

# 油菜根茬肥田作用的研究

李春勃 张劲苗 王明玖 邢建民

(河北省植保土肥所)

关于油菜根茬的肥田作用,过去有不少研究报道。有人认为油菜根系分泌的柠檬酸等有机酸多<sup>[1]</sup>,转化土壤中难溶性的磷能力强;有人认为油菜根系阳离子代换量大,能从难溶性磷酸盐中夺取钙,从而提高土壤磷素的有效性<sup>[2]</sup>;还有人认为油菜根系排出的磷酸相当于吸收量的13—34%<sup>[3]</sup>。然而,一般区分“用地作物”和“养地作物”都是以对土壤氮素影响为标准。凡是消耗土壤氮素的,称之为“用地作物”,能增加土壤氮素的,称之为“养地作物”。油菜属于十字花科作物,本身没有固氮能力,而油菜又是需要氮素较多作物,每生产100斤籽实和结杆比生产同数量的小麦多吸收氮2.8斤<sup>[4]</sup>,似对养地没有什么作用。但在群众中有“油菜根,小粪堆”,“油菜根,小茅坑”的谚语,表明又有养地作用。本文试图通过油菜对土壤的理化性质和土壤生物活性的影响的研究,进一步探明油菜根茬的肥田作用。

## 一、试验经过与方法

本研究始于1976年,首先到保定、邯郸和邢台等地进行了调查,继而在本所采用田间试验、盆栽(土培法)和室内分析测定等方法进行了研究。

(一) 田间试验:试验地本所试验场,土壤为壤土,中等肥力。1976—77和1977—78生长年度的试验前茬分别为箭舌豌豆(收籽)和马铃薯,均设以下两处理:

1、根茬土:秋播油菜,收籽后播种谷子。

2、休闲(对照):同期播种谷子。

田间试验小区,长3米,宽6米,顺序排列,重复三次。油菜于当年8月底播种,品种为白菜型,每亩留苗两万株,次年5月底收籽后种谷子。1978—79年度试验油菜,因春季病毒病严重,影响正常结实,收获后未种谷子。

(二) 盆栽(土培)试验

1、在1977—78年度田间试验地油菜收获后,从每个小区均匀挖取耕层土壤约50斤,剔去全部油菜根系,将同一处理的土壤充分混合,风干过筛后,装盆设四个处理:

(1) 茬土:剔去油菜全部根系的风干土15斤,种谷子。

(2) 根茬土:15斤风干茬土加入15克油菜干根粉种谷子。

(3) 加根土:15斤休闲土加入15克油菜干根粉种谷子。

(4) 休闲土(对照):15斤休闲土种谷子。

2、1978—79年度盆栽试验:取本所试验场耕层土壤,前茬为小麦,风干过筛混合均匀,每盆装土15斤,灌水后播种油菜,收获后复种谷子,设三个处理:

(1) 根茬土(油菜收籽后的土)。

(2) 茬土(油菜收籽后剔去全部根系土)。

(3) 休闲土(对照)。

以上两年盆栽试验各处理重复均为5盆。盆钵规格为 $20 \times 25$ cm的白瓷盆,后茬作物谷子,每盆留苗为5株。

土壤农化测定采用常规法。土壤微生物的数量及生化强度等参照“土壤微生物分析方法手册”方法测定。过氧化氢酶采用纸片上浮法。油菜根系分泌物采用浸泡法提取。<sup>[5]</sup>

## 二、结果与分析

(一) 油菜对土壤物理性状的影响:油菜为圆锥主根系作物,根系发达,入土较深。据1977年本所田间试验测定,亩产260斤油菜籽的主根入土深度为186厘米,根系密集层深度为35厘米,遗留在耕层土壤中的风干根茬每亩415斤。根系经腐殖化后,可以增加土壤有机质,有利于土壤物理性状的改善。据1976—1978年田间试验测定,油菜收获后0—20厘米的耕层土壤容重根茬土比休闲地减少 $0.05$ 克/厘米<sup>3</sup>,孔隙度比休闲地大3.6%(见表1)。

油菜对土壤物理性状的影响

表1

(1976—1978年田间试验)

处 理	深度 cm	容 重		孔 隙 度	
		克/厘米 <sup>3</sup>	减 少	%	增 加 %
根 茬 土	0—20	1.31	—0.05	50.6	3.6
休 闲 地	0—20	1.36		48.8	

