

2. 根据不同土壤有机质含量因地制宜确定施肥量

大豆产量是由多种生态因素共同决定的，当土壤养分是产量限制因素时，施肥才能有效。不同有机质土壤，其养分对产量的限制程度是不同的。当其它因素（土壤水份、群体倒伏）是产量主要限制因素，而土壤自然供肥水平较高，不是限制因素时，增施肥料都是无效的。必须在其它限制因素得到解决后，增施肥料才能有效。因此，在当前科学技术和生产力水平条件下，必须因土壤肥力水平，即土壤有机质的高低，分别

表 8 不同产量水平，不同有机质土壤的施肥量指标(纯量斤/亩)			
土壤有机质%	产量水平 (斤)		
	300	400	500
施肥量%	4~6	6~7	> 7
	18	10.8	8.5
	25.5	17.5	13.3
	37.5	29.0	20.0

用红外线分析法测定大豆叶片光合作

用技术的体会

杜维广 张成嘉
(黑龙江省农科院大豆研究所)

测定作物叶片光合作用的方法已有检压法、半叶法、改良半叶法、酸碱滴定法、pH比色法、电导法、气相色谱法、放射性¹⁴O及稳定性¹³C同位素法、红外线分析法等。国内外研究者认为红外线分析测定光合作用具有测定迅速、准确、精确度高，简便、安全和连续活体、离体测定等优点。

我们采用红外线分析法测定大豆叶片的光合作用。所用仪器有，广东佛山分析仪器

确定合理施肥量。根据几年试验资料和生产经验，分别提出不同产量水平不同有机质土壤的施肥量指标（表8）。

3. 随施肥量的增加，必须改进施肥方法
施用化肥方法不当，会因施肥部位过早或烧种烧苗而影响肥效。以至减产。这种危害随施肥量的增加而加重。因此，在土壤有机质含量较低，产量指标较高，施肥量很大的地块，更要改进施肥方法，几年试验结果表明，以种下分层深施或侧深施两种方法较好，具体方法是：

（1）种下分层深施：以氮2磷6施于种下5厘米，以保证大豆幼苗用肥，又可防止烧种烧苗，其余肥量施于种下10~15厘米，以保证干旱季节施肥部位的墒情较好，并可满足后期大量需肥。

（2）侧深施：以氮2磷6侧3~5厘米种下5厘米施入，其余施于侧3~5厘米，深15厘米。大豆追肥根据温度和土壤水分而定，干旱年份浅追效果不大，必须追在湿土上方，能及时发挥肥效。

厂的产品型号为 FQWCO₂，北京分析仪器厂的产品型号为 QGD-07 型及日本岛津厂商出产的产品，型号为 ASSA-1610 型。通过研究实践有三点体会。

一、红外线 CO₂ 分析仪器的技术性能及叶室(同化室)的结构

红外线 CO₂ 分析仪器的技术性能和叶室的结构是测定作物光合作用效果的可靠性程度的关键。在使用 ASSA-1610 型仪器时，

其测定时间最好选择为 60 秒或 90 秒，在使用 QGD-07 型仪器时，如果在田间测定，因为受环境条件的影响，一般测定 30 分钟左右就要校正零点，每测 3~5 片叶就要测一下大气。

