

畜牧业生产发展 对土壤生态系统影响的研究

—南崴子乡土壤生态系统演变与调控初探

吴广礼 赵洪翔 朱 平

(吉林省农科院土肥所)

南崴子乡地处松辽平原东部,位于公主岭市南端。耕地面积5609公顷,黑土、草甸土是主要耕作土壤。年平均气温 5.6°C 左右,最高 6.9°C ,最低 4.2°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 3034°C ,无霜期144—156天,年降雨630mm左右,集中在6、7、8月,雨热同季。这里土壤肥沃,气候条件适于—季作物生长。1983年以来,农业生产迅速发展,1986年全乡粮豆总产 4.6×10^7 公斤,人均生产粮食1931公斤,达历史最好水平,粮食出现剩余。由于长期以来受单一经营指导思想的影响,高产作物玉米面积占80%左右,加之投入少,产出多,土壤收支不平衡,土壤肥力减退,土壤生态平衡遭到不同程度的破坏。

为克服单一生产粮食的经济结构,建立现代化有机农业体制,近年来,全乡迅速发展了畜牧业生产,产值占全乡总收入的35%左右。畜禽饲养量增加后,大量有机肥归还于土壤中,为土壤生态系统达到新的平衡,促进农业生产持续稳步发展起到了重要作用。

一、土壤生态系统肥力状况

土壤生态系统是农业生态系统的基础系统,是一个能量流动和物质流动贯穿的开放系统。农田土壤生态系统必须依靠投入补助的能量和物质,在人为的生产活动下才能保持和提高土壤的生产力。如黑土的自然肥力较高,开垦初期农作物产出依靠消耗土壤中的养分维持。随着农作物产出的逐渐增多,先以施有机肥为主,后投入无机肥,最后走向单一施用无机肥而忽略有机肥,因此土壤肥力逐渐下降(见表1)。

表1 不同垦植年代耕层黑土肥力变化*

开 垦 年 代	养 分	有 机 质 (%)	全 N (%)	全 P (%)	速 效 N (PPm)	速 效 P (PPm)
垦 前 1 年		5—7	0.50	0.1	90	25
垦 后 10 年		4—6	0.45	0.1	120	40
垦 后 30 年		3—5	0.30	0.1	80	30
变 化		-2	-0.20	0	-10	+5

* 据本院土肥所资料

1983年后农业生产责任制的实行,农民重视有机肥的投入,特别是1985年以来,南崴子乡畜牧业的迅速发展,养猪、养牛和养禽村的普遍发展,专业养畜、禽户的大量涌现,有机肥质量提高,数量增加,给土壤生态系统投入了越来越多的有机肥,逐渐改善了土

壤的肥力状况。我们在朱林子村养牛和大泉眼村养猪专业户的黑土上,进行了田间试验,采土样测定肥力变化情况(见表2)。1986年结果表明,在原基础肥力的基础上,投入不同量的有机肥,或有机与无机肥,土壤有机质增加的幅度为猪粪试验0.01—0.03%,牛粪试验0.04—0.07%。各营养元素也有不同程度的增加。土壤生态系统中的物质得到了补充,肥力状况得到了初步改善。

表2 不同施肥量对土壤肥力的影响*

处 理	有机质 (%)	全 N (%)	全 P (%)	全 K (%)	碱解 N (PPm)	速 P (PPm)	速 K (PPm)
基础肥力	2.1132	0.1389	0.0567	2.6370	104.3	7.3	132.2
常量牛粪	2.1498	0.1808	0.0800	2.9194	109.0	9.4	132.2
倍量牛粪	2.1915	0.1755	0.0610	2.7496	122.2	11.6	150.6
常量牛粪+半量化肥	2.1685	0.1694	0.0595	2.6579	113.5	13.7	131.6
常量牛粪+全量化肥	2.1749	0.1551	0.0627	2.7323	117.5	22.9	—
基础肥力	2.1904	0.1488	0.0637	2.4214	125.7	9.2	111.3
常量猪粪	2.1637	0.1504	0.0613	2.6495	—	9.9	142.2
倍量猪粪	2.1937	0.1597	0.0640	2.8489	126.9	12.9	152.7
常量猪粪+半量化肥	2.2013	0.1523	0.0592	2.5857	124.8	16.1	143.8
常量猪粪+全量化肥	2.2212	—	0.0627	2.9246	133.1	20.7	203.7