(二) 油菜对土壤微生物状况的影响:土壤中微生物的绝大部分属于有机营养类型。油菜在整个生育期代谢活动产生的根分泌物和收获后的根茬,作为有机物质遗留在

油菜收获后土壤微生物变化

表2

(1977—1978年田间试验)

处 理	自生固氮菌 万/克干土	氨化细菌 千万/克干土	亚硝酸细菌 万/克干土
根 茬 土	23.8	13.2	23.9
休 闲 地	6.4	0.53	8.3

土壤中,为微生物提供了重要的能量和营养来源,激发土壤微生物数量的增加。据在油菜收获后测定,根茬土的自生固氮菌、氨化细菌和亚硝酸细菌分别比休闲土高3.7倍、24.9倍和2.8倍。尤其氨化细菌最为明显(见表

2)。

油菜对土壤微生物的影响不仅限于提供营养物质,而且在周围创造了一个更适合于微生物生长的理化生物学的环境条件。据在油菜开花期测定,根际的自生固氮菌和无机

磷细菌分别比对照高15.4倍和16.8倍(见表3)。

随着遗留在土壤中有机的逐步腐殖化,也增加了后茬作物土壤中微生物的数量,谷子开花期的氨化细菌和亚硝酸细菌,根茬土分别为134.9千万/克干土和11.6万/克干土,休闲地分别为0.49和1.1,根茬土明显高于休闲地。

盆栽试验(后茬作物谷子)也表明,不同处理中的微生物活动效应亦有明显的差异(见表4)。

油菜开花期根际微生物数量

表3 (1976—1977年田间试验) 单位:万/克干土

微生物	根 际 土	对 照	根土比率
自生固氮菌	185.0	12.0	15.4
无机磷细菌	80.8	3.6	16.8

谷子不同生育期土壤微生物的变化

表4 (1978年盆栽试验)

时 间 类 型 处 理	拔节期 7月3日			开花期 8月3日		
	自生固氮菌 万/克干土	氨化细菌 千万/ 克干土	亚硝酸细菌 万/克干土	自生固氮菌 万/克干土	氨化细菌 千万/ 克干土	亚硝酸细菌 万/克干土
根 茬 土	36.4	318	12.1	20.7	35.5	35.5
茬 土	28.1	114	3.0	17.6	0.66	6.6
加 根 土	23.8	115	5.4	14.9	0.66	13.2
休 闲	11.9	0.32	3.2	7.9	0.36	6.6

在谷子拔节期和开花期,根茬土和加根土两处理中,加入的油菜干根粉量相同,但自生固氮菌、氨化细菌和亚硝酸细菌都高于加根土,茬土中油菜根系全部被剔去掉,与加根土相比较,其中有机物含量要少,也就是微生物的营养来源少,但自生固氮菌反而比加根土高,氨化细菌数量接近于加根土,只是亚硝酸细菌低于加根土。这一结果表明,除了遗留在土壤中根茬能促进微生物活动外,而根系代谢活动的产物及其残留物(包括根毛、根冠及脱落的表皮细胞)也起了积极的作用。

(三)油菜根系分泌物对自生固氮菌的刺激作用。土壤微生物的活动与根分泌有着密切关系。由于不同作物根分泌物的成分不同,每种作物都有其相应的微生物生理群。油菜是十字花科作物,在开花期小心挖取油菜根系,用浸泡法提取根分泌物<sup>[5]</sup>,将其稀释成1:3、1:4、1:5(植株重:水重)提取液,分别在无氮培养基中加入二毫升,对照加无菌水,接种后用平板法培养。培养结果进行变量分析,1:3、1:4、1:5处理间菌数不显著,但与对照比较极显著,菌数分别比对照增加86%、80%和72%,表明油菜根分泌物对自生固氮菌有刺激作用,能促其发育。

(四)油菜对土壤生物活性的影响。微生物是土壤中各种生物化学过程的积极参与

表 5

油菜根分泌物对自生固氮菌刺激作用

1979

处 理	每 克 干 土 菌 数 (万个)				增 加 %	
	1	2	3	平 均		
1:3	2.04	2.76	3.25	2.68***	86	P=0.05
1:4	2.04	3.01	4.76	2.60***	80	L.S.D=0.639
1:5	2.04	2.86	2.52	2.48***	72	P=0.01
CK	1.44	1.56	1.32	1.44		L.S.D=0.996