目前国内外使用的叶室大体分下述几类：1)按封闭方法来分，有气封、橡皮尼等物质密封的叶室；2)按形状结构来分，有长方形、方形、圆形；单联、双联、多联。3)按测定光合作用叶面积方法分，有固定叶面积和测定光合作用后再测叶片面积。控制上述各种类型叶室内温度有下述几种方法：1)水屏控制法，2)加层用冷空气或水流控制。调节叶室内湿度主要采用气流通过增湿的装置，调节光强，主要采用适当的光源，如：白炽灯、碘钨灯、萤光灯、汞灯、氙灯等等。较理想的是氙灯，因其光谱成份与自然光接近。其次，调节光源与叶室的距离，光源与叶室之间放有减弱光强的装置。但企图用改变电压来调节光强的方法不太理想，因为此法容易改变光质，同时注意在调节光强时，不应该改变光质成份。目前，各研究单位正利用着各种类型的叶室和控制温度、调节湿度、光强的方法。这些对于在室内测定光合作用还是比较理想的，但是在田间测定就不够理想。其原因是由于田间环境条件变化较快，而且这些控制温、湿、光强方法在田间利用起来不方便。因此，首先如何研制在田间测定作物光合作用，较容易的、自由的控制温、湿、光强的理想叶室结构将是急需解决的课题。理想叶室的结构，原则上是使叶片在叶室内与自然状态下尽量相近。我们正准备研制这种理想叶室，企图利用半导体，摇感等技术控制叶室温湿度。其次，在现有控制叶室温湿度条件下，叶室容积的大小也很主要，叶室容积的大小原则是要保证叶片在叶室内进行光合作用时，所利用空气中 CO₂ 浓度与自然状态下相同，绝不能造成叶室内 CO₂ 亏缺现象。一般来讲，叶室的面积约为叶片的 30~40 倍，厚度为 0.8~1.2 厘

米。当然，这要考虑空气流量的因素，用相应流量也可以调节叶室的容积。

我们曾在田间和实验室内测定大豆叶片光合作用。在哈尔滨地区，一般在大豆结荚期、鼓粒期进行田间测定，这时气温一般在 23~28℃。这样的环境条件有利于利用我们的叶室来自然控制叶室内的温度、湿度。一般在测定时，叶室内温度能自然控制在 25~30℃，温度如超过 29℃，用冷空气流及冰块降温。如果温度过高，就暂停测定，用冷空气流及冰块继续降温，直降到 25~29℃再继续测定。由于现有的抽气泵的流量所限，我们采用剪叶法，测定的叶面积约为 25 平方厘米，流量约为 100 升/小时。在实验室测定，采用水屏法与调节光源离距相结合的方法控制温度。如温度过高时，还加上冷空气流在水屏槽下方吹过来控制温度。湿度采用增湿器（人工气候箱用的增湿装置，或是简单的使空气通过湿沙布）调节。光源用碘钨灯理想的是氙灯，但目前产品度数太大，适宜为 1000~1500 瓦），用调节光源距离方法，调节光强。这种装置在实验室内测定作物光合作用尚可行。

二、测定作物叶片光合作用前的准备工作

当要测定某一作物叶片光合作用时，必须首先了解该作物光—光合作用曲线、温—光合作用曲线、流量—光合作用曲线、时间—光合作用曲线；其次，在根据研究内容，选择适当的光强，温度、湿度、流量及测定作物的生育期、测定的时间。就大豆而言，大豆叶片光合作用光饱和点是 3.5 万~4.5 万勒克斯（不同生育期各异），温度控制在 27℃±2，流量每平方厘米叶面积为 4~5 升/小时。再次，选择测定的地点（实验室或田间），选择测定的方法（离体测定或活体测定）。一般地讲，离体测定值略低于活体测定值。原因是叶室内的湿度、离体叶片的予照光情况。如果叶室内湿度适当，予照光适宜，叶片从开始离体到测定光合作用时都在营养液

中,离体与活体测定结果就会很相似。此外,要获得真实的令人满意的测定结果还应注意三个问题:1)测定前仪器校正。主要注意零点和满刻度的校正。2)选择干燥剂。理想干燥剂是过滤纸和过滤咀,且不要用变色硅胶。3)测定人员除熟练掌握测定技术外,对仪器原理、维修技术也要掌握。

三、测定作物光合作用的注意事项

1. 测定人员必须了解测定对象的光合

用特性,熟悉测定技术(包括对仪器简单故障的排除)。2.避免主观和减少客观上造成测定作物光合作用数值的误差。例如,固定人员读数,进气口要高于人,根据测定周围环境及仪器效果确定调零点的时间间隔都有益于消除或减少误差。