*常量牛粪(猪粪):1000公斤/亩,倍量牛粪(猪粪):2000公斤/亩。半量化肥:N5公斤, P₂O₅2.5公斤;全量化肥:N10公斤, P₂O₅5公斤

二、土壤生态系统的养分循环状况

南崴子乡1981—1985年的5年中,累积农作物总产 $177\ 956 \times 10^3$ 公斤,积累5年土壤生态系统中的养分循环状况列表3。从表3中看出:1.全乡养分供需不平衡,氮、磷、钾输出大于输入,说明土壤生态平衡继续遭受破坏。2.全乡养分投入,氮肥以无机肥为主,磷肥以有机肥为主,说明有机肥在促进土壤生态平衡过程中起着重要的作用。

南崴子乡1981—1985年种植农作物,同1986年养猪村大泉眼种植玉米,每公顷土壤中养分输入和输出比较,土壤生态系统的养分变化情况见表4。从表4中看出:1.每公顷

表3 土壤养分循环情况*

项 目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
输出量	5626.4	4474.2	5315.3
输入有机肥	1133.5	1561.4	1185.6
输入化肥	1971.2	1003.7	93.4
输入总量	3105.1	2565	1278
收支平衡	-2521.3	-1909.2	-4037.3

*养分量: $\times 10^3$ 公斤

表4 南崴子乡与大泉眼村养分循环比较 单位:公斤

项 目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1981—1985年			
输出	233.6	185.5	259.8
输入	138.9	106.5	62.4
南崴子乡 收支平衡	-104.7	-79.0	-197.4
1986年			
输出	320.0	245.0	321.7
输入	226.3	243.0	97.6
大泉眼村 收支平衡	-95.7	-2.0	-224.1

土壤内大泉眼村的养分输出和输入高于全乡,看出养猪村的生产水平已经开始提高。2.大泉眼村和全乡养分供需均不平衡,输出都大于输入,但从大泉眼村和全乡养分收入比

较,氮比全乡少11公斤,磷少77公斤,钾却多26.7公斤,看出虽然土壤生态平衡仍遭破坏,但大泉眼村养猪积肥已起补充养分调节土壤生态平衡的作用。

三、不同施肥水平与农作物产量的关系

南崴子乡粮豆总产由1981年的 2939×10^3 公斤,提高到1986年的 46152×10^3 公斤,增加了1.6倍。农作物产量的持续稳定上升,增加向土壤中投入有机、无机肥的质量和数量

表5 投肥量与粮豆产量关系*

年 度 项 目	1981	1982	1983	1984	1985	1986
	粮豆总产	29393	35089	46140	45399	23541
投入无机肥	4657	4929	5560	4012	3976	4940
投入有机肥	40464	42665	45520	51158	55017	52178

*产量: $\times 10^3$ 公斤; 投肥量: $\times 10^3$ 公斤; 无机肥指各种肥混合重量; 有机肥指纯肥

也起到重要作用(见表5)。从表5中还可以看出: 1986年粮豆总产比1982年增加30%,这两年投入的无机肥相近,而投入有机肥的数量1986年比1982年多 9513×10^3 公斤,说明有机肥对培肥地力,保持土壤生态系统平衡,提高粮豆总产量,有着不可忽视的作用。

四、不同施肥水平与玉米光能利用率的关系

土壤是作物赖以生存的自然资源,是农作物的生长基地。在初级生产中,农作物将光能转化为生物能的效率,称为光能效率。农作物生产,即是将光能转换成人类必需的生物能,形成植物性产品的生产。田间试验表明,施用不同的肥料,玉米的生物产量不同,光能利用率也不同(见表6)。从表6看出: 1.玉米的光能利用率在2.3%—3.2%之间,投

表6 施用不同肥料与玉米光能利用率的关系

项 目	半量化肥 N 5公斤+ P ₂ O ₅ 2.5公斤		全量化肥 10公斤+ P ₂ O ₅ 5公斤		常量农肥 1000公斤/亩	倍量农肥 2000公斤/亩	常量农肥 +半量化肥	常量农肥 +全量化肥
	生物产量(公斤/亩)	503	566.5	440	452	577.2	6128	
光能利用率(%)	2.65	2.95	2.3	2.35	3	3.2		

