

锌肥对油菜碳代谢的影响

李树真 亚斌健

(西北农业大学农化系)

摘 要

本文利用 $^{14}\text{CO}_2$ 示踪法和作物酶学诊断技术,研究了在缺锌的石灰性土壤上,施用锌肥对油菜碳素同化作用的影响。测定结果表明:锌能提高碳酸酐酶的活性,增强油菜对 CO_2 的同化能力,促进油菜生长,并能提高籽粒产量(提高3.96克/株)和含油量(提高3.14%),但对品质的影响不大。

关键词 锌肥, 油菜碳代谢; $^{14}\text{CO}_2$ 示踪; 碳酸酐酶; 籽粒产量; 含油量

Wood和Siby在1952年曾指出:植物体内锌的功能,主要在于它是某些酶的组成成分和活化剂。锌的含量和碳酸酐酶的活性有关^[1]。近年来,锌作为植物正常生长不可缺少的营养元素,越来越被人们所注意。国内开展的土壤锌素普查工作表明,锌正显示出它的增产作用^[2]。据调查,陕西省缺锌土壤,主要是在pH较高的石灰性土壤中,有效锌的含量低于0.5ppm。这些缺锌和供锌不足的地块,占调查地块的94.3%。虽然锌肥在石灰性土壤上对粮食作物,如水稻、玉米等的增产作用已被肯定,但是,在石灰性土壤上,锌对油菜增产作用的研究正在起步,至于锌肥对油菜品质的影响,含油量的影响,特别是综合利用放射性同位素示踪技术及酶学(碳酸酐酶)诊断技术,探讨锌对油菜碳代谢及生长发育的影响方面的工作尚未见到报道。本文的目的在于综合利用放射性示踪技术及碳酸酐酶测定技术,从影响构成油菜产量的碳代谢,影响油菜品质的油脂含量及油脂成分分析入手,通过对油菜生长发育的影响等,探讨在石灰性土壤上锌肥对油菜的增产效果及品质方面的影响,初步进行理论分析,为油菜合理施锌提供依据。

材料与方 法

(一) 供试土壤

土壤采自陕西杨陵区头道塬红油土母质层,供试土壤的农化性状见表1。试验是在盆栽条件下进行,每盆装土7.5公斤。

试验中油脂成分分析由校中心实验室邓妙、黄森测定,在此致谢。

本文于1985年11月22日收到。

表 1

供试土壤农化性状*

有机质 (%)	全氮 (%)	碱解氮 (ppm)	速效磷 (ppm)	碳酸钙 (%)	有效锌 (ppm)	pH
0.77	0.052	33.3	3.5	6.96	0.51	8.21

* 分析方法: 有机质—重铬酸钾容量法; 全氮—半微量凯氏法; 碱解氮—扩散法; 速效磷—Olson法; 碳酸钙—气量法; 有效锌—DTPA原子吸收法; pH—电位计法

(二) 试验方案 (见表 2)

试验设两个处理, 重复五次, 随机排列。基肥用量为: 尿素 4.05 克/盆; 磷酸二氢钾 7.2 克/盆; 硫酸锌 ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.82 克/盆。

表 2

试验方案

处 理	N (g/kg ±)	P ₂ O ₅ (g/kg ±)	Zn (mg/kg ±)
1	0.25	1.0	0.0
2	0.25	1.0	25.0

1984年10月3日播, 种品种为甘蓝型油菜——陕油110。1985年3月6日又追施尿素 2 克/盆。1985年5月28日收获。在油菜生长过程中, 用自来水浇灌。为检测油菜苗期的碳酸酐酶, 于1985年4月1日进行第二批盆栽播种, 所用土壤、油菜品种以及处理方法同上。

(三) 试验方法

1. 分别于油菜苗期和蕾期进行了放射性¹⁴C₂标记。不同的处理, 同置于100×90×45cm³塑料薄膜光合室内, 光合1.5小时后, 按不同叶位采下叶片、花蕾和茎, 放入烘箱, 在80℃下烘干, 研磨, 称重, 置于不锈钢的样品托盘中, 均匀铺平, 保持固定的几何位置, 用FH-408自动定标器进行放射性测定。

2. 在油菜苗期, 测定碳酸酐酶的活性, 调查长势; 蕾期测定植株组织锌含量; 收获后测定油菜籽粒油脂含量, 千粒重及单株产量。

3. 油脂成分分析, 用日立633—30型气相色谱仪测定。测定条件如下: 检测器FID, 固定液DGES 6%, 检测器气化室温度250℃, 分离柱2m×3m·m, 柱温195℃, 载气流速40ml/min, 纸速5m·m/min。