者。由于油菜根系代谢活动和根茬有机能源对土壤微生物的激发作用, 不仅首先反映出各类微生物生理群数量的急剧增长, 同时也影响到土壤整个生物化学过程强度和酶的活性。据1976—77年田间试验, 油菜收获后, 根茬土过氧化氢酶为8秒, 比对照15秒缩短7秒, 土壤呼吸强度每昼夜一克土发出 $\text{CO}_2$  0.851毫克, 比对照休闲0.510毫克增加了0.341毫克。另据后茬作物谷子不同生育期测定结果(见表6), 不同处理间, 土壤生物活性有着明显不同。从拔节到开花, 根茬土的氨化、硝化、呼吸作用、过氧化氢酶和脲酶的活性都高于其他各处理, 茬土和加根土次之, 休闲土最低。茬土和加根土相比较茬土在拔节期的氨化、硝化和脲酶的活性, 略高于加根土, 在开花期氨化和呼吸作用低于加根土, 而两种酶的活性高于加根土。从各种生化过程强度动态变化来看, 氨化作用随着谷子生育期增长而下降, 硝化作用和呼吸作用强度随着生育期增长而上升。

谷子不同生育期土壤生物活性情况

表 6

1978年盆栽试验

处 理	时 间	拔 节 期				开 花 期				
		氨 化	硝 化	呼 吸	脲 酶	氨 化	硝 化	呼 吸	过氧化	
		作 用	作 用	强 度		作 用	作 用	强 度	氢 酶	脲 酶
		作 用	%	强 度		作 用	%	强 度	(秒)	
根 茬 土		2.77	87.25	1.54	11.5	2.1	98.5	2.06	12	7.8
茬 土		2.60	84.0	1.24	10.9	0.3	97.5	1.35	15.3	6.35
加 根 土		2.50	79.0	1.24	10.3	0.5	97.5	1.63	14.2	5.47
休 闲 土		2.40	78.5	1.2	9.1	0.2	88.2	1.31	18.6	4.55

注: 表中氨化作用、脲酶的单位 $\text{mg}/\text{克干土}$ , 呼吸强度单位为 $\text{CO}_2\text{mg}/\text{克干土}$ 。

固氮作用强度是土壤固氮能力的指标。盆栽试验结果, 油菜收获后, 指茬土的固氮效能都高于茬土和休闲土, 每消耗一克葡萄糖能固氮7.53毫克, 比休闲土5.11毫克增加了2.4毫克。变量分析结果, 根茬土与茬土比较, 固氮量差异显著。而与休闲土相比较

差异不显著。

综合以上分析,不难看出,土壤生物化学强度与各该微生物生理的数量呈正相关,数量越多,强度也就越大。由于根茬土的自生固氮菌、氨化细菌和亚硝酸细菌数量最高,所以它的固氮强度、氨化作用和硝化作用都高于其他处理,做为土壤生物学总活性的呼吸强度释放出的 $\text{CO}_2$ 量也就越高,因为 $\text{CO}_2$ 释放量与微生物的数量成正比关系<sup>[6]</sup>,茬土与休闲土比较,也看到相同的趋势。微生物所引起的生物化学过程强度,全是借助于它们所产生的酶来实现的,它们之间存在着一定的相关性。通过研究表明<sup>[7]</sup>,土壤呼吸强度与过氧化氢酶和脲酶存在着直线相关,本试验也得到相同的结果。

(五)油菜对土壤养分的影响。据1976—1977年田间试验测定,亩产约280斤油菜籽,遗留在土壤中(0—25cm土层)的风干根茬量为415斤,丰富了土壤有机质。从表7看出,油菜收获后土壤全氮和有机质,根茬土比休闲土有所增加,土壤潜在肥力得到改善,有效养分也都高于休闲。

表7 油菜收获后土壤养分状况 1976—1977

处 理	全 氮 %	有机质 %	水解氮 %	氨 态 氮 P P M	速 效 磷 P P M
根 茬 土	0.0852	1.6090	0.0098	19	56.8
休 闲	0.0826	1.5090	0.0083	16	52.8

