

# 大豆连作土壤 pH与土壤酶活性<sup>\*</sup>

付慧兰 邹永久 杨振明 刘金萍 阎 飞

(中国人民解放军农牧大学 长春 130062)

## 提 要

本文对大豆连作条件下土壤 pH变化对土壤酶活性的影响进行了初步研究,研究结果指出,大豆连作土壤 pH变化与土壤脲酶、转化酶、过氧化氢酶、磷酸酶的酶活性之间存在着显著的正相关,表明大豆连作土壤 pH的变化是影响土壤酶活性的主要因素,也是连作大豆对不良环境的交叉适应。

**关键词** 大豆连作; pH土壤酶活性; 交叉适应

由于大豆生产基地不断扩大,大豆的连作栽培已不可避免,虽然许多学者对大豆连作障碍机制进行了研究<sup>[2,4,5]</sup>,但说法不一,没有定论。目前,大豆连作土壤 pH的变化与酶活性方面至今未见专门报道。为此,我们从 1991年开始对大豆连作条件下土壤 pH变化及其对土壤酶活性的影响,进行了初步的研究,试图探索大豆连作胁迫土壤 pH的变化对土壤酶活性的影响规律。

## 材料和方法

### (一) 试验材料

试验区设在解放军农牧大学农科站,试验采用盆栽和田间小区对比同步进行。供试土壤为黑土,大豆品种为“长农 5号”。试验区农业技术措施同大田,播量 5.5kg/亩,施磷酸铵 11.5kg/亩,尿素 1.5kg/亩, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: N 为 2:1 试验小区设 3次重复,试验为 6个处理: 正茬(麦-麦-豆)、重 1(豆-豆)、重 2(豆-豆-豆)、重 3(豆-豆-豆-豆)、重 4(豆-豆-豆-豆-豆)、重 5(豆-豆-豆-豆-豆-豆),每处理 3点,每点 6株根土混合。盆栽装土 12.5kg/盆,每盆定苗 3株,试验为 4个处理即正茬、重 1 重 2 重 3,每处理取 3盆 9株根土混合。分别于播期(4月 21日)、苗期(6月 12日)、盛花期(7月 13日)、结荚期(7月 25日)、鼓粒期(8月 22日)、成熟期(9月 29日),取根区土样。土壤的基础农化性状是 pH 6.68,有机碳: 15.87g/kg,全氮: 1.30g/kg,全磷: 0.49g/kg,水解氮 123.8mg/kg,速效磷: 31.2mg/kg,速效钾: 172mg/kg

\* 本文于 1996年 8月 8日收到。

This paper was received on Aug. 8, 1996.

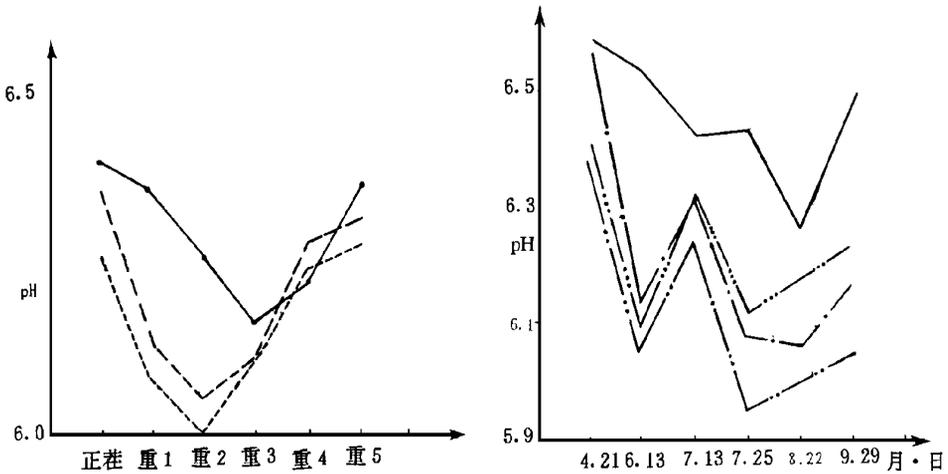
### (二)分析方法

转化酶采用 3,5-二硝基水杨酸比色法,酸性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法,过氧化氢酶采用  $KMnO_4$  滴定法(J° LJonsson与 K° LJempl法 1964)脲酶采用  $NH_4$  比色法(G° Hoffman与 Tiecher法),pH采用 pH5-2C型酸度计法,其它分析项目采用常规分析法。

