

大豆连作土壤障碍因素研究*

II. 连作土壤酶活性与肥力因素间的相关性分析

傅慧兰 邹永久 韩丽梅 闫飞 刘金萍

(中国人民解放军农牧大学 长春 130062)

提 要

本文在几年试验研究分析的基础上,对大豆连作不同年限不同生育期中脲酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶、转化酶的酶活性与土壤肥力因素之间的相关性进行了研究。分析结果表明,4种酶的酶活性与有机碳、土壤pH值以及4种酶活性之间都存在着显著的正相关。脲酶活性与速效钾呈显著的正相关;与速效磷呈负相关。酸性磷酸酶活性与速效钾呈正相关。过氧化氢酶活性与水解氮呈显著的正相关,与速效钾呈正相关,与速效磷呈显著的负相关。从大豆连作土壤中4种酶活性与土壤肥力因素之间的相关性分析可以看出,土壤的农化性状影响着土壤酶活性的高低,而土壤酶活性的变化也影响着土壤有效肥力的高低,它们之间的关系是相互影响,相互制约的。由此可见,用土壤酶活性来表征土壤生物学活性和土壤有效肥力状况,并根据酶活性评价土壤肥力水平指标是可行的。

关键词 大豆连作;土壤酶活性;土壤肥力

土壤酶参与了土壤中许多重要生物化学过程,与土壤肥力的形成有密切关系,可以作为判断土壤总的生物活性的一种手段。Hoffman早在1950年就提出了用土壤酶活性作为衡量土壤生物学活性和生产力的指标^[9]。Kupreich(1958)也指出酶活性和土壤肥力之间明显地直接相关^[11],肯定了一些酶的活性可作为衡量土壤肥力的指标。根据国内外学者的大量研究分析表明,以土壤酶活性作为评价土壤肥力指标是可行的。但是对大豆连作胁迫条件下,土壤酶活性与土壤肥力因素之间相关性方面的研究,目前未见报道。为此,我们从1991年开始就大豆连作对土壤酶活性的影响进行了研究^[15]。本文拟在此基础上对大豆连作条件下土壤酶活性与土壤肥力因素之间的相关性进行初步分析和研究,以阐明在此条件下,二者之间的变化关系,为提高大豆的产量和质量提供参考依据。

* 本文于1996年6月2日收到。

This paper was received on June 2, 1996.

材料和方法

1 材料

表1 大豆连作不同年限不同生育期土壤农化性状(田间)

Table 1 Soil agrochemical characters in different growing period of continuous cropping of soybean in different years (field)

连作年限 Continuous cropping years	生育期 (月、日) Date (M, D)	有机碳 (g/kg) O. C	全氮 (g/kg) Total -N	全磷 (g/kg) Total -P	水解氮 (mg/kg) Hydroly -able-N	速效磷 (mg/kg) Available -P	速效钾 (mg/kg) Available -K	活性 HA Active HA	pH
正茬 Soybean	4.21 7.25	15.82	1.30	0.47	91.58	15.40	141.6	0.1851	6.48
rotation	9.29	16.11	1.27	1.58	104.36	64.44	146.5	0.1590	6.44
重1年 Soybean	4.21 7.25	15.26	1.21	0.42	88.78	20.61	147.8	0.0980	6.44
-Soybean	9.29	15.66	1.23	0.56	96.57	53.23	147.7	0.0871	6.16
重2年 For 2 years	4.21 7.25 9.29	15.29	1.31	0.46	91.90	20.10	137.9	0.501	6.31
重3年 For 3 years	4.21 7.25 9.29	15.25	1.45	0.66	104.35	88.63	144.1	0.0501	6.00
重4年 For 4 years	4.21 7.25 9.29	14.85	1.17	0.46	93.45	14.85	145.3	0.1372	6.06
重5年 For 5 years	4.21 7.25 9.29	15.52	1.45	0.60	100.93	71.21	150.2	0.0501	6.14
		15.60	1.23	0.52	95.01	15.95	153.4	0.1263	6.12
		15.77	1.29	0.57	99.68	44.36	188.4	0.0653	6.27
		15.79	1.23	0.49	93.45	22.83	125.5	0.0554	6.28
		15.81	1.19	0.57	93.45	56.12	140.3	0.0849	6.33
						60.23	172.4		6.44
									6.34
									6.38

注:日期 4.21,播期,7.25,结荚期,9.29,成熟期

Note: In date 4.21, 7.25, and 9.29 stand for sowing stage, pod-setting, and mature stage, respectively.