为了使用红外线分析法测定作物叶片光合作用方便起见,我们把 QGD-07 型红外线 CO₂ 分析器表盘上电流 (μA) 与 CO₂ 浓度 (ppm) 对应值列成表,并把 CO₂ 转换系数 (K 值) 也列成表及光合速率记录表一并附上,供使用人员参考。

附表1 红外线CO ₂ 分析器表盘读数与CO ₂ 浓度的换算表											
表盘读数(μA)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
CO ₂ 浓度(ppm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
表盘读数(μA)	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4
CO ₂ 浓度(ppm)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
表盘读数(μA)	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6
CO ₂ 浓度(ppm)	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
表盘读数(μA)	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8
CO ₂ 浓度(ppm)	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440
表盘读数(μA)	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0
CO ₂ 浓度(ppm)	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550
表盘读数(μA)	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0	13.2
CO ₂ 浓度(ppm)	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660
表盘读数(μA)	13.4	13.6	13.8	14.0	14.2	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2	15.4
CO ₂ 浓度(ppm)	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
表盘读数(μA)	15.6	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8	17.0	17.2	17.4	17.6
CO ₂ 浓度(ppm)	780	790	800	810	820	830	840	850	860	870	880
表盘读数(μA)	17.8	18.0	18.2	18.4	18.6	18.8	19.0	19.2	19.4	19.6	19.8
CO ₂ 浓度(ppm)	890	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990
表盘读数(μA)	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8	21.0	21.2	21.4	21.6	21.8	22.0
CO ₂ 浓度(ppm)	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100
表盘读数(μA)	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.2	23.4	23.6	23.8	24.0	24.2
CO ₂ 浓度(ppm)	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210
表盘读数(μA)	24.4	24.6	24.8	25.0	25.2	25.4	25.6	25.8	26.0	26.2	26.4
CO ₂ 浓度(ppm)	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290	1300	1310	1320
表盘读数(μA)	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.6	27.8	28.0	28.2	28.4	28.6
CO ₂ 浓度(ppm)	1330	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	1420	1430
表盘读数(μA)	28.8	29.0	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8
CO ₂ 浓度(ppm)	1440	1450	1460	1470	1480	1490	1500	1510	1520	1530	1540
表盘读数(μA)	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.6	32.8	33.0
CO ₂ 浓度(ppm)	1550	1560	1570	1580	1590	1600	1610	1620	1630	1640	1650
表盘读数(μA)	33.2	33.4	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6	34.8	35.0	35.2
CO ₂ 浓度(ppm)	1660	1670	1680	1690	1700	1710	1720	1730	1740	1750	1760
表盘读数(μA)	35.4	35.6	35.8	36.0	36.2	36.4	36.6	36.8	37.0	37.2	37.4
