

秸秆直接还田对大豆生产的效应

曾广骥 傅尚志 柳英范 金 平

(黑龙江省农业科学院土肥所)

提 要

本文通过秸秆还田对大豆生产效应的机理作了研究和分析,证明秸秆还田有利于大豆生产,可为豆田增加大量有机质,改善土壤理化性质和生物学性质,为大豆提供养分和二氧化碳,因而秸秆还田是改善大豆生育条件、促进大豆生育和增加大豆产量的一项有效栽培措施。

国内外的试验和生产实践证明,秸秆是很宝贵的有机肥,含有大量有机质和所有植物所需要的、易分解的营养成分。合理地实行秸秆直接还田,是补充和更新土壤有机质、获得二氧化碳的来源,对提高土壤肥力和增加作物产量有很明显的效果。美国学者R. W. 豪威尔教授指出^[10],大豆每形成1000公斤籽粒,大约需要消耗500公斤的碳水化合物。秸秆施入土中,又可为大豆根瘤菌提供大量能源,而秸秆在土壤中分解时释放出来的二氧化碳,有利于提高大豆植株的光合作用效率。民主德国的资料表明,每公顷施5吨秸秆,土壤增加N 20—35公斤、 P_2O_5 5—7公斤、 K_2O 60—70公斤、CaO 10—15公斤、MgO 4—6公斤、硫 5—8公斤和一定量的微量元素(B 25克、Mn 150克、Mo 2克、Zn 200克和Co 0.5克)。民主德国、联邦德国、波兰等国的试验证明,连年秸秆还田可使土壤维持无亏损的腐殖质平衡。民主德国在轻质粘壤土中,15年间每年每公顷秸秆还田2.3吨,土壤腐殖质维持在原来的水平(1.05—1.08%),而把秸秆烧掉或单施化肥,土壤腐殖质则降低到0.98%。在法国,靠秸秆还田、残茬和根系所含的有机质来补充土壤腐殖质的损失。笔者1982年在美国伊利诺斯州一农场采样分析,连续秸秆还田地块,土壤有机质较高,其含量为5.66%。苏联的研究表明,在秸秆还田过程中,要增施氮肥、人畜粪尿、厩液,或使厩肥、秸秆和绿肥混合施用,这样可使有机物质、营养元素和微生物区系这三方面的不足得到相互补偿,使这三者的优点得到充分发挥。苏联的试验还证明,作物中最需要秸秆还田的是豆科植物,其直接增产效应为每公顷200—300公斤,还有2—3年的后效。

* 先后参加本研究的还有赵聚祥、孙铁男、张喜荣、赵国发等同志,我院大豆所张荣贵、丁希明、李淑贞、赵乃新、南京土壤所尹瑞龄、乔凤珍同志协助进行了一些分析,特此致谢。

本文于1986年9月30日收到。This paper was received in Sep. 30, 1986.

我省国营农场、北部麦豆产区、半山间地区和有薪炭林、小煤窑、石油和煤矿的地区,可广泛采用秸秆直接还田措施,特别是在耕地面积大,有机肥数量有限的国营农场,采用秸秆还田,不占地,不占季,可以用机械就地翻压,有利于土壤有机质的维持和补充^[7]。为了明确秸秆还田对土壤肥力和作物生产影响的作用机理,我省许多单位和学者,近年来进行了许多研究。我们从1979—1984年也进行了这方面的工作。兹将秸秆直接还田对大豆生产效应方面的研究结果综述如下。

一、秸秆直接还田对大豆生育的影响

省农科院土肥所从1979—1984年在哈尔滨市设置定位试验,轮作顺序为玉米—大豆—小麦—玉米—大豆,玉米秸还田量为每亩1100斤、小麦秸还田量为每亩450斤。试验地基础肥力为:有机质2.33%、全氮0.140%、全 P_2O_5 0.097%、pH7.3、碱解氮14.0毫克/100克,速效 P_2O_5 4.05毫克/100克。

表 1. 秸秆还田对大豆植株生物学性状的影响

Table . The effect of turning crop residues down to the soil on the biological performance of soybean plant