表2 大豆连作不同年限不同生育期土壤农化性状(盆栽)

Table 2 Soil agrochemical characters in different growing period continuous of cropping soybean in different years (culture)

连作年限 Continuous cropping years	生育期 (月、日) Date (M, D)	有机碳 (g/kg) O. C	全氮 (g/kg) Total -N	全磷 (g/kg) Total -P	水解氮 (mg/kg) Hydroly -able-N	速效磷 (mg/kg) Available -P	速效钾 (mg/kg) Available -K	pH
正茬 Soybean	4.21 7.25	15.82	1.30	0.57	131.95	15.40	161	6.60
rotation	9.29	15.29	1.23	0.56	116.93	55.12	122	6.44
重1年 Soybean	4.21 7.25	15.27	1.28	0.58	133.98	54.57	145	6.50
-Soybean	9.29	15.54	1.28	0.58	140.07	26.72	169	6.58
重2年 For 2 years	4.21 7.25 9.29	15.53	1.26	0.52	125.86	70.11	145	6.08
重3年 For 3 years	4.21 7.25 9.29	15.62	1.22	0.55	123.83	60.34	127	6.18
重4年 For 4 years	4.21 7.25 9.29	15.81	1.22	0.55	140.07	16.62	150	6.39
重5年 For 5 years	4.21 7.25 9.29	15.40	1.26	0.55	115.71	67.22	117	5.95
		15.25	1.26	0.55	117.74	40.70	111	6.06
		15.68	1.28	0.47	133.98	16.68	148	6.32
		15.41	1.27	0.55	121.80	51.24	110	6.12
		15.47	1.27	0.55	117.74	24.28	103	6.24

注:日期 4.21,播期,7.25,结荚期,8.29,成熟期

Note: In date 4.21, 7.25, and 9.29 stand for sowing stage, pod-setting, and mature stage, respectively.

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,大豆品种是长农5号,每盆装土12.5kg,定苗3株。施磷铵11.5kg/亩,尿素1.5kg/亩, $P_2O_5:N=2:1$ 。试验小区采用随机排列,设3次重复,每处理3点,每点6株,根土混合。盆栽每处理3盆9株,根土混合。分别于播期(4月21日)、结荚期(7月25日)、成熟期(9月29日)取根区土样。土壤的基本农化性状是,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。

2 分析方法

表3 大豆连作不同年限不同生育期土壤酶活性变化

Table 3 The changes of soil enzyme activities in different growing period of soybean cropping continuous in different years

连作年限 Continuous cropping years	生育期 (月、日) Date (M. D)	酸性磷酸酶 (mg 酚/g土) Acidphosphatase	过氧化氢酶 (0.1NK ₂ O ₄ ml/g) Catalase	转化酶 (G·mg/g37℃ 24hr) Tranase	脲酶 (NH ₃ -Nmg/g) Urease		
田 间 Field	正茬	4.21	1.86	1.51	31	0.25	
	Soybean	7.27	1.60	1.46	30.5	0.22	
	rotation	9.29	1.92	1.61	32.5	0.23	
	重1年	4.21	1.50	1.35	27.4	0.24	
	Soybean	7.27	1.37	1.22	27.4	0.19	
	-Soybean	9.29	1.61	1.49	31	0.22	
	重2年	4.21	1.59	1.21	27.1	0.22	
	For 2	7.27	1.48	1.24	26.8	0.18	
	years	9.29	1.65	1.42	28.5	0.21	
	重3年	4.21	1.76	1.13	26.6	0.21	
	For 3	7.27	1.59	1.09	26.2	0.17	
	years	9.29	1.96	1.38	27.7	0.21	
	重4年	4.21	1.86	1.27	28.7	0.23	
	For 4	7.27	1.80	1.17	27.4	0.22	
	years	9.29	1.86	1.46	27.9	0.23	
	重5年	4.21	1.92	1.46	33.1	0.24	
	For 5	7.27	2.02	1.44	31.8	0.21	
	years	9.29	2.10	1.54	31.5	0.26	
	盆 栽 Culture	正茬	4.21	1.85	1.44	34.9	0.38
		Soybean	7.25	2.10	1.15	33.1	0.36
rotation		10.12	1.29	1.40	30.1	0.29	
重1年		4.21	1.85	1.42	32.5	0.35	
Soybean		7.25	2.08	1.23	35.2	0.36	
-Soybean		10.12	1.29	1.26	27.3	0.27	
重2年		4.21	1.93	1.37	30.4	0.31	
For 2		7.25	2.30	1.17	31.3	0.34	
years		10.12	1.57	1.28	30.1	0.28	
重3年		4.21	1.70	1.37	34.5	0.28	
For 3		7.25	2.10	1.21	36	0.35	
years		10.25	1.08	1.34	29	0.26	