入的肥料多,生物产量也高,在本试验肥料用量范围内,二者呈正相关。2.随着施肥种类不同,玉米的光能利用率大小的顺序为: 有机肥+无机肥>无机肥>有机肥。

由此可见,提高生物产量的途径应是既向土壤中输入有机肥,也应输入无机肥,并注意氮、磷的化肥配比,增施钾肥,创造一个土壤供肥能力强并与光、水、热等自然条件和玉米生长发育相协调一致的土壤生态平衡环境,若能做到这点,玉米的光能利用率还可以提高,生物产量也就可以增加。

五、不同施肥水平与作物能量转化率的关系

在目前生产水平条件下,往土壤生态系统中投入较少的能量,能产出更多的能量,提高能量转换效率,可以创造更多的生物产量。我们在大泉眼村通过玉米的生物试验表明,施肥水平不同,能量转换效率也不同(见表7)。从表7看出: 1.施肥数量的提高,玉米的产出能量也提高。其顺序为 有机肥+无机肥>无机肥>有机肥>无肥。2.肥料的单施与配施不同,能量产投比不同。产投比顺序为: 无机肥>有机肥>有机肥+无机肥。

表7

不同施肥水平玉米产量与能量转换率*

项 目	处 理	ck	半量化肥	全量化肥	常量农肥	倍量农肥	常量农肥	常量农肥	倍量农肥	倍量农肥
			N+P ₂ O ₅ 5 公斤+ 2.5公斤	N+P ₂ O ₅ 10 公斤+ 5公斤	1000公斤 /亩	2000公斤 /亩	+	+	+	+
			半量化肥	全量化肥	半量化肥	全量化肥	半量化肥	全量化肥	半量化肥	全量化肥
产 量		363.3	502.8	556.7	440.0	451.9	577.15	612.5	566.3	613
产出能量		5293.3	7325.8	8111.1	6410.8	6584.2	8409.1	8924.1	825.1	8931.4
投 入	种 子	72.8	72.8	72.8	72.8	72.8	72.8	72.8	72.8	72.8
	农 肥	—	—	—	292.7	585.4	292.7	292.7	585.4	585.4
	人 力	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2
	畜 力	458.4	458.4	458.4	458.4	458.4	458.4	458.4	458.4	458.4
	小 计	656.4	656.4	656.4	949.1	1241.8	949.1	949.1	1241.8	1241.8
投 入 无 机 能	化 肥、农 药	—	319.0	601.6	—	—	319.0	601.6	319.0	601.6
	机、电、油、工具	327.4	327.4	327.4	327.4	327.4	327.4	327.4	327.4	327.4
	小 计	327.4	646.4	929	327.4	327.4	646.4	929.0	646.4	929.0
投入总能量		983.8	1302.8	1585.4	1276.5	1569.2	1595.2	1878.1	1888.2	2170.8
有机能投入/ 无机能投入		2.0	1	0.7	2.9	3.8	1.47	1	1.92	1.34
产出能/投入总能量		5.4	5.6%	5.11	5.0	4.2	5.3	4.8	4.4	4.1

*产量：玉米公斤/亩；能量：×10⁶焦耳/亩

农作物生产目的是，能量产出高，投入低获得高产。虽然施用无机肥的产投比高，但其能量产出和生物产量低。有机肥与无机肥的配合施用产投比略低于无机肥，但能量产出和生物产量却高。其中常量农肥+半量化肥处理的产出能和生物产量最高，而产投比又是有机肥+无机肥各处理的最高值。这种少投入多产出的施肥方式既可以提高土壤生态系统的生产力又能获得较高的生物产量，将是我们现在农业生产所遵循的方向。

六、土壤生态系统的演变与调控

(一) 土壤生态系统的演变过程

南崴子乡属松辽平原台地东部，海拔约200米左右，原始植被为森林草甸草原植被。林草的枯枝落叶积于表土，累积了大量的有机质，使土壤发育为肥沃的黑土和草甸土。人类的开发，将森林草甸草原植被改造成农田，创造了比原来更大的生产力。随着人口的增加，人类生产活动的加大，地面又失去了森林屏障，几十年来，单纯追求粮食生产，不注意保护和提高土壤肥力，土壤侵蚀加剧，土层变薄，甚至黑土母质层裸于地表，土壤理化性质变坏，保肥保水能力减弱，土壤肥力减退，土壤有机质年递减约万分之一到万分之三，生态平衡遭到不同程度的破坏。

