

黑土肥力特性及其培肥技术的研究*

第三报 秸秆还田是培肥地力的重要途径

李 军 孙宏德 尚惠贤 王柏涛 宋 钢

(吉林省农科院土肥所)

从1979年开始,我们以中部商品粮基地的黑土为重点,调查研究了土壤肥力特性及其培肥技术,初步明确了黑土肥力特性和以增施优质农肥、实行秸秆还田为主的保持和提高土壤肥力的效果和技术措施。现将秸秆还田技术及培肥效果报告如下。

一、秸秆还田培肥地力势在必行

肥力是土壤的本质,是农作物高产稳产的基础物质。研究证明,土壤的基础肥力(指不施肥条件下所获得的产量)可决定作物产量的60%左右,基础肥力高的可决定作物产量70%以上,亩产可超过700斤。基础肥力低的仅可决定作物产量的50%左右,亩产在400斤以下。理想的高肥黑土比低肥黑土的光能利用率高15~30倍,同一玉米品种,高肥黑土比低肥黑土早熟10~15天。所以,保持和提高土壤肥力是获得高产稳产的重要条件。

我省总土地面积2.8亿亩,耕地6,000余万亩。其中肥力较高的黑土、河淤土、黑钙土和稻田土约占25%左右,中肥力的棕壤、酸性黑黄土、淡黑钙土等约占40%左右,低产的白浆土、风砂土、盐碱土等约占35%左右。其中,中低肥力土壤占75%,大约4,500万亩。目前这部分耕地由于基础肥力低,亩产都在400斤以下,有的只有150~200斤左右。假如采取适当的保肥、培肥措施,把低中肥力提高到中高肥力,则基础肥力本身可提高产量20%左右,以亩增产100斤计算,全省可增产45亿斤粮食,相当于吉林省目前最高年粮豆总产量180亿斤的25%。可见,狠抓中、低产土壤肥力的提高,对于实现粮食大幅度增产具有重要的战略意义。

培肥地力的关键是提高土壤有机质。据国内外研究证明,高产稳产农田有机质含量一般都在3~5%以上。我省中部黑土、黑钙土、草甸土的有机质平均含量约为2~3%;东部的水稻土、酸性黑黄土等平均含量约1~3%;西部的淡黑钙土、风砂土、盐碱土、栗钙土等平均含量约1~1.5%。目前这些耕地土壤的有机质含量有逐年缓慢下降的趋势,年降低幅度约为万分之二左右。尽快采取培肥措施,使土壤有机质停止下降并逐年有所增加,这是把低、中产土壤培肥到中、高产土壤的关键环节。

秸秆还田是提高土壤有机质、培肥地力的有效措施。秸秆含有有机质70~80%,并含有植物必需的多种营养元素,玉米秸秆中含有主要营养元素就有16种之多。因此,秸秆还田有利于新鲜腐殖质在土体内形成,改善土壤的结构性,并能为微生物提供丰富的碳源,

*本文蒙杨国荣研究员、于天德副所长审阅,特此致谢。

促进微生物的旺盛活动，加快秸秆和土壤养分的分解释放，有利于土壤中全量养分和速效养分的提高。

和其他农家肥料一样，秸秆还田是我国劳动人民用地养地的主要措施之一。建国后，各地总结推广的广辟肥源“五字法”：积、造、种、养、还中的“还”，即指秸秆还田。当前，玉米面积扩大，地力消耗加剧，每年从土壤中取走大量的有机物质，而归还的有机物很少，这是造成地力下降的主要原因之一。秸秆还田具有恢复和提高地力的作用。我省近几年秸秆还田数量逐渐增加，面积逐渐扩大，部分社队地力恢复很快，瘦地变肥地，低产变高产，增产增收。如中部地区的怀德县1980年开始搞秸秆肥，1981年秸秆肥250万吨，占农肥总量的30%，1982年增加到40%。地处吉林省东部半山区的桦甸县秸秆还田数量和面积逐年增加，这个县的桦树公社自1976年开始搞玉米秸秆间接还田，近几年还田量达到80%以上。该公社植林大队大加皮生产队，在40垧酸性黑黄土上均施秸秆肥30吨（有机质及养分含量见表8），连续施用5年，土壤有机质含量增加0.8683%，平均每年增加0.1736%。土壤有机质各组分也都相应地有所变化，重组当中松结合态的胡敏酸加富里酸增加27.5%，其中胡敏酸含量增加42%，富里酸增加4.7%。还田后，土壤生物学活性也发生了变化，耕层蔗糖酶增加20%，尿酶增加18%，过氧化氢酶增加1.6%。见表1、表2、表3。