## 结果讨论

### (一)大豆连作胁迫土壤 pH的动态变化

试验表明,大豆连作不同年限 pH变化较大,其中以连作二至三年 pH下降最明显。如图 1所示,连作四年后土壤 pH略有回升。在不同连作年限中土壤 pH由高到低变化的顺序:正茬、重 5重 4重 1重 3重 2 土壤 pH降幅以重 2最大。同时,从图 1可看出大豆连作不同生育期中土壤 pH由高到低的变化顺序是:播期、盛花期、成熟期、苗期、鼓粒期、结荚期,以结荚期 pH最低。由此可见,大豆连作无论是不同连作年限,还是不同生育期中 pH的变化幅度都很大,分析其原因,我们认为主要有以下三个方面:



连作年限  
 Continuous cropping years  
 — 播期 Sowing stage  
 ···· 结荚期 Pod-setting  
 - - 成熟期 Mature stage

生育期 Date  
 — 正茬 Soybean rotation  
 — ° — 重 1 ssc for 1 years  
 — ° ° — 重 2 ssc for 2 years  
 — ° ° ° — 重 3 ssc for 3 years

图 1 大豆连作不同年限不同生育期土壤 pH变化曲线

Fig. 1 The diagram of soil pH between different soybean continuous cropping years and different growing periods

表 1 大豆连作不同年限不同生育期土壤酶活性变化

Table 1 Variation of soil enzyme activities under continuous soybean cropping for different years of different growth period

连作年限 Continuous cropping years	生育期 (M° D) Growth period	酸性磷酸酶 (mg 酚 /g 土) Acidphosphatase	过氧化氢酶 (0.1NK MnO <sub>4</sub> ml/g) Catalase	转化酶 (G° mg /g 37°C 24hr) Trahsase	脲酶 (N H <sup>3</sup> -N mg /g) Urease	
田间 Field	正茬	播期	1.86	1.51	31.0	0.25
	Soybean	结荚期	1.60	1.46	30.5	0.22
	rotation	成熟期	1.92	1.61	32.5	0.23
	重一年	播期	1.50	1.35	27.4	0.24
	Soybean	结荚期	1.37	1.22	27.4	0.19
	-soybean	成熟期	1.61	1.49	31.0	0.22
	重二年	播期	1.59	1.21	27.1	0.22
	For 2	结荚期	1.48	1.24	26.8	0.18
	years	成熟期	1.65	1.42	28.5	0.21
	重三年	播期	1.76	1.13	26.6	0.21
	For 3	结荚期	1.59	1.09	26.2	0.17
	years	成熟期	1.96	1.38	27.7	0.21
	重四年	播期	1.86	1.27	28.7	0.23
	For 4	结荚期	1.80	1.17	27.4	0.22
	years	成熟期	1.86	1.46	27.9	0.23
重五年	播期	1.92	1.46	33.1	0.24	
For 5	结荚期	2.02	1.44	31.8	0.21	
years	成熟期	2.10	1.54	31.5	0.26	
盆栽 Culture	正茬	播期	1.85	1.44	34.9	0.38
	Soybean	结荚期	2.10	1.15	33.1	0.36
	rotation	成熟期	1.29	1.40	30.1	0.29
	重一年	播期	1.85	1.42	32.5	0.35
	Soybean	结荚期	2.08	1.23	35.2	0.36
	-soybean	成熟期	1.29	1.26	27.3	0.27
	重二年	播期	1.93	1.37	30.4	0.31
	For 2	结荚期	2.30	1.17	31.3	0.34
	years	成熟期	1.57	1.28	30.1	0.28
	重三年	播期	1.70	1.37	34.5	0.28
	For 3	结荚期	2.10	1.21	36.0	0.35
	years	成熟期	1.08	1.34	29.0	0.26

## 1. 豆科作物固氮作用使连作土壤根区酸化

Deenart和 VanDist(1987)认为,当豆科作物从空气中所固定  $N_2$  时,减少了无机氮的吸收,在这种情况下吸收阳离子总量超过阴离子总量,导致  $H^+$  的分泌,引起根区土壤酸化<sup>[7]</sup>。固氮豆科作物比非固氮豆科作物更易受到酸度的影响,这主要是由于  $H^+$ 、 $Al^{3+}$  和  $Mn^{3+}$  浓度过大,以及钙、磷、钼的缺乏使结瘤作用受抑制<sup>[11]</sup>。因此,豆科植物根瘤固氮作用导致了根区土壤 pH下降。