(二) 土壤生态系统平衡的调控

自然土壤经开垦后，土壤生态系统的平衡依靠人类的生产活动来调节，使其土壤的生产力水平逐渐提高，以满足人类对生物产品的需要。为了不断地提供人类需要的生物产品，输入土壤生态系统的补助能量和物质最低，而获取输出能量和物质最高，以改变系统

的功能提高土壤生产力，使系统不断达到新的平衡，必须进行调控。南崴子乡采用了以生物调控为重点，辅之以化学、物理调控三种措施调控土壤生态平衡。

1. 生物调控措施。生物调控不需要外来资金投入，主要进行种植制度改革，扩大有机肥源，畜牧业与种植业结合调控土壤生态平衡，是普遍可以实行的措施。（1）建立适宜的种植制度。南崴子乡的土地，既有台地，又有平原。平原区的冲积土、草甸土可垦植为水田，目前全乡用东辽河水和小井灌溉大面积改旱作为水田，面积已达750公顷，并且还在扩大，起到充分发挥土地生产潜力的作用。台地黑土区以旱作玉米为主，适当扩大大豆的播种面积，以固定土壤中的氮素，据本院土肥所1981—1984年试验，1公顷大豆可以固定氮素100公斤，除大豆需约60%外，还可以补充土壤中氮，提高土壤肥力。（2）扩大有机肥源，种植牧草绿肥，这是提高土壤肥力的措施之一，目前沼气能源的提供，可以产出沼气肥补充土壤养分。此外，在大面积种植玉米的同时，可以插入绿肥作物。既可提高农作物产量，绿肥当年还可以割青沤制农家肥。采用2：1种植两垄玉米，一垄草木犀，当年作物产量与清种相同，而且草木犀可割青沤肥，提高土壤肥力。（3）畜牧业与种植业相结合。单一结构的粮食生产，全乡每年约60—70%的粮食输出于系统之外。全乡畜牧业的发展，可以减少粮食输出系统之外促进初级产品的再利用。粮食和秸秆可以做畜禽的饲料，产出的有机肥又归还于土壤中成为农作物的养料，形成三料循环，提高作物—畜牧—土壤生态系统的养分循环利用，调节土壤生态平衡。此外，加强保护农田防护林，可以改变土壤的生态环境。利用生物农药防治病虫害又可以防止土壤污染，这些都是调控土壤生态系统的生物措施。

2. 化学调控措施。化学调控是往土壤生态系统中输入化学肥料，补充土壤中农作物必需的营养物质。根据农作物生产所需的养分量，土壤生态系统能够提供的养分量和有机肥料所提供的养分量，这两者供、需不足的部分，输入无机肥料做以补充。对化肥的输入量多少，要依据作物种类的不同，土壤供肥能力的强弱制定施肥计划。南崴子乡的高产作物玉米目前农家肥每公顷施约1.5万公斤左右的情况下，配施氮150公斤，磷75公斤，钾75公斤左右比较适宜。有条件也可以采用测土施肥的技术，调节土壤的养分平衡，这样可以使土壤生态系统在生产水平提高的情况下，形成新的平衡状态。

化学农药可以消灭田间杂草，防治农作物的病虫害，但它也将有毒物质残留于土壤中。应按规定使用，并尽量采用生物防治。

3. 物理调控措施。土壤生态系统的物理性状改善，除施入有机物质外，畜力和机械耕作是改善土壤通气、透水性，提高保肥、保水能力的重要方式。但机械耕翻土壤，要根据土层厚薄决定翻地深度，同时也要耕、耙、压、起垄连续作业，起到调节土壤水、肥、气、热协调的作用。不仅如此，耕翻土壤还可以起到根茬还田，消灭杂草和病虫害，减少土壤肥力消耗的作用，但连年耕翻易造成风蚀失墒之弊病。在现行栽培制度下提倡隔年翻，或三年一翻，较为适宜。

上述三种调控措施受调控技术和农作物经营管理水平的制约。同一类土壤生态系统，输入同样的物质和能量，因技术措施的不同，输出的物质和能量多少也不同，土壤生态系统所表现的功能也就不同。土壤生态系统的调控是通过人为的生产活动进行的。只要人为的调控符合自然规律和经济规律，就能充分发挥土壤生态系统的功能，创造出更多的人类必需的生物产品。