年 份 及 测定日期 Years and Dates	处 理 Treat- ments	株 高 Plant height (cm)	地上部干重 Dry weight of abovegr- ound part 克/株 g/plant	根干重 Dry we- ight of roots 克/株 g/plant	根容重 Root volume cm ² /株 cm ² / plant	根瘤 Nodules		叶 面 积 Leaf area cm ² /株 cm ² / plant	植株养分 Nutrients in plant	
						鲜 重 Fresh weight 克/株 g/plant	总 数 Numbers		ppm	
									NO ₃ -N	水 溶 P ₂ O ₅ Watersoluble P ₂ O ₅
1981 7.13 13. July	CK	46.4	9.50	1.31	6.43	0.85	53.0	2135.2	25.63	13.71
	S*	59.6	10.97	1.50	6.77	1.15	58.7	2837.0	22.71	13.97
1984 7.21 21. July	CK	56.1	7.88	—	—	0.72	63.8	1435.3	9.85	12.82
	S*	72.5	10.00	—	—	0.69	44.4	1666.4	7.09	11.45

* S represents the treatment of turning crop residues down to the soil and CK represents control.

表 2. 秸秆还田对大豆根瘤菌固氮酶活性的影响 (1984)

Table 2. The effect of turning crop residues down to the soil on the activity of nitrogenase of *Rhizobium japonicum*

试验处理 Treatments	大豆根瘤菌固氮酶活性 The activity of nitrogenase of <i>Rhizobium japonicum</i>		单株根瘤固氮量 The amounts of fixed N in plant	
	毫克/克瘤/天 mg/g nodules/day.		毫克/株/天 mg/plant/day	
CK	0.072		0.70	
S	0.086		0.83	

从表1、表2可以看出，秸秆还田对大豆生育有良好的影响，对株高、地上部及根部干重、根容量、根瘤鲜重及总数、叶面积及根瘤菌固氮酶活性都有增加的趋势，而对大豆植株内水溶性养分则有稍为降低的趋势，这是因为大豆苗期需要从土壤中吸收一些氮，秸秆被微生物分解时微生物生命活动也需要吸收土壤中的有效性氮，这样就产生菌苗争氮现象，因而在这种情况下，土壤对大豆的有效性氮的供应量减少，大豆体内水溶性氮的含量降低。但是到了生育后期，秸秆不断分解而陆续释放出大量有效性养分，足供大豆正常生育所需，增产效果显著。

二龙山农场实验站的试验也证明，麦秆还田地块，大豆株高 10.8 厘米，比对照高 2.4 厘米，株鲜重比对照高 9.8 克，干重比对照高 1.3 克。850 农场试验证明，秸秆还田不加氮素地块的大豆，植株叶色发黄。

二、秸秆还田对大豆产量的影响

表 3. 秸秆还田对大豆产量及产量性状的影响 (省农科院土肥所, 1981和1984)

Table 3. The effect of turning crop residues down to the soil on the yield and its performance of soybean (Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, 1981 & 1984)

年 份 Years	处 理 Treat- ment	产 量 Yields				株 高 Plant height (cm)	分枝数 Numbers of branches	单株荚数 Pods/ plant	单株粒数 Grains/ plant	单株粒重 Grain weight per plant	百粒重 100 grain weight (g)
		斤/亩 Jin/mu	为 CK % %of CK	为 N % %of N	为 NP % %of NP						
1981	CK	322.2	100	—	—	98.9	1.34	32.4	76.1	11.9	16.2
	S ₂	345.3	107.2	—	—	102.0	1.95	35.6	82.4	13.0	16.5
	N	352.3	109.3	100	—	99.1	1.48	30.4	76.9	11.4	16.7
	S ₁ N	357.1	110.8	101.4	—	100.2	1.75	38.8	87.3	13.5	16.2
	S ₂ N	374.3	116.2	106.2	—	99.1	1.97	34.4	79.3	11.9	16.0
	NP	358.0	111.1	—	100	108.9	1.92	34.9	82.0	14.5	16.7
	S ₂ NP	406.5	126.2	—	113.6	105.2	1.76	35.1	79.3	12.6	17.4
1984	CK	265.4	100	—	—	89.4	—	23.8	49.2	8.2	16.1
	S ₄	311.2	113.7	—	—	95.0	—	24.1	50.5	8.7	17.6
	N	278.3	104.9	100	—	88.8	—	22.3	45.5	7.8	16.5
	S ₃ N	316.4	119.2	113.7	—	89.0	—	18.8	40.6	7.1	16.7
	S ₄ N	335.7	126.3	120.6	—	91.1	—	29.3	57.9	9.7	16.3
	NP	228.4	86.1	—	100	97.7	—	22.6	43.6	7.6	17.3
	S ₄ NP	306.0	115.3	—	133.9	94.0	—	24.2	50.4	9.0	18.3

表中CK为空白对照，S代表秸秆还田，S右下的数字代表还田年数，N代表亩施N15斤，P代表亩施P₂O₅ 30斤。氮肥在花期追施，磷在播种时条施。

In this table, S represents the treatment of turning crop residues down to the soil, the figure on the lower right corner represents, years, N represents applying N 7.5kg/mu, P represents applying P₂O₅ 15kg/mu, N applied as topdressing at flowering, P was applied at planting.