转化酶采用3,5-二硝基水杨酸比色法;磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法(赵兰坡等1986)。脲酶采用NH₄比色法(G·Hoffman与Tiecher法)。过氧化氢酶采用KMnO₄滴定法

(J. L. Jonnson 与 K. L. Jemph 法 1964)。有机碳为丘林法。腐殖质组成用科诺诺娃法,其它的分析项目采用常规分析法。

结果与讨论

1 土壤酶活性与土壤肥力因素之间的相关性

研究表明,大豆连作不同年限中土壤酶活性与有机碳以及土壤主要的肥力因素间有显著的相关性。

表 4 大豆连作土壤酶活性与土壤肥力因素相关系数

Table 4 Correlative coefficient of soil enzyme activities and its fertility factors in continuous soybean cropping

项目 Items	转化酶 (G·mg/g37°C 2thr) Transase	过氧化氢酶 (0.1NK ₂ MnO ₄ ml/g) Catalase	酸性磷酸酶 (mg 酚/g±) Acidphosp- hatase	脲酶 (NH ₃ -Nmg/g) Urease	全氮 (g/kg) Total -N
活性 HA	0.616*	0.581*	0.519*	0.604*	-0.168
pH	0.618**	0.521*	0.485*	0.804**	-0.504
速效磷	-0.110	0.014	-0.192	-0.530*	0.613*
水解氮	0.126	0.38	0.236	-0.487	0.619*
速效钾	0.144	0.435	0.575*	0.601**	-0.077
有机碳	0.800**	0.861**	0.585*	0.568*	-0.022
全磷	0.197	0.484	0.353	-0.280	0.592*
全氮	-0.217	0.103	0.028	-0.486	
脲酶	0.593**	0.654**	0.570*		0.415
酸性磷酸酶	0.572*	0.502*		0.805**	0.144
过氧化氢酶	0.838**		-0.462	-0.177	0.235
转化酶		0.070	0.668*	0.732**	0.576

项目 Items	全磷 (g/kg) Total -P	有机碳 (g/kg) O. C	速效钾 (mg/kg) Available -K	水解氮 (mg/kg) Hydroly -N	速效磷 (mg/kg) Available -P	pH
活性 HA	-0.180	0.352	0.215	-0.041	-0.335	0.609*
pH	-0.544	0.524	0.327	-0.476	-0.590**	
速效磷	0.924**	0.226	-0.327	0.824**		-0.615*
水解氮	0.887**	0.274	0.176		-0.549	0.706*
速效钾	0.344	0.210		0.166	-0.386	0.714**
有机碳	0.310		0.708**	0.767**	-0.546	-0.507
全磷		-0.109	0.185	0.110	0.024	0.295
全氮	-0.058	0.014	0.154	-0.318	-0.365	0.230
脲酶	0.552	0.026	0.392	0.082	0.153	0.180
酸性磷酸酶	0.120	0.122	0.169	-0.051	0.345	-0.177
过氧化氢酶	0.387	0.694*	0.666*	0.789**	-0.760**	0.721**
转化酶	-0.077	0.060	0.335	0.134	-0.060	0.144

n=6 r_{0.05}=0.707 r_{0.01}=0.834 n=10 r_{0.05}=0.576 r_{0.01}=0.708 n=16 r_{0.05}=0.468 r_{0.01}=0.590