### 2. 施用氮肥以及连作下的养分胁迫作用也是 pH下降的重要因素

增加氮肥的施用量,根区土壤 pH降幅增大,这在不同作物上表现是不同的,对豆科植物来说,无论是施  $NH_4^+-N$  或是  $NO_3^+-N$ ,土壤 pH都有明显的下降趋势,而且比禾本科作物下降幅度更大<sup>[4]</sup>。因为根际土壤 pH的差异可达 1.9单位,而沿根轴的 pH的变化常超过 2单位<sup>[10]</sup>。同时,大豆连作胁迫造成的营养元素缺乏,是不可避免的。缺磷、缺铁、缺锌等能导致双子叶植物根区 pH的下降<sup>[7,8]</sup>。

### 3. 大豆连作根系分泌有机酸以及土壤微生物种群的变化也能导致土壤 pH下降

Barber和 Martin(1976)认为,根系分泌物约占植物同化物的 20%,这些分泌物中除了有机酸外,根际微生物将一些物质分解释放  $H^+$  和酸性物质,使根区的 pH降低<sup>[7]</sup>。同时,大豆根系分泌物特别是根系特定的分泌物能直接螯溶根际内难溶性磷,从而增加了磷的供应。我们的试验表明,土壤 pH与土壤中速效磷呈显著的负相关 ( $r = -0.590^*$ )。由此可见,大豆连作根系分泌有机酸增加与积累,以及由此而引起的土壤微生物种群变化,有益微生物减少,致使根系毒害及病虫害加重而减产。综上所述,我们认为以上三点是导致大豆连作土壤 pH下降的主要原因。对于连作 4年后土壤 pH的回升,将在下一个问题中与酶活性一同讨论。

表 2 大豆连作酶活性与 pH的相关性

Table 2 Correlation between enzyme activities and pH values under different continuous soybean cropping

项目 Items	脲酶 Urease	酸性磷酸酶 Acidphosphatase	过氧化氢酶 Catalase	转化酶 Trasase	备注 Explanation
酶活性与 pH Enzyme activities and pH	0.804*	0.489	0.521*	0.618*	$r = 16$ $r_{0.05} = 0.468$ $r_{0.01} = 0.590$

### (二)连作胁迫土壤 pH变化对土壤酶活性的影响

由表 1可见,在大豆不同连作年限中,土壤中脲酶、转化酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶活性与土壤 pH的动态变化是一致的。即 pH下降酶活性下降,pH上升酶活性也随之上升。在田间试验中酶活性总体表现是:正茬 > 重 5 > 重 1 > 重 4 > 重 2 > 重 3,重 2 重 3 酶活性最低。在盆栽试验中酶活性也表现了相同的趋势,即正茬 > 重 1 > 重 3 > 重 2,以重 2 重 3 酶活性最低。尤其是在不同年限的不同生育期中,四种酶活性均以结荚期最低。而土壤 pH也以结荚期下降幅度最大。由此可见,大豆结荚期正是大豆生长最旺盛时期,此时,土壤 pH酶活性的下降对大豆的整个生育期的影响都是极其深刻的,因而对产量的影响也是明显的。

在四种酶中,酸性磷酸酶与其它三种酶不同,重 3就有明显的回升趋势,这表明由于

大豆连作胁迫和根系特定的分泌物增加与积累,土壤 pH 的下降,致使磷酸酶活性增强,提高了土壤中磷有效性。大豆连作年限达 4 至 5 年时,土壤 pH 和酶活性都表现出回升趋势。对于这一问题,我们认为是植物对胁迫环境的交叉适应(植物在适应一种胁迫环境后,增强了对另一种胁迫环境抗性的现象称为交叉适应<sup>[11]</sup>)。由于连作产生的各种胁迫可能会使作物引起生长不良,光合作用下降,呼吸作用紊乱和物质代谢分解大于合成,即根系分泌物的积累增加,养分的单一消耗加重,使土壤中有益的微生物减少,植株病虫害严重而减产。当连作几年后作物对连作所产生的各种胁迫的适应性增强,原根际的微生态系统又在新的环境下达到新的平衡,这是否是植物对各种胁迫的适应性也存在着某些共同的机理,从而成为植物对各种不良环境产生的交叉适应的内在原因<sup>[11]</sup>。同时,植株生长是植物体内各种生理生化过程的综合体现,生长受抑制是胁迫条件下生理生化受影响所造成的。在胁迫环境下所产生生长抑制物质增多,使土壤中酶系统,细胞膜系统的改变,以及水分和养分亏缺等种植物营养和生理生化的变化而导致生长受抑制。反过来,生长缓慢的组织往往比生长迅速的组织受胁迫危害较轻,这表明生长抑制不只是植物体受害的结果,也是植物体抵御胁迫的一种适应机制。因此,在一种胁迫条件下造成的植物生长的抑制,使它对其它胁迫环境的敏感性降低,从而避免了第二种胁迫可能导致的危害,这又是交叉适应的又一个原因<sup>[11]</sup>。土壤酶活性在不同类型、不同性质的土壤中是一种比较稳定的环境参数<sup>[1]</sup>,土壤酶活性在逆境胁迫下对环境条件有一定抗性,即具有相对稳定的保护容量<sup>[6]</sup>,在环境胁迫变化时酶活性随之下降,当环境条件变化趋于稳定时,这种固有的酶保护容量又在新的条件下得以恢复<sup>[1]</sup>,因此,使酶活性在新环境下表现活力增强。从表 2 相关分析中表明,土壤 pH 与四种酶活性之间存在着显著的相关性,这就更加证明了土壤 pH 变化是影响土壤酶活性变化的主要原因。