此外，秸秆间接还田可使病虫害减少。桦树公社1976年以前玉米黑穗病占13.4%，秸秆还田后，1979年降到7%；玉米螟发生量由1976年前的27%降到20%以下。

表1 秸秆还田后土壤化学性质变化

地 点	深度 cm	腐殖质 %	全 氮 %	全 磷 %	全 钾 %	水解氮 mg/ 100g土	速效磷 mg/ 100g土	速效钾 mg/ 100g土
桦树公社未还田土壤	0~20	3.9369	0.2704	0.1391	1.98	29.4679	0.6093	13.08
" "	20~40	1.0285	0.0847	0.0702	1.77	17.6325	0.2745	4.89
桦树公社还田土壤	0~20	4.8052	0.2788	0.1647	1.91	29.5752	0.7300	9.77
" "	20~40	1.0739	0.0800	0.0730	2.09	12.0399	0.2760	5.20

表2 秸秆还田后土壤有机质组分含量变化

地 点	深度 cm	重组中松结合态腐殖质%		
		胡敏酸 +富里酸	胡敏酸	富里酸
桦树公社未还田土壤	0~20	1.09	0.66	0.43
桦树公社还田土壤	0~20	1.39	0.94	0.45

玉米是高产作物，中等肥力的黑土亩产可达到700斤左右。玉米籽实产量与秸秆产量（干物质）基本相等。近几年全省玉米面积已增到占耕地总面积50%左右，按低水平计算，全省每年可产玉米秸秆100亿斤左右，加

表3 秸秆还田后土壤酶的活性变化

地 点	深度 (cm)	蔗糖酶葡萄糖	过氧化氢酶	中性磷酸酶	尿酶NH ₃ -N
		mg/1克土30℃ 24小时	0.1NK ₂ MnO ₄ ml/1克土20分钟	mg/1克土37℃ 24小时	mg/100g土37℃ 24小时
桦树公社未还田土壤	0~20	20.80	5.3601	1.9608	19.48
" "	20~40	0	4.1470	0.3431	9.58
桦树公社还田土壤	0~20	24.95	5.4462	1.7320	22.91
" "	20~40	0.80	3.9282	0.2859	3.65

之农村沼气的的发展和节柴灶的推广，秸秆还田是大有希望的。调查结果：东部山区、半山区可拿出30~50%还田；中部平原地区可拿出20%还田；在西部地区也可拿出少量秸秆还田。若全省还田30亿斤，按腐殖化系数0.37计算（各种有机物料腐殖化系数见表4），每年形成新鲜腐殖质约10亿斤。亩还田量100斤干玉米秸秆，可积累腐殖质37斤，大体上与土壤有机质万分之一下降速率相平衡（耕层土壤按40万斤/亩计算）。每年以这个数量还田，可使900万亩耕地保持目前的土壤肥力。若亩施200斤干秸秆，可使450万亩耕地土壤有机质保持缓慢提高，这对稳产高产将起重要作用。我省以玉米秸秆为主进行还田，保持和提高土壤肥力是切实可行的。

表4 各种有机物料腐殖化系数*

地点：吉林省农科院试验田（旱田）

物料	腐殖化系数	物料	腐殖化系数
玉米秸秆	0.37	马粪	0.60
黄豆秸秆	0.33	稻草	0.35
麦秆	0.57	箭舌豌豆	0.57
猪粪	0.36	草木栖	0.23
牛粪	0.44	青草	0.27