田间试验和盆栽试验结果进行相关分析表明(表 4):过氧化氢酶与有机碳呈显著的正相关,与活性胡敏酸、速效钾呈正相关,与水解氮、土壤 pH 呈显著的正相关,与速效磷

呈显著的负相关。从相关性可以看出,过氧化氢酶与土壤有机碳和主要肥力因素的变化是一致的。过氧化氢酶是4种酶活性相关性最强的酶,也是唯一与水解氮和速效磷呈显著相关的酶。这充分证明了过氧化氢酶与土壤中碳、氮、磷转化的密切关系,因此用它来表征大豆连作的土壤肥力状况指标是可行的。过氧化氢酶是连作中酶活性下降幅度最大的酶。从表5可见,过氧化氢酶在连作两年中下降了15.5%,连作3年中下降了21.4%。酶活性的明显下降说明了土壤中氧化作用变弱,过氧化氢的分解受抑制,以及由此造成了根系分泌物的大量积累和增加,土壤pH下降,使根系的毒害作用加重。为此,我们认为可能是大豆连作过氧化氢和根系分泌物的积累与增加是引起大豆连作障碍的主要原因。国内不少学者对过氧化氢酶能否作为评价肥力指标有过一些报道^[4,2,9,11],结论是:不同类型的土壤结果是不同的,黑土过氧化氢酶与土壤碳、氮、磷以及土壤通气状况均呈显著的正相关,其酶活性是可以表征土壤肥力指标的^[11]。我们的试验分析也证明了这点。

表5 连作与正茬相比土壤酶活性增减变化(±)

Table 5 Comparison of changes of soil enzymes activities between continuous soybean cropping and rotation

连作年限 Continuous cropping years	脲酶 Urease		磷酸酶 Phosphatase		过氧化氢酶 Catalase		转化酶 Trabsase	
	酶活性 Enzyme activities	增减± (%) Addition or decreasing						
正茬 Soybean rotation	7		5.38		4.58		94	
重1年 Soybean -Soybean	6.5	7.1 ⁻	4.48	16.7 ⁻	4.06	113 ⁻	85.8	8.7 ⁻
重2年 For 2 years	6.1	12.9 ⁻	4.72	13.3 ⁻	3.87	15.5 ⁻	82.4	12.3 ⁻
重3年 For 3 years	5.9	15.7 ⁻	5.31	1.3 ⁺	3.50	21.4 ⁻	80.5	14.4 ⁻
重4年 For 4 years	6.8	2.8 ⁺	5.52	2.6 ⁺	3.90	14.8 ⁻	84	10.6 ⁻
重5年 For 5 years	7.1	1.4 ⁺	6.04	12.3 ⁺	4.44	3.0 ⁺	96.4	2.5 ⁺

酶活性:为3个生育期之和

Enzyme activities; Total of three growing period

从表4可以看出,脲酶与有机碳、活性胡敏酸呈正相关,与速效钾、土壤pH呈显著的正相关,与速效磷呈负相关。转化酶与有机碳呈显著的正相关,与活性胡敏酸、土壤pH都

有显著的相关性。从分析结果可以看出:脲酶、转化酶活性的高低,作为评价土壤碳、氮养分状况的指标也是可行的。这与国内许多文献的报导的结论是一致的。脲酶和转化酶与有机碳和土壤肥力因素之间存在着显著的相关性^[3],脲酶与大豆氮素的营养规律及土壤中氮素转化进程间存在着一定的相关性^[4],转化酶活性的降低必然导致土壤有效养分的降低^[5]。为此,我们认为,由于连作胁迫,导致了脲酶和转化酶活性的降低,进而导致了土壤中有效养分的降低,使大豆质量和产量下降。