## 小 结

1. 大豆连作胁迫下土壤 pH 变化较大,其下降趋势是:正茬 > 重 5 > 重 4 > 重 1 > 重 3 > 重 2,以重 2 土壤 pH 下降幅度最大。不同生育期中以结荚期土壤 pH 最低,连作四年后,pH 有回升趋势,回升是否是回复,即随着连作年限延长土壤 pH 能否恢复与正茬相同,还需继续探讨。

2. 上述四种酶的酶活性在不同连作年限中,表现为正茬 > 重 5 > 重 1 > 重 4 > 重 2 > 重 3,以重 2 重 3 酶活性最低,在不同生育期中以结荚期酶活性最低。连作四年后土壤 pH 与土壤酶活性都有相同的回升趋势,相关分析也表明,土壤 pH 与四种酶活性之间存在着显著的正相关。据此,连作土壤 pH 变化对土壤中四种酶活性的影响极为深刻的。我们认为是连作大豆对胁迫环境的交叉适应,这是否与植物对各种胁迫环境都有相同的机理,还有待于进一步研究。

## 参 考 文 献

- [1] 李汉昌, 1983, 土壤酶作为土壤鉴定和肥力指标可能性研究, 黑龙江八一农垦大学学报, (1): 21~ 27
- [2] 邹永久等, 1996, 大豆连作土壤障碍因素的研究, 大豆科学, 15(3): 235~ 242
- [3] 付慧兰等, 1996, 大豆连作对土壤酶活性的影响, 植物营养与肥料学报, (4)
- [4] 杨庆凯等, 1994, 黑龙江省大豆重迎茬的问题及对策, 大豆科学, 13(2): 158~ 163
- [5] 于广武等, 1993, 大豆连作障碍机制的研究初报, 大豆科学, 12(3): 237~ 242
- [6] 关松荫等编, 1983, 土壤酶及其研究法, 科学出版社
- [7] 范晓辉等, 1992, 根际环境与磷素利用研究进展, 土壤通报, 23(5): 228~ 240
- [8] 刘芷宇, 1993, 根际微域环境的研究, 土壤, 25(6): 225~ 229
- [9] 赵兰坡等, 1986, 土壤磷酸酶活性测定方法的探讨, 土壤通报, 17(3): 21~ 24
- [10] 施卫明, 1993, 根系分泌物与养分有效性, 土壤, 25(4): 252~ 256
- [11] 曹仪植等编, 1994, 植物生理学, 兰州大学生物系出版

SOIL pH OF CONTINUOUS CROPPING SOYBEAN AND SOIL  
ENZYME ACTIVITY

Fu Huilan Zou Youjiu Yang Zenming  
Liu Jinping Yan Fei

(*University of Agriculture and Animal Sciences of PLA,*  
*Changchun 130062)*

## Abstract

Effect of dynamic characteristics of soil pH under continuous soybean cropping on soil enzymes activities were studied. The results indicated that between the dynamic characteristics of soil pH and four kinds of enzymes (i. g. urease, phosphorylase, catalase and transferrase) were evidently positive in correlation. We suggested that the dynamic characteristics of soil pH under continuous soybean cropping are main factor for influencing soil enzymes activities. At the same time, it is also an intersect adaptation of soybean to continuous cropping on harmful soil environment.

**Key words** Continuous cropping soybean; pH; Soil enzyme activity; Intersect adaptation