结果与分析

(一) 锌对油菜碳素同化的影响

1. 植物放射性活度的测定。植物标记后, 按不同部位采样称重测定, 结果见表 3。油菜植株进行光合作用, 吸收CO₂, 同化为自身的有机物质, 作为植株生长发育的营养

物质。在此过程中吸收同化的 $^{14}\text{CO}_2$ 量越多,则放射性活度就越大;反之,则小。由表3可知,油菜苗期施锌,植株 ^{14}C 放射性活度高于不施锌的植株,说明施锌后,普遍提高了油菜对 $^{14}\text{CO}_2$ 的同化量,促进油菜植株对碳素的同化。

表3 油菜苗期 $^{14}\text{CO}_2$ 标记放射性测定

叶 位	放射性活度 (cpm/mg)	
	施 锌	不施锌
1	67 ± 8	50 ± 7
2	121 ± 11	82 ± 9
3	124 ± 11	92 ± 10
4	238 ± 15	138 ± 12
5	277 ± 17	217 ± 15
6	319 ± 18	251 ± 16

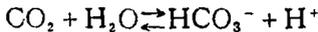
注:叶位的顺序由下往上排列。后文各表的叶位顺序与此表相同。

表4 油菜蕾期 $^{14}\text{CO}_2$ 标记放射性测定

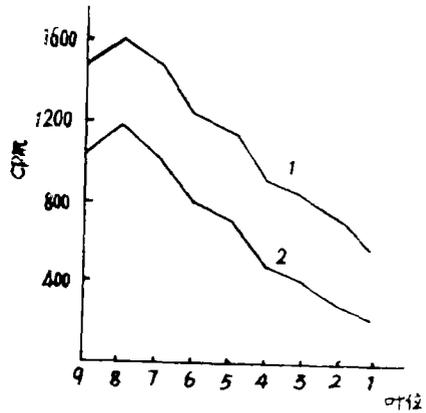
叶 位	放射性活度 (cpm/mg)	
	施 锌	不 施 锌
1	641 ± 25	291 ± 17
2	704 ± 27	315 ± 18
3	930 ± 30	445 ± 21
4	976 ± 31	560 ± 24
5	1158 ± 34	727 ± 27
6	1164 ± 34	826 ± 29
7	1536 ± 39	915 ± 30
8	1655 ± 41	1222 ± 35
9	1421 ± 38	1046 ± 32
10	1352 ± 37	860 ± 29
11	1145 ± 34	826 ± 28
12	912 ± 30	756 ± 28
13	658 ± 26	607 ± 25
14	551 ± 24	440 ± 21
花 蕾	757 ± 28	649 ± 26
茎	746 ± 27	663 ± 26

从表4同样可知,施锌的油菜植株放射性活度高于不施锌的植株。还发现,从第1叶到第8叶,¹⁴C放射性活度是不断增长的,第9叶以后,放射性活度是递减的。这是由于,油菜在不同的生育期,不同叶龄的同化功能叶片和光合产物的分配不同^[3]。从下图可以看到:在两条¹⁴CO₂同化线中,施锌的对¹⁴CO₂同化量高于不施锌,并都在第8叶表现出同化高峰。说明第8叶的上下几片叶,都是油菜这一时期的主要功能叶^[4]。而施锌又能使这组功能叶维持较长的功能期^[5]。

2. 碳酸酐酶的测定,主要是通过指示剂颜色的变化来判断植株是否缺锌。这是因为锌的含量和碳酸酐酶的活性有关,而碳酸酐酶主要分布于叶绿体内,催化CO₂的水合反应:



促使CO₂经过细胞液相向叶绿体扩散,对光合作用具有重要意义(Grahan和Reed, 1952)。叶片中的碳酸酐酶能分解HCO₃⁻放出CO₂,从而改变植物溶液的酸度。因此,测定酶作用后植物溶液的pH,就能了解酶活性的强弱,从而判断植物是否缺锌。如果溶液由淡蓝色变为黄绿色,表示缺锌;由淡蓝色变为绿黄色,表示锌足量。同时,用pH计测定酶作用后混合液pH的变化,表示碳酸酐酶的活性强弱(见表5)。