酸性磷酸酶的活性与有机碳、活性胡敏酸、速效钾、土壤 pH 都存在着正相关。有些文献报导磷酸酶活性与速效磷、全磷之间的相关性是存在的,却有正相关和负相关两种说法^[4,3]。我们的分析结果表明,大豆连作条件下磷酸酶活性与速效磷和全磷之间无明显的相关性。这也许正是大豆连作条件下产生的较为特殊的现象,其原因还有待于进一步探讨。在大豆连作的 4 种酶活性中,酸性磷酸酶活性表现也是特殊的(见表 5),连作 1 年,其下降幅度最大为 16.7%,连作两年下降 13.3%,连作 3 年就有回升趋势,连作 5 年,回升达 12.3%,为此,我们认为引起酸性磷酸酶活性回升较快的原因有二:一是连作胁迫下土壤 pH 的下降加快了难溶性磷向有效磷的转化,使有效磷的含量增加;二是与缺磷诱导作用有关。磷酸酶是一种适应酶,在植物缺磷时,磷酸酶活性增强,在根系密集的油桐根际中,其活性是随着磷素的亏缺量的增多而上升^[9],同时,在连作中酸性磷酸酶活性也与土壤性质、土壤有机磷含量、土壤微生物的种类及数量等因素的影响有关。

2 连作土壤酶活性与土壤 pH 的关系

表 4 指出,连作土壤酶活性均与土壤 pH 呈显著的正相关,同时还发现土壤 pH 与速效磷呈显著的负相关(田间 $r=-0.590^{**}$,盆栽 $r=-0.615^{*}$),而且在盆栽试验中还发现土壤 pH 与有机碳、速效钾、水解氮之间都存在着相关性。为此,我们认为连作土壤 pH 的变化是制约土壤酶活性的因素之一。分析其原因,主要是连作胁迫使大豆根系分泌物积累增多以及由此而引起的养分吸收不平衡,致使土壤 pH 下降,直接影响了土壤的酶活性和养分的转化。这种现象也许只有大豆连作胁迫下才产生的,尤其是土壤 pH 与速效磷之间的表现更为突出。

3 连作土壤酶活性之间的相关性

从表 4 可看出土壤酶活性之间都存在着极显著的相关性,尤其是过氧化氢酶与脲酶就更为明显。由此可见,土壤有机质的转化,土壤含氮有机化合物的转化,蔗糖的转化以及磷素的转化是相互影响的。表 3 可显示出 4 种酶活性是随着连作年限的增加酶活性下降,当降至连作 3 至 4 年间时,降幅变缓并有所回升。4 种酶都表现出相同的趋势,这表明四种酶活性之间存在着专一性和共性关系,酶的专性特性能反映土壤中这种和那种化合物的转化进程,而有共性关系的酶在总体和一定程度上反映着土壤肥力水平^[1]。我们认为这种相关关系可以作为综合评价土壤肥力指标的标志之一。

小 结

1. 连作土壤酶活性与土壤有机质均呈显著相关关系,这表明土壤有机质是土壤肥力的主要物质基础,土壤酶活性依赖于有机质的存在。土壤有机质对活跃土壤生物所起的作

用是极其重要的。

2. 大豆连作胁迫下4种酶活性的总体变化趋势是正茬>连作一年>连作二年>连作3年,以连作2至3年酶活性最低。4种酶的活性表现为酸性磷酸酶>转化酶>脲酶>过氧化氢酶,以过氧化氢酶活性最低。

3. 大豆连作土壤中水解氮、速效磷、速效钾的含量是随着连作年限的增加而减少,表现为速效磷>速效钾>水解氮,尤其以水解氮减少最明显。同时钾素的下降也较明显,在盆栽试验中,这种钾素的消耗更为突出,其原因可能是连作胁迫下产生的养分胁迫作用从而影响了土壤中有效养分的转化和利用。

4. 4种酶活性之间表现出极显著的相关性,表明在连作胁迫下,它们既有各自专一特性又有其共性关系,我们认为:用与土壤主要肥力因素有关的,并且分布最广泛的酶活性总体来表征大豆连作土壤肥力水平是可靠的。