* 本资料为南京土壤所林心雄副研究员提供。腐殖化系数为一年的结果。

表5 高低肥力黑土
直接还田效果比较

（网室微区定位，微区面积0.98m²，下同）

土壤肥力	处理	1981年产量 斤/区	1982年产量 斤/区
低肥土壤	化肥	1.2	1.0
	猪厩肥	1.0	1.2
	玉米秸秆	0.9	1.2
高肥土壤	化肥	1.3	1.3
	猪厩肥	1.1	1.0
	玉米秸秆	1.2	1.1

表6 秸秆直接还田C/N比值与作物产量*（网室微区试验）

处	理	折合亩产 (斤)	处理间差异(斤)				最小显著标准
			5	4	6	7	
5	C/N = 30	1066					F=50 F _{0.05} =4.76 F _{0.01} =9.78 5%显著差异标点数= 74.39, 1%显著差异标 点数=112.69
4	C/N = 20	1033	33				
6	C/N = 40	833	233**	209**			
7	CK	750	316**	283**	83*		

* 本试验结果是在严重春旱情况下取得的，亩还田量为1000斤秸秆。

二、秸秆还田技术

秸秆还田在我省可实行两种方法：一种是直接还田，另一种是间接还田。

（一）秸秆直接还田

秸秆直接还田在我省中部和东部地区都做过试验，目前有的地方仍在采用，其效果是肯定的。在两年的定位试验中证明：在同等氮、磷条件下，直接还田第一年不论在高肥土壤还是在低肥土壤上其生育产量都不如化肥，第二年，在低肥土壤上秸秆还田与猪粪效果相同，都比化肥效果好，在高肥土壤上这种差异不明显（表5）。

在还田方法上注意以下几点：

1、调整C/N比值

秸秆直接还田常发生作物与微生物争氮的矛盾。玉米秸秆的C/N比值大致为50~70:1，还田后要调整到25~35:1左右为宜。试验结果表明，调整C/N比值30:1的或20:1的与C/N40:1的产量差异显著，C/N30:1的比C/N40:1的产量高30%，见表6。同时还要考虑补充一定数量的磷肥，1980年院内温室盆栽试验结果，补充氮磷处理的比只补充氮处理的产量差异显著，前者比后者可增产13%。

2、秸秆切碎细度

玉米秸秆可以整株翻压或用圆盘耙切碎翻压，据试验以切碎翻埋为好。将玉米秸秆切碎1厘米与5厘米的两年试验结果表明，前者比后者的分解数量高15%，当年产量高8~16%，见表7。

表7 秸秆直接还田切碎试验产量对比
(微区定位试验)

处 理	1981年产量 (斤/区)	1982年产量 (斤/区)
切碎1cm	1.0	1.1
切碎5cm	0.92	0.95

3、翻压深度

在现行农业机械中，耕翻深度一般不超过20厘米，在埋深5厘米和20厘米的对比试验中，当年分解速度和增产效果差异不显著。翻埋深浅要看目的，比如翻埋的目的要改善下层的肥力，就要埋的深一些，要改善表层的肥力就要埋的浅一些，甚至可以通过重耙，耙入表层也可以。

4、秸秆还田数量

据资料介绍，中等肥力土壤每年分解有机物料的能力为每亩6,000斤左右。不同肥力土壤分解秸秆的能力不同，肥力高的土壤分解能力强，肥力低的土壤分解能力弱。在确定秸秆还田数量时，还要考虑可能还田的秸秆数量和培肥快慢以及当年增产效益等因素。我们在中下等肥力土壤上试验，亩施秸秆1,000斤与亩施500斤的当年产量差异不显著。确定秸秆施用量时既要考虑稳定的提高地力的需要，又要考虑经济效益。当前，以三年还一茬为宜，重点放在中下等肥力土壤上(土壤有机质含量2%以下)，一茬还田量每亩500~1,000斤即可。

5、秸秆还田时间

实践证明，秸秆直接还田秋季翻埋为好。在北方寒冷地区，秋收后仍有一段温暖天气。这个期间土壤温度和水分仍适宜微生物活动，抓住这一有利时机，结合秋翻将秸秆切碎翻入耕层内，上冻前，经微生物分解，使秸秆软化，体积缩小，春播前再用圆盘耙重耙。播种时施用适量的氮、磷化肥，这样既可以保持土壤的紧实度，保证苗齐苗全苗壮，又可减轻病虫害的发生。