表 4. 麦秸连续还田对大豆产量及产量性状的影响 (黑河地区农科所, 1982)

Table 4. The effect of turning wheat straws down to the soil on the yield and its factors of soybean (Heihe Regional Agricultural Institute, 1982)

处 理 Treatment.	株 高 Plant height (cm)	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Grains/plant	百 粒 重 100-grain weight (g)	产 量 Yields	
					斤/亩 Jin/mu	为 CK% %of CK
麦秸还田 (S)	79.6	16.5	31.5	17.2	176.0	111.8
对 照 (CK)	68.5	13.5	24.9	16.4	157.4	100
比 对 照 土	+11.1	+3.0	+6.0	+0.8	+18.6	+11.8
Increasing or Decreasing compared to control						

从表 3 资料可以看出, 秸秆还田能提高大豆的产量, 单施秸秆比对照增产 7.2—13.7%; 秸秆还田加氮比单施氮增产 4.9—19.2%; 秸秆还田加氮磷比单施氮磷增产 13.6—33.9%。秸秆还田二年加氮比秸秆还田一年加氮增产 4.8%; 秸秆还田四年加氮比秸秆还田三年加氮增产 6.9%。秸秆还田地块大豆产量性状如株高、分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重都比不还田区有所增加。

黑河地区农科所的资料也证明了这一点。麦秸还田地块大豆产量比对照区增加 11.8%, 株高增加 11.1 厘米, 单株荚数增加 3 个, 单株增加 6 粒, 百粒重增加 0.8 克。

二龙山农场 1981 年的试验证明, 麦秸还田增加大豆百粒重和产量, 百粒重增加 1.3—1.7 克, 每公顷翻压麦秸两吨增产 3%, 翻压 3 吨增产 9%, 每公顷翻压麦秸 3 吨加施氮肥增产 9.7%。因此, 秸秆还田后种大豆, 应在播种时施少量氮肥或花期追施氮肥, 以满足大豆对氮素的需要。

三、秸秆还田促进大豆生育和提高大豆产量的原因分析

秸秆还田之所以能促进大豆生育和提高大豆产量, 这是因为秸秆还田给大豆提供了一定数量的养分和改善了大豆的生育条件, 如增加土壤水分、提高地温、降低土壤容重、增加微团聚体数量、增加土壤微生物活性等, 因而使大豆生育健壮, 最终导致大豆增产。

1. 秸秆还田为大豆提供大量有机质和一定数量的养分

秸秆含有大量有机质, 其数量达 85% 以上, 一般秸秆就地全部还田, 秸秆还田量决定于作物产量水平和粒杆比, 例如小麦的粒杆比为 1 : 0.7—1.1, 玉米和大豆的粒杆比为 1 : 1.5。一般每公顷麦秸还田量为 2.5—3.0 吨, 玉米秸还田量为 7—8 吨。

我们从 1979—1984 年 6 年间有 4 年秸秆还田, 1979、1980 和 1983 年每亩玉米秸还田 1100 斤, 1982 年每亩麦秸还田 450 斤, 按每百斤玉米秸含有有机质 93.8 斤、N 0.48 斤、P₂O₅

0.14斤、 K_2O 1.75斤，小麦秸含有机质95.7斤、 N 0.50斤、 P_2O_5 0.07斤和 K_2O 0.80 斤计算，6年平均每年秸秆还田量为625斤，折合有机质587.7斤、 N 3.0 2斤、 P_2O_5 0.82 斤、 K_2O 10.29斤，这就给土壤增加大量有机质和一定数量的各种养分。