油菜在施锌和不施锌时的同化量
1. 施锌 2. 不施锌

表5 油菜碳酸酐酶活性的测定

项 目	生育期 I (出苗35天)		生育期 II (出苗45天)	
	施 锌	不施锌	施 锌	不施锌
颜色	绿黄色	黄绿色	绿黄色	黄绿色
pH测定值	7.52 7.53	7.65 7.60	7.34 7.39	7.47 7.42
	7.50 7.51	7.70 7.63	7.44 7.26	7.45 7.44
pH平均值	7.515	7.645	7.333	7.445
t 值	5.909		2.679	
结 果	差异极显著		差异显著	
水 准	t0.05 = 2.45		t0.01 = 3.71	

表5表明,对照缺锌,呈黄绿色,pH较高,碳酸酐酶的活性较低;锌充足,呈绿黄色,pH低,说明碳酸酐酶的活性高。施锌后pH降低,是由于叶片中碳酸酐酶活性较不施锌的高,能较多地分解HCO₃⁻释放CO₂,使溶液中H⁺浓度升高,所以pH降低。

(二) 锌对油菜干物质积累的影响

油菜收获后, 作油菜单株产量, 干粒重的测定 (见表 6、7)。

表 6 油菜单株产量的测定

项 目	施 锌		不 施 锌	
单 株 产 量 (克/株)	12.71	15.40	11.29	9.14
	17.02	14.50	9.54	10.49
	15.29	16.89	9.19	9.52
	15.54	13.72	10.74	11.43
	10.49	11.24	11.03	10.89
平 均 (克/株)	14.28		10.32	
t 值	5.227			
结 果	差异极显著			
水 准	t _{0.01} = 2.10		t _{0.05} = 2.88	

表 6 表明, 施锌的平均单株籽粒产量比不施锌的提高 3.96 克/株, 经 t 检验, 差异达极显著。这是由于, 施锌促进了油菜植株碳代谢, 并且促进了碳代谢合成的营养物质向籽粒的运转和输送。

表 7 油菜种子千粒重的测定

项 目	施 锌		不 施 锌	
千 粒 重 (g)	4.029	4.072	3.781	3.692
	3.961	3.824	3.819	4.011
	3.987		3.722	
平均 (g)	3.975		3.805	
t 值	2.43*			
水 准	t _{0.01} = 3.355		t _{0.05} = 2.306	

表 7 表明, 施锌对增加油菜种子的千粒重有显著的效果。这是由于 锌参与 植物 生长素 (吲哚乙酸) 的合成和某些酶系统的活动, 并且锌与作物的光合、呼吸及碳水化合物运转等过程发生着一定的关系, 使碳水化合物的运转与积累量直接影响到籽粒的千粒重的结果^[2, 4]。

(三) 锌对油菜生长发育的影响

对第二次 (4 月 2 日) 播种的油菜, 进行了苗期的观察, 并作了植株叶长和叶宽的

调查(见表8、9)。

表8 油菜植株叶长的调查

植 株	各叶位叶片长度 (cm)											
	1		2		3		4		5		6	
	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌
1	20	20	27	22	30	22	30	25	31	26	32	25
2	21	18	26	19	30	20	31	21	30	22	31	21
3	23	20	25	22	29	22	30	26	30	26	31	25
4	22	22	25	23	28	22	30	23	30	20	31	19
5	21	23	24	24	29	20	30	26	31	26	32	23
平均	21.4	20.6	25.4	22	29.2	21.2	30.2	24.2	30.4	24	31.4	22.6
t值	0.793		3.469		12.903		6.061		4.961		7.395	
结果	不显著		极显著		极显著		极显著		极显著		极显著	
水准	t _{0.01} = 3.355						t _{0.05} = 2.306					

表9 油菜植株叶宽的调查

植 株	各叶位叶片宽度 (cm)											
	1		2		3		4		5		6	
	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌	施 锌	不 施 锌
1	7	7	12	8	14	6	11	8	15	9	12	9
2	7	6	11	7	10	7	14	7	12	8	15	7
3	8	6	10	7	11	5	12	9	13	7	12	7
4	7	7	9	7	12	6	10	8	11	8	13	6
5	8	5	11	8	10	5	13	7	12	8	12	8
平均	7.4	6.2	10.6	7.4	11.4	5.8	12	7.8	12.6	8	12.8	7.4
t值	2.222		5.614		6.747		5.250		6.133		6.968	
结果	不显著		极显著		极显著		极显著		极显著		极显著	
水准	t _{0.01} = 3.355						t _{0.05} = 2.306					

