.76%~0.89%,变幅不大(0.13%);干物质与吸氮量同步增减,12对数据中只有2对数据次序颠倒,从而使两者具有密切的线性关系($r = 0.9781$, $n = 12$)。因此,用干物质作标准评价浸取法与用吸氮量有异曲同工之效。黑麦草干物质含氮量为0.92%~1.45%,变幅0.53%,远大于大麦。虽然黑麦草的干物质与吸氮量相关系数为0.9406,

表4 作物干重与不同方法测定的有效氮之间的相关系数(r)

测定方法 编号	大 麦	黑麦草	测定方法 编号	大 麦	黑麦草
1	0.80	0.74	11	0.90	0.78
2	0.78	0.67	12	0.45	0.33
3	0.77	0.68	13	0.55	0.48
4	0.06	0.08	14	0.80	0.66
5	0.78	0.69	15	-0.08	-0.06
6	0.52	0.36	16	0.34	0.40
7	0.53	0.44	17	0.27	0.33
8	-0.08	0.54	18	0.81	0.70
9	0.41	0.30	19	0.77	0.76
10	0.51	0.52	20	0.91	0.84

但其中12对数据有7对次序不相对应,造成了其与浸取氮之间的相关系数明显不同于作物吸收氮与浸取氮之间的相关系数。例如,生长在3号,8号土壤上的黑麦草干重分别为3.86g和3.83g,相当一致。但前者含氮0.82%,后者1.06%。结果前者每盆吸氮量31.8mg,后者40.8mg。这种明显差别表明了黑麦草干重不能准确反映其吸氮多少,也就不能很好地衡量浸取氮与客观实际符合程度。

2.3 吸收氮与浸取氮表示方式的关系

浸取氮可以每克土的微克数(ppm)及每盆土的毫克数表示。如果盆栽按重量装土,每盆土重一致,则两者无本质区别;如果考虑到土壤容重,按各个土壤容重装盆,则同一型号的试验盆必有不同重量的土壤,因而两种方式表示的氮量不同。

本文的盆栽试验考虑到了土壤容重,因而用每盆土的mg数表示的浸取氮随不同土壤的土重而变化。相关分析(表3)表明,作物吸收的氮素(以每盆毫克数表示)与这两种方式表示的浸取氮之间的相关系数略有不同。2周通气培养所矿化的以及用KCl煮沸以后所释放的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 之和,以每盆土的毫克数表示时,与作物吸收氮的相关系数高,而其它方法所浸取的氮素则以每克土的微克数表示时相关系数高。尽管有上述差别,这两种表示方法在本质上并无不同:用它们计算出的相关系数都可以反映出浸取氮与实际的符合程度;两种方式表示的浸取氮与作物吸收氮间的相关系数也相当接近。当前所用的化学方法测出的氮素都还是一种指标,仅能反映出土壤供氮能力的相对高低,而不能表明作物可吸收氮素的绝对数值^[1]。因此,从理论上讲,用每盆土浸取氮的总量表示比较合理;但从指标的意义着眼,采用用相对值(每克土的微克数)更有好处:在生产上推广应用时,用不着考虑难以准确计算的作物根系分布的土层厚度和土壤重量。

2.4 吸收氮与全氮、有机质表示方式的关系

已有试验表明^[8],作物吸收的氮与土壤有机质及全氮均有一定关系。本试验更进一步表明,这种关系与全氮及有机质的表示方式有关(表5)。对于全氮,不管用百分含

表5 作物吸氮与土壤全氮、有机质的相关系数(r)

作物	全氮		有机质	
	%	g/盆	%	g/盆
大 麦	0.83	0.78	0.39	0.68
黑 麦 草	0.85	0.79	0.75	0.70

量或每盆克数表示,其与大麦吸氮量或与黑麦草吸氮量之间的相关系数均高,且均达到1%的显著水准。对于有机质,两种表示方式所得结果不完全一致。有机质百分含量与大麦吸氮量之间的相关系数低,达不到5%的显著水准;而与黑麦草的相关系数高,达到1%的显著水准。但有机质以每盆mg数表示时,其与2种作物吸氮量之间的相关系数却相当接近,也均达到了5%的显著水准。看来,后一种表示方式能较好地反映土壤有机质的矿化和供氮情况。

参 考 文 献

- 1 Li Sheng-Xiu. 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.), Jiangsu Science and Technology publishing House, China, 1986: 225-235

- 2 Stanford G, Smith S J. *Soil Sci Soc Am Proc* 1972; 36(3): 465-472
- 3 Keeney D R. Nitrogen-availability indices, in *Methods of Soil Analysis* (Page, AL ed), Part 2, 2nd ed, Am. Soc of Agro, Wisconsin, USA, 1982; 727-728
- 4 Bremner J M. Nitrogen availability indexes, in *"Methods of Soil Analysis"* (Black C A ed), Part 2, Am. Soc of Agro, Wisconsin, USA 1965; 1324-1345
- 5 Li Sheng-xiu and Smith K A. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal*, 1984; 15 (12) : 1437-1541
- 6 Whitehead D C. *J Sci Food Agric*. 1981; 32 : 303-308
- 7 Henrikson A and Selmer-Olsen A R. *Analyst*, 1970; 95 (1130) : 514-517
- 8 李生秀. *土壤学报*, 1989; 1 (1)

THE BIOLOGICAL INDICES FOR EVALUATION OF CHEMICAL EXTRACTION METHODS DETERMINING AVAILABLE NITROGEN IN SOILS

Li Shengxiu

(Department of Soil Science and Agrichemistry,

Northwestern Agricultural University)

Abstract

Pot experiment results show that the total nitrogen uptake by plants could objectively reflect soil N supplying capacities, and is the only criteria for evaluating extracted N from soil by chemical methods. The percentage of plant nitrogen may reflect the differences of soil supplying N levels only when plants grow for a long period. As to the short-term growing plant with less N uptake, plant dry matters are well correlated with its N uptake, and may be used as an evaluation indicator to judge the fitness of extracted N by chemical methods, but for long-term growing plants with more N uptake, dry matters are not well matched with plant uptake N. The correlation coefficients between extracted soil N expressed in two ways and plant uptake N are principally in agreement, and so are the coefficients between plant uptake N and total soil N expressed in two ways. A close, stable relationship is found between plant uptake N and soil organic matter when the later is expressed in mg per pot.

Key words: Chemical extraction method; available soil nitrogen; biological indices; plant nitrogen