油菜收获后种谷子,根据不同生育期测定,无论土壤中和植株体内有效养分,根茬和压青均比休闲明显增加(见表8)。

表8 土壤与作物有效养分的变化 1976—1977年田间试验 单位: P P M

项 目	时 间 处 理	拔 节 期		孕 穗 期		开 花 期	
		根茬土	休 闲	根茬土	休 闲	根茬土	休 闲
谷 子 植 株	$\text{NO}_3\text{—N}$	466	253	508	168	422	168
	增 减	+212		+340		+254	
土     壤	$\text{NO}_3\text{—N} + \text{NH}_4\text{—N}$	42	32.7	23.3	23.3	50.2	29.8
	增 减	+9.3				+20.4	
	水 解 氮	84	84.3	67.5	66.5	77.5	70
	增 减	-0.3		+1.0		+ 7.5	
	速 效 磷	20	12.5	30	20	47.4	41
	增 减	+7.5		+10		+6.4	

土壤中有效养分的增加与微生物的数量及生物活性强弱表现出一致的趋势。根茬土的微生物数量、氧化、硝化、呼吸作用及酶的活性都高于其他各处理,因而它们有效养分增加最显著。

土壤中速效氮的增加与氨化细菌、亚硝酸细菌和自生固氮菌数量增加有密切相关性。氨化细菌参与土壤中有机态氮转化为氨,亚硝酸细菌把氨氧化为硝态氮。而自生固氮菌数量增加,有利于固定空气中更多的氮素,因而种植油菜有活化土壤氮素作用。

种植油菜后土壤速效磷增加,研究报道很多<sup>[1][2][3]</sup>。本试验结果也得到验证,种植油菜有活化土壤磷素的作用。

(六)油菜茬的增产效果。一般说来,后作物生长好坏和产量高低,是评价前茬的标准。调查结果表明,油菜对下茬作物增产效果显著。油菜茬种谷子比小麦茬和春白地增产13.6—26%,种花生比小麦茬增产27%,种玉米增产16.7%—35%,油菜茬种高粱比春白地增产10%(见表9)。

田间试验表明,无论是谷子百苗干重鲜重,还是成熟期的穗长、穗重、千粒重和产

表 9

油菜对下茬作物增产效果调查

地 点	面 积 亩	下 茬 作 物	处 理	下茬作物 亩产(斤)	增 产	
					斤/亩	%
定 兴 县 辛 庄 大 队	30	谷 子	油 菜	375	45	13.6
			春白地	330		
平 乡 县 南 牌 大 队	20	谷 子	油 菜	380	80	26
			春白地	300		
获 鹿 县 东邵营大队	2	玉 米	油 菜	823	118	16.7
			小 麦	705		
正 定 县 邵 同 大 队		玉 米	油 菜	510	90	35
			春白地	450		
邢 台 县 西 南 大 队	3	高 粱	油 菜	430	50	10
			春白地	380		
固 安 县 小杨务大队		花 生	油 菜	320	70	27
			小 麦	250		
平 乡 县 徐张屯大队		谷 子	油 菜	560	80	16.6
			小 麦	480		

量,根茬土均高于休闲土,比休闲增产21%。盆栽试验结果,根茬土的后茬谷子产量比休闲土增产45%,加根土比休闲土增产4.6%,茬土比休闲土减产6.6%。变量分析结果,根茬土的产量显著优于其他各处理,但茬土和加根土与休闲土的产量差异不显著。

### 三、结 语

油菜根茬的肥田作用,主要是由于油菜根系分泌物和遗留在土壤中的根茬,丰富了土壤的有机质,改善了土壤物理性状,并为土壤微生物提供了大量能量和营养物质,刺激各类微生物生理群数量急剧增长,从而大大促进土壤生物化学过程,提高土壤酶活性,改善土壤农化性状,使土壤中的迟效性的氮磷营养物质有效化。因此,种植油菜并不消耗地力,反而能肥田,使土壤肥力高于休闲地。

### 参 考 文 献

- 〔1〕论农业生态系统与用地养地 《铁岭农学院学报》1975第5期
- 〔2〕尉庆丰,土壤与根系 《农业科技资料》(西北农学院农学系)1977第3期
- 〔3〕H·A克拉西里尼科夫著《土壤微生物和高等植物》(290页)科学出版社1962
- 〔4〕上海农科所编《油菜丰产技术》上海科学出版社1960
- 〔5〕陈子英 《土壤微生物学专业会议专题报告及研究报告摘要集》(研24)1964
- 〔6〕张宪武、郑鸣之,丰产大豆的生物化学活性 《土壤学报》1962 Vol110 No1
- 〔7〕周礼恺,土壤的酶活性 《土壤学进展》1980第4期