5. 关于脲酶活性和过氧化氢酶活性均与土壤中速效磷呈显著的负相关(田间 $r=-0.530^*$, 盆栽 $r=-0.760^{**}$)。我们认为可能是与连作胁迫下土壤pH的下降,以及连作头两年的缺磷诱导作用有关。本研究表明前者比后者作用更大,对于这一问题目前还不十分清楚,其机理有待于进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 关松荫等,1984,我国主要剖面酶活性状况,土壤学报,21(4),368~380
- [2] 李汉昌,1983,土壤酶可作为土壤鉴定和土壤肥力指标,黑龙江八一农垦大学学报,(1),21~27
- [3] 张志明等,1984,耕作棕壤酶活性的研究,土壤学报,(6),281~285
- [4] 关松荫,1980,土壤酶与土壤肥力,土壤通报,(6),41~44
- [5] 李良璞等,1993,根际酶的研究概况,土壤,25(6),299~303
- [6] 刘芷宇等,1993,根际微域环境的研究,土壤,25(6),225~229
- [7] 关松荫等,1985,黑土层酶活性与碳氮磷的关系,土壤通报,(2),82~84
- [8] 周礼恺等,1981,土壤酶活性,土壤学报,18(2),158~166
- [9] 周礼恺等,1983,土壤酶活性的总体评价土壤肥力水平中的作用,土壤学报,20(4),413~417
- [10] 赵兰坡等,1988,施用有机物料对土壤酶活性的影响Ⅲ土壤酶活性与土壤肥力因素变化的相关性,吉林农业大学学报,10(2),28~31
- [11] 俞静文等,1985,红壤酶活性与土壤肥力,土壤肥料,(3),16~19
- [12] 王正平,1986,茬口的土壤酶活性效应初探,土壤通报,17(6),283~284
- [13] 赵兰坡等,1986,土壤磷酸酶测定方法的探讨,土壤通报,17(3),21~24
- [14] 邹永久等,1995,大豆连作土壤障碍因素的研究,大豆科学,(3)

EFFECT OF CONTINUOUS SOYBEAN CROPPING ON OBSTACLE FACTORS OF SOIL

I. Correlative Analysis between Enzyme Activity of Continuous Cropping Soil and Fertility Factors

Fu Huilan Zou Yongjiou Han Limei Yan Fei Liu Jinping

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

Abstract

The correlation between the enzymes activities of urease, phosphorylase, catalase, transferase in different growing period and fertility factors of soil under continuous soybean cropping were tested. These results indicated that between activities of above four kinds of enzymes and organic carbon, and pH of soil, and among four enzymes are significantly positively correlated. Urease activity and available potassium is positively correlated, and there is negative correlation between urease activity and available phosphorus. Phosphorylase activity and available potassium is positively correlated. Catalase activity and hydrolysis nitrogenous, and also available potassium are under positive correlation. It is evident that negative correlation was between catalase activity and effective phosphorus. Among soil agrochemical characters, soil enzymes activities and soil fertility are related to each other. We suggest that soil enzymes activity is the index to evaluate activities of soil-biology and soil effective fertility.

Key words Continuous soybean; Soil enzyme activity; Soil fertility

《中国农业科学》1997 年征订启事

《中国农业科学》是中国农业科学院主办的综合性农牧业科学学术刊物。主要报道我国农牧业科学在基础理论和应用技术研究方面的学术论文,重要科研成果的专题报告,各学科研究的新进展和综述等。读者对象是国内外农牧业科技工作者和院校师生,农业生产战线上的干部等。

本刊为双月刊,每册 16 开本 96 页,另附图版 2—4 页。国内发行每册定价 6.80 元,全年 40.80 元。全国各地邮局办理订阅,代号:2—138。国外发行由中国国际图书贸易总公司(中国国际书店)承办,代号:BM43。有漏订者,可来人或来函在本刊编辑部补购。地址:北京西郊白石桥路 30 号《中国农业科学》编辑部,邮政编码 100081。本刊承接国内外广告业务。