CO ₂ 浓度(ppm)	1770	1780	1790	1800	1810	1820	1830	1840	1850	1860	1870
表盘读数(μA)	37.6	37.8	38.0	38.2	38.4	38.6	38.8	39.0	39.2	39.4	39.6
CO ₂ 浓度(ppm)	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980
表盘读数(μA)	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6	40.8	41.0	41.2	41.4	41.6	41.8
CO ₂ 浓度(ppm)	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090
表盘读数(μA)	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0	43.2	43.4	43.6	43.8	44.0
CO ₂ 浓度(ppm)	2100	2110	2120	2130	2140	2150	2160	2170	2180	2190	2200
表盘读数(μA)	44.2	44.4	44.6	44.8	45.0	45.2	45.4	45.6	45.8	46.0	46.2
CO ₂ 浓度(ppm)	2210	2220	2230	2240	2250	2260	2270	2280	2290	2300	2310
表盘读数(μA)	46.4	46.6	46.8	47.0	47.2	47.4	47.6	47.8	48.0	48.2	48.4
CO ₂ 浓度(ppm)	2320	2330	2340	2350	2360	2370	2380	2390	2400	2410	2420
表盘读数(μA)	48.6	48.8	49.0	49.2	49.4	49.6	49.8	50.0	50.2	50.4	50.6
CO ₂ 浓度(ppm)	2430	2440	2450	2460	2470	2480	2490	2500	2510	2520	2530
表盘读数(μA)	50.8	51.0	51.2	51.4	51.6	51.8	52.0	52.2	52.4	52.6	52.8
CO ₂ 浓度(ppm)	2540	2550	2560	2570	2580	2590	2600	2610	2620	2630	2640
表盘读数(μA)	53.0	53.2	53.4	53.6	53.8	54.0	54.2	54.4	54.6	54.8	55.0
CO ₂ 浓度(ppm)	2650	2660	2670	2680	2690	2700	2710	2720	2730	2740	2750
表盘读数(μA)	55.2	55.4	55.6	55.8	56.0	56.2	56.4	56.6	56.8	57.0	57.2
CO ₂ 浓度(ppm)	2760	2770	2780	2790	2800	2810	2820	2830	2840	2850	2860
表盘读数(μA)	57.4	57.6	57.8	58.0	58.2	58.4	58.6	58.8	59.0	59.2	59.4
CO ₂ 浓度(ppm)	2870	2880	2890	2900	2910	2920	2930	2940	2950	2960	2970
表盘读数(μA)	59.6	59.8	60.0	60.2	60.4	60.6	60.8	61.0	61.2	61.4	61.6
CO ₂ 浓度(ppm)	2980	2990	3000	3010	3020	3030	3040	3050	3060	3070	3080
表盘读数(μA)	61.8	62.0	62.2	62.4	62.6	62.8	63.0	63.2	63.4	63.6	63.8
CO ₂ 浓度(ppm)	3090	3100	3110	3120	3130	3140	3150	3160	3170	3180	3190
表盘读数(μA)	64.0	64.2	64.4	64.6	64.8	65.0	65.2	65.4	65.6	65.8	66.0
CO ₂ 浓度(ppm)	3200	3210	3220	3230	3240	3250	3260	3270	3280	3290	3300
表盘读数(μA)	66.2	66.4	66.6	66.8	67.0	67.2	67.4	67.6	67.8	68.0	68.2
CO ₂ 浓度(ppm)	3310	3320	3330	3340	3350	3360	3370	3380	3390	3400	3410
表盘读数(μA)	68.4	68.6	68.8	69.0	69.2	69.4	69.6	69.8	70.0	70.2	70.4
CO ₂ 浓度(ppm)	3420	3430	3440	3450	3460	3470	3480	3490	3500	3510	3520
表盘读数(μA)	70.6	70.8	71.0	71.2	71.4	71.6	71.8	72.0	72.2	72.4	72.6
CO ₂ 浓度(ppm)	3530	3540	3550	3560	3570	3580	3590	3600	3610	3620	3630
表盘读数(μA)	72.8	73.0	73.2	73.4	73.6	73.8	74.0	74.2	74.4	74.6	74.8
CO ₂ 浓度(ppm)	3640	3650	3660	3670	3680	3690	3700	3710	3720	3730	3740
表盘读数(μA)	75.0	75.2	75.4	75.6	75.8	76.0	76.2	76.4	76.6	76.8	77.0
CO ₂ 浓度(ppm)	3750	3760	3770	3780	3790	3800	3810	3820	3830	3840	3850