表8和表9表明,除第1叶片外,其余5片叶,施锌与不施锌相比差异显著,施用锌肥促进油菜的苗期生长。同时,调查结果与用 $^{14}\text{CO}_2$ 标记测定放射性活度的结果相吻合。这是由于施锌的油菜植株,其体内锌含量增加,锌促进了植株体内正常的生理活动,从而增加了植株对 CO_2 的吸收同化^[6]。

我们利用湿灰化—原子吸收法测定了油菜蕾期植株叶片的锌含量,发现不施锌的叶片含锌量为19.15ppm,施锌的叶片含锌量63.25ppm,根据Bochle和Lindsay对不同作物叶片含锌量15—20ppm的分析指标,表明前者含锌不足,后者含锌充足,并已达到较高的浓度。

(四) 锌对油菜籽粒油脂含量的影响

在油菜收获后,利用索氏提取法对籽粒进行油脂含量的测定。施锌后的油菜籽含油量为41.56%,未施锌的为38.42%,前者较后者的含油量增长3.14%。表明施锌促进了油菜植株体对 CO_2 的吸收同化,并进一步证明锌能促进油菜的碳代谢。

(五) 锌对油脂成分的影响

施锌和不施锌的油脂成分见表10,经统计分析看出,锌对 C_{16} — C_{22} 等多种脂肪酸的变化影响不大,不具显著性。

表10 油菜籽粒中油脂成分

成 分	施 锌	不 施 锌	t 检验	
	平均值 (%)	平均值 (%)	f = 4	$t_{0.1} = 2.13$
C_{16}^0 棕 桐 酸	4.280 ± 1.442	3.493 ± 0.232	0.3791	
C_{16}^1 棕 桐 油 酸	0.112 ± 0.154	0.167 ± 0.054	0.0247	
C_{18}^0 硬 脂 酸	0.402 ± 0.284	0.463 ± 0.284	0.0000	
C_{18}^1 油 酸	10.692 ± 0.948	12.403 ± 1.306	0.0340	
C_{18}^2 亚 油 酸	16.165 ± 1.018	15.137 ± 0.818	0.0156	
C_{18}^3 亚 麻 酸	8.996 ± 1.266	8.982 ± 1.278	0.0016	
C_{20}^1 花 生 烯 酸	6.718 ± 0.855	7.648 ± 1.041	0.0316	
C_{20}^2 廿 碳 二 烯 酸	0.854 ± 0.300	0.827 ± 0.225	0.1092	
C_{22}^1 芥 酸	49.79 ± 1.554	49.378 ± 0.227	0.0327	
C_{22}^2 廿 二 碳 二 烯 酸	2.39	2.39	—	

结 论

1. 在石灰性土壤上,对油菜适当施锌,能增加植株体内锌的含量,试验表明:它延

长了功能叶的功能期，施锌提高了碳酸酐酶的活性，增强了 CO_2 的同化能力，因而对油菜有明显的增产效果。

2. 适量施锌能促进油菜的生长发育。

3. 适量施锌能提高油菜籽粒的油脂含量，但对多种脂肪酸成分的变化影响不大，这一问题，有待于进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 彭琳等：“陕西省土壤锌素状况及锌肥肥效初报”，《陕西农业科学》，1980年，第5期，第14页。
- [2] 彭克明等：《农业化学总论》，农业出版社，1980年。
- [3] 刘振声等：“氮肥增效剂在柑桔上应用的研究”，《原子能农业应用》，1983年，第2期，第31页。
- [4] 姚伯歧：“甘蓝型油菜的生活史”，《陕西农业》，1985年，第1期，第25页。
- [5] 郑广华：《植物栽培生理》，山东科学技术出版社，1980年。
- [6] 孙羲：《农业化学》，上海科学技术出版社，1980年。
- [7] 南京农学院主编：《土壤农化分析》，农业出版社，1980年。

Effects of Zinc Fertilizer Upon Carbon Metabolism of Rape

Li Shuzheng

Ya Binjian

(*Agrochemistry Department, Northwestern Agricultural University*)

Abstract

This Paper deals with the effects of application of zinc fertilizer upon the carbon assimilation of rape to the zinc demanding soil by means of $^{14}\text{CO}_2$ tracing and crop enzymic diagnosis techniques. Results from the determination show that zinc can improve the activities of carbonic anhydrase, strengthen the capability of rape to assimilate CO_2 , promote the growth of rape and raise grain yield of rape (3.96g/plant) and oil content in grain (3.14%). But, there is no effect on its quality.

Key Words Zinc fertilizer, carbon metabolism of rape, $^{14}\text{CO}_2$ tracing, carbonic anhydrase, grain yield, oil content