据1984年测定，秸秆还田区土壤有机质含量为2.71%，比不还田区（有机质含量为2.25%）增加了0.46%，6年平均每年增加0.08%，土壤全氮和全磷分别增加了0.018%和0.014%，亦即每年每亩分别增加0.003%和0.002%。不还田区土壤有机质，1979年为2.33%，1984年为2.25%，亦即比1979年降低了0.08%，平均每年降低了0.013%。在大庆市和林口县所进行的9个中间试验也证明，两年间土壤有机质增加了0.118%，全氮增加了0.008%，全 P_2O_5 增加了0.003%，亦即平均每年增加土壤有机质0.059%、全氮0.004%和全 P_2O_5 0.0015%。

黑河地区农科所的试验也有同样的趋势，麦秸还田每亩500斤，还田后下一年，除水解氮有所降低外，全量养分都有所增加。土壤有机质增加0.09%，全氮增加0.006%，全磷增加0.005%；连续两年还田，土壤有机质增加0.17%，全氮增加0.014%，全磷增加0.001%。

应当特别指出，玉米秸和麦秸C/N比例很高，一般为80—100:1，所以在秸秆还田后第一年，由于秸秆被微生物分解时，微生物吸收利用了一部分土壤速效氮，因而使土壤速效氮含量大大降低，这样在大豆苗期就会发生菌苗争氮现象，影响大豆幼苗生育。所以在秸秆还田第一、二年，为了调节土壤C/N比例和克服菌苗争氮现象，应当配合施用一定数量的氮素。每施用100斤秸秆应补施纯氮1.7—2.0斤。秸秆还田三、四年后，由于被微生物固定了的那一部分氮逐渐释放出来，土壤速效氮含量有所增加，就不会产生菌苗争氮现象。即使如此，为了使大豆苗期生育健壮，还应在播种时施用适量氮磷种肥。秸秆还田使土壤速效磷稳定地逐年增加。

2. 秸秆还田改善了土壤理化性质

连续秸秆还田四年可使土壤容重降低0.05克/厘米³，土壤孔隙度和土壤水分增加2—3%，1—7毫米的微团聚体增加26.3%，因而秸秆还田地块土壤比较疏松，土壤蓄水保墒，有利于大豆根系的伸展和根瘤菌的发育及抗旱保墒。

3. 秸秆还田增加了豆田CO₂释放量

由表5可以看出，秸秆还田土壤CO₂释放量（即土壤呼吸强度）比不还田区增加48.45—83.94%。近地气层CO₂含量的提高，有利于促进大豆光合作用，干物质积累和产量的提高。

4. 秸秆还田改善了土壤微生物学性状

据1984年6月4日测定，秸秆还田区0—20厘米耕层细菌数和真菌数分别为11,216万/克干土和24.3千/克干土，分别比不还田区增加142.9%和115.0%。在不同粒径的微团聚体中的细菌数和真菌数也有同样的趋势（见表6）。

表 5. 秸秆还田对大豆田土壤呼吸强度的影响 (省农科院: 1981.7.6)

Table 5. The effect of turning crop residues down to the soil on the respiration intensity of soil in soybean field (Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, 6, July 1981)

处 理 Treatments	测 定 温 度 Air temperature during testing ℃	测 定 面 积 Testing area dm ²	土 壤 呼 吸 强 度 Respiration intensity of soil				比 CK 增 加 Increasing compared to CK	
			mg/dm ² /h					%
			1	2	3	Mean		
CK	30	1.76	3.258	8.145	5.973	5.792	—	—
S ₂	30	1.76	12.489	6.969	12.489	10.649	+4.857	83.86
S ₂ N	30	1.76	9.503	8.145	8.145	8.598	+2.806	48.45

* CK为空白对照, S代表秸秆还田二年, S₂N代表秸秆还田二年及施氮15斤/亩。

表 6. 秸秆还田对土壤细菌和真菌数的影响 (1984)

Table 6. The effect of turning crop residues down to the soil on the numbers of bacteria and fungi in the soil (1984)

粒 径 Particle Size (mm)	细 菌 Bacteria (万/克干土) 10 thousands/gram of dry soil		真 菌 Fungi (千/克干土) thousands/gam of dry soil	
	CK	S	CK	S
5	5913	8637	11.3	24.3
3	6880	5908	31.8	35.1
1	6045	6571	27.5	35.1
0.25	7413	9082	27.6	31.2

表 7. 玉米秸和麦秸对白浆土生物学活性的影响 (黑龙江八一农垦大学)

Table 7. The effect of corn stalks and wheat straws on the microbial activity of planosol (Heilongjiang Bayi Agricultural University, 1976)