(二) 秸秆间接还田

我省秸秆间接还田主要有两种：一种是把秸秆粉碎作牲畜饲料、畜圈垫料；另一种是把秸秆粉碎后与马粪、人粪尿一起堆腐，制成高温发酵堆肥。秸秆肥养分含量比较高，见表8。秸秆肥还田比直接还田当年增产效果较好。其培肥效果主要表现在增加土壤有机质上，亩施量4,000斤，每年可提高土壤有机质约0.17%左右，见表9。

表8 秸秆肥养分与含量

肥料种类	有机质(%)	全N(%)	全P ₂ O ₅ (%)	水解N mg/100g土	速效P ₂ O ₅ mg/100g土
玉米秸秆肥	57.1825	2.4895	0.8952	146.2455	117.4626
玉米秸秆	70	0.77	0.60	50	

表 9

秸 秆 肥 培 肥 效 果

处 理	施用量吨/亩	土壤有机质含量%	土壤有机质年增加数量(%)
连续 5 年施用秸秆肥	2	4.8052	0.1736
对 照	0	3.9369	

1、以牲畜饲料、褥草形式还田

把玉米秸秆用铡草机切碎喂牲畜，牲畜吃掉包叶和细碎部分，约有三分之一的硬秸秆剩下，作为垫圈材料，群众称之为“啃排骨”。吃剩下的秸秆吸收尿液，和粪便一起经牲畜踏踩混合后起圈堆积，由小堆变大堆，经过自然发酵分解，体积缩小，秸秆变黄灰色即可压紧用土封堆，施用前翻倒一次。

2、高温发酵堆肥

把秸秆用铡草机粉碎，秸秆、马粪、人粪尿按 4 : 1 : 0.5 (重量比) 堆积，堆肥场选在背风向阳的平坦地方，堆底铺好细土，上面铺秸秆，浇水湿润后再铺一层马粪，再浇人粪尿，如此层层堆积成堆，至 2 米左右高，呈长方形即可。在堆制过程中，要注意以下几个环节。

①调整 C/N 比值：为了保证秸秆在堆制过程中有利于微生物分解，而且不跑氮，调整堆积材料的 C/N 比值是必要的。根据氮因素理论，分解 100 斤秸秆，需消耗 $\text{NH}_4\text{-N}$ 8 两，按此比例可调整堆积材料的 C/N 比值至 30~40 : 1。一般通过混拌马粪和人粪尿，并加入适量豆科秸秆或绿肥，都可把 C/N 比值降到 40 : 1 左右。试验证明，为了促进微生物活动和保肥作用，在堆制过程中加入一定量的过石是必要的。

②发酵程度：高温发酵是秸秆肥的主要特点，堆后一周堆内温度由低变高，迅速上升，最高可达 60~70℃ 左右。但是微生物旺盛活动的温度为 50~60℃ 左右，低于或超过这个温度微生物活动受抑制，影响秸秆发酵分解。因此，掌握和调节发酵温度是控制发酵程度的主要方法。提高温度的措施，一是保持堆内秸秆的含水量，达到手握成团，触之即散的程度；二是保持堆内良好的通气条件，开始堆积时自然起堆即可，不必拍压，保持疏松，切忌混土，堆高要保持 2 米左右，堆形要长方形，体积尽量大一些。降低温度的办法：一是翻堆，温度超过 60℃ 要翻堆，翻堆可以迅速降低温度，减缓发酵分解；二是适当混土，拍紧压实，降低堆内通气孔隙，抑制微生物活动，温度也可以降下来。腐熟程度既要考虑培肥地力的需要，也要考虑当年增产，要因地制宜。易旱、水分不足的岗坡地，要充分发酵，达到黑、烂、臭为好；在涝洼地、土壤水分较充足的条件下，半腐熟即当秸秆变黄灰色，干后一触即碎的程度为宜。