表盘读数(μA)	77.2	77.4	77.6	77.8	78.0	78.2	78.4	78.6	78.8	79.0	79.2
CO ₂ 浓度(ppm)	3860	3870	3880	3890	3900	3910	3920	3930	3940	3950	3960
表盘读数(μA)	79.4	79.6	79.8	80.0	80.2	80.4	80.6	80.8	81.0	81.2	81.4
CO ₂ 浓度(ppm)	3970	3980	3990	4000	4010	4020	4030	4040	4050	4060	4070
表盘读数(μA)	81.6	81.8	82.0	82.2	82.4	82.6	82.8	83.0	83.2	83.4	83.6
CO ₂ 浓度(ppm)	4080	4090	4100	4110	4120	4130	4140	4150	4160	4170	4180
表盘读数(μA)	83.8	84.0	84.2	84.4	84.6	84.8	85.0	85.2	85.4	85.6	85.8
CO ₂ 浓度(ppm)	4190	4200	4210	4220	4230	4240	4250	4260	4270	4280	4290
表盘读数(μA)	86.0	86.2	86.4	86.6	86.8	87.0	87.2	87.4	87.6	87.8	88.0
CO ₂ 浓度(ppm)	4300	4310	4320	4330	4340	4350	4360	4370	4380	4390	4400
表盘读数(μA)	88.2	88.4	88.6	88.8	89.0	89.2	89.4	89.6	89.8	90.0	90.2
CO ₂ 浓度(ppm)	4410	4420	4430	4440	4450	4460	4470	4480	4490	4500	4510
表盘读数(μA)	90.4	90.6	90.8	91.0	91.2	91.4	91.6	91.8	92.0	92.2	92.4
CO ₂ 浓度(ppm)	4520	4530	4540	4550	4560	4570	4580	4590	4600	4610	4620
表盘读数(μA)	92.6	92.8	93.0	93.2	93.4	93.6	93.8	94.0	94.2	94.4	94.6
CO ₂ 浓度(ppm)	4630	4640	4650	4660	4670	4680	4690	4700	4710	4720	4730
表盘读数(μA)	94.8	95.0	95.2	95.4	95.6	95.8	96.0	96.2	96.4	96.6	96.8
CO ₂ 浓度(ppm)	4740	4750	4760	4770	4780	4790	4800	4810	4820	4830	4840
表盘读数(μA)	97.0	97.2	97.4	97.6	97.8	98.0	98.2	98.4	98.6	98.8	99.0
CO ₂ 浓度(ppm)	4850	4860	4870	4880	4890	4900	4910	4920	4930	4940	4950
表盘读数(μA)	99.2	99.4	99.6	99.8	100.0	100.2	100.4	100.6	100.8	101.0	101.2
CO ₂ 浓度(ppm)	4960	4970	4980	4990	5000	5010	5020	5030	5040	5050	5060
表盘读数(μA)	101.4	101.6	101.8	102.0	102.2	102.4	102.6	102.8	103.0	103.2	103.4
CO ₂ 浓度(ppm)	5070	5080	5090	5100	5110	5120	5130	5140	5150	5160	5170
表盘读数(μA)	103.6	103.8	104.0	104.2	104.4	104.6	104.8	105.0	105.2	105.4	105.6
CO ₂ 浓度(ppm)	5180	5190	5200	5210	5220	5230	5240	5250	5260	5270	5280
表盘读数(μA)	105.8	106.0	106.2	106.4	106.6	106.8	107.0	107.2	107.4	107.6	107.8
CO ₂ 浓度(ppm)	5290	5300	5310	5320	5330	5340	5350	5360	5370	5380	5390
表盘读数(μA)	108.0	108.2	108.4	108.6	108.8	109.0	109.2	109.4	109.6	109.8	110.0
CO ₂ 浓度(ppm)	5400	5410	5420	5430	5440	5450	5460	5470	5480	5490	5500
表盘读数(μA)	110.2	110.4	110.6	110.8	111.0	111.2	111.4	111.6	111.8	112.0	112.2
CO ₂ 浓度(ppm)	5510	5520	5530	5540	5550	5560	5570	5580	5590	5600	5610
表盘读数(μA)	112.4	112.6	112.8	113.0	113.2	113.4	113.6	113.8	114.0	114.2	114.4
CO ₂ 浓度(ppm)	5620	5630	5640	5650	5660	5670	5680	5690	5700	5710	5720
表盘读数(μA)	114.6	114.8	115.0	115.2	115.4	115.6	115.8	116.0	116.2	116.4	116.6
CO ₂ 浓度(ppm)	5730	5740	5750	5760	5770	5780	5790	5800	5810	5820	5830
表盘读数(μA)	116.8	117.0	117.2	117.4	117.6	117.8	118.0	118.2	118.4	118.6	118.