年份 Year	处 理 Treatments	土壤微生物数量 (个/克土) Numbers of soil microorganisms in 1 gram of soil				土壤呼吸强度 Soil Respiration Intensity CC ₂ mg 100 克土, 24小时 100gram of soil, 24 hrs	土 壤 酶 活 性 The activity of soil enzymes		
		细 菌 Bacteria × 10 ⁶	放 线 菌 Actinomy- cetes × 10 ⁶	真 菌 Fungi × 10 ³	好气纤维细菌 Aerobic cell- ulose bacte- ria × 10 ³		接触酶 Peroxi- dase ml/g	转化酶 Invert- ase mg/g	脲 酶 Urease mg/g
1976	CK	12.0 (100)	3.5 (100)	58.4 (100)	0.10 (100)	11.8 (100)	1.82 (100)	15.00 (100)	0.26 (100)
	麦 秸	197.3 (1644)	12.9 (367)	180.0 (273)	16.0 (136)	16.0 (136)	6.12 (336)	20.44 (136)	0.41 (178)

从表 7 可以看出, 秸秆还田能大大提高土壤微生物数量、土壤呼吸强度和土壤酶活性。

结 论

1. 试验证明, 玉米秸及麦秸还田, 可改善大豆的生育条件, 为大豆提供大量有机质和一定量的养分, 改善土壤理化性质和微生物学性质。因而秸秆还田是促进大豆生育和增加大豆产量的一项有效栽培措施。

2. 试验还证明, 秸秆还田特别适用于种植大豆, 但是为了保证秸秆还田有良好的效果, 必须注意用还田机具将秸秆切碎, 抛撒均匀, 翻耕耙地时使秸秆与土壤充分混合均匀。为了避免大豆苗期及花期缺氮, 应当在播种时施用少量氮磷肥及花期追施适量氮肥。每还田秸秆 100 斤, 应补施纯氮 1.7—2.0 斤。

参 考 文 献

- [1] 曾广骥等: 1985, 秸秆直接还田对作物产量与土壤性质的影响, 黑龙江农业科学, 第 5 期。
- [2] 傅尚志、曾广骥、杨云鹏: 1981, 略谈秸秆直接还田的作用及其解决途径, 黑龙江农业科学, 第 4 期。
- [3] 刘发等: 1983, 高纬寒地麦秸直接还田培肥增产效应的研究, 土壤, 第 15 卷第 5 期。
- [4] 叶敏林等: 1981, 秸秆还田改良白浆土的效果及其应用技术, 北大荒农业, 第 3 期。
- [5] 汤树德等: 1980, 作物秸秆直接还田的土壤生物学效应, 土壤学报, 第 17 卷第 2 期。
- [6] 一九八三农业生产技术资料汇编, 黑龙江省国营农场总局农业处编。
- [7] 王凤书: 1984, 秸秆还田与还田机械, 摘自实用农业技术 100 题, 黑龙江省科普创作协会。
- [8] В. И. Михайлина: 1982, Использование соломы как удобрение, Сельское Хозяйство за рубежом, 4.
- [9] П. Д. Попов, А. И. Жуков, М. Н. Новиков: 1985, Перспективы Исследований производства и применения органических удобрений, Вестник С-Х, Науки, 7.]
- [10] R. W. Howell: 1984, Structure of Developing Soybean Seed, for Symposium, Soybean Research Institute, Heilong-jiang Academy of Agricultural Sciences.

THE RESPONSE OF TURNING CROP RESIDUES DOWN TO THE SOIL ON SOYBEAN PRODUCTION

Zeng Guangji Fu Shangzhi Liu Yingfan Jin Ping

(Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

Abstract

The trials carried out in our Academy and other institutes in Heilongjiang Province showed that turning crop residues down to the soil would improve the environmental conditions for the growth of soybean, provide definite amounts of organic matter and nutrients to soybean, and improve the physical, chemical and biological properties of the soil in soybean field. Therefore, turning crop residues down to the soil is one of effective cultural practices for promoting the growth of soybean and consequently increasing soybean yield. These trials also showed that turning crop residues down to the soil is specially beneficial to soybean production. It is necessary to point out that wheat straws and corn stalks must be cut into pieces, be thrown to the surface of the soil and plowed down to the cultivated layer of soil evenly. It is also necessary to apply a small amount of NP fertilizers during planting, or apply topdressing of N at flowering in order to avoid nitrogen deficiency at early seedling stages of soybean.