③施用方法：我省秸秆肥多在冬春积制，春季施入。根据北方春风大、易于早跑墒的特点，须采用抗旱保苗措施。秋翻地，可在早春耙前拉进地里，于春耙时扬散地面，重耙入表土层。未秋翻地，如原垄播、墒情好时，可在破垄后施入沟内，再合垄播；墒情差时，开垄后先把种子播在湿土上，再施入秸秆肥，俗称盖头粪，立即合垄；或施在两垄之间也可以。（注意所用秸秆肥要在播前一、二天运进地里，堆成大堆，并浇足水分）如换垄播时，可把秸秆肥施入沟内做底肥处理，效果最好。总之，要因地制宜，达到增产和培肥地力的目的。

三、对我省秸秆还田方法的探讨

(一) 提倡以间接还田为主

我省不论东部山区、半山区、中部平原区还是西部草原区，畜牧业发展不快，饲料不足是主要原因之一。近年来实践证明，玉米成熟秸秆是牲畜的好饲料。随着玉米面积扩大，产量提高，秸秆增加，加之沼气和节柴灶的推广，广大农业区除留作燃料外，可以拿出20%以上的秸秆用于发展畜牧业。牲畜只能吃掉大部分，而且这部分变成粪便保存了下来，剩余的三分之一则是很好的垫圈材料，和畜粪一起堆腐还田。这种方法，在当前具有实际意义。生产责任制落实到户以后，势必要求个体农户养畜，秸秆饲料为家庭养畜业的发展，创造了有利条件。畜牧业发展，秸秆肥必然增加，这种一家一户“小型秸秆肥加工厂”遍地开花以后，必将增加秸秆还田的数量，加快地力的恢复和提高。

(二) 在秸秆多的地方也可采用直接还田

因为直接还田简便易行，节约运输力和劳动力，在增加土壤活性腐殖质，改善土壤结构等方面有显著作用，应予以重视，积极试验推广。直接还田的机械应以小型为主，以适应目前的生产责任制，还田时间应在秋季，还田应优先以中低产土壤作为重点。

(三) 利用秸秆制造沼气肥还田

沼气是解决能源与肥源的必要措施。沼气肥肥效较高，具有培肥土壤增加产量的作用，也是秸秆间接还田的好办法。它的意义在于能使农村中5~6个月用于燃料的秸秆间接还田。如果按每户每天烧掉30斤秸秆计算，一个中等生产队(60户)半年可烧掉秸秆32万多斤，建立沼气池，这部分秸秆就可以间接还田了。据资料介绍，一个小型沼气池，半年出料2次，可制沼气肥1万多斤。可见，大办沼气，既解决农村能源问题，又得到了优质肥料，值得大力推广。

(四) 建立保养地力基金制度

培肥地力是关系到国土保护，涉及到子孙后代的大事，在实现农业现代化中具有重要作用。除国家在农业投资当中予以考虑外，在当前农村实行大包干生产责任制条件下，有必要因地制宜地制订肥力保养基金制度，落实到田块上，使之用地与养地相结合，地肥粮多，高产稳产。

参 考 文 献

- [1] 杨国荣等：1982，对我省中部地区提高土壤肥力的几点建议，吉林农业科学，第1期。
- [2] 于天德、孙宏德、李军等：1981，吉林省中部地区农家肥料考察报告，吉林农业科学，第3期。
- [3] 高等农业院校教材：1980，农业化学，上海科技出版社。
- [4] 孙宏德、李军、尚惠贤等：1982，保持和提高土壤肥力是农业生产当务之急(未刊稿)。
- [5] 孙宏德、李军、刘仲臣等：1983，吉林省中部商品粮基地土壤肥力及其培肥途径。土壤肥料，第3期。
- [6] 孙宏德、李军、尚惠贤等：1983，黑土腐殖质含量组成及其与肥力相关性分析。土壤通报，第2期。
- [7] 汤树德译：1978，〈季米里亚捷夫农学院通报〉第2期。
- [8] Agronomy Journal Vol.71, No.4, P.625-627.
- [9] 崔引安译：免耕法译丛。