

黑龙江省第三积温带以北黑土地肥沃耕层构建技术模式

(技术模式编写参考范例)

1 解决的主要问题

黑龙江省第三积温带以北的区域在松嫩平原中北部，区域内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温在 2500°C 以下，气候冷凉。黑土地土壤类型以黑土和草甸土为主， $\geq 40\%$ 的土壤黏粒含量导致土壤质地较为黏重，限制了土壤中水、热传导。同时，由于长期不合理耕作和缺乏有机物料投入导致黑土层土壤有机质含量降低，耕作层变浅、犁底层加厚，土壤物理性质恶化，降低了土壤的水养库容，限制了作物根系生长及对土壤中水分和养分的吸收利用，进而影响作物产量的稳定与提高。因此，区域内黑土地保护利用的核心是增加耕作层厚度，提高水养库容。

2 技术原理

主要技术路径：通过深翻打破犁底层，增加耕层厚度和水养库容；通过有机物料投入，提高土壤有机质含量，改善土壤物理性质，促进水热传导和增加土壤中养分有效性。通过耕层扩库增容，提升土壤质量，实现冷凉区域黑土地保护利用。

该模式构建了玉米一大豆轮作系统中以土壤深翻 $0-35\text{cm}$ 配合有机物料深混还田为核心的黑土扩库增容技术体系，

包括玉米—大豆轮作、玉米秸秆一次性深混还田、秸秆配合有机肥深混还田等技术。玉米秸秆一次性深混还田和秸秆配合有机肥深混还田能够打破犁底层，增加耕层厚度和土壤有机质含量，改善耕层结构，提高土壤中的养分和水分库容。玉米—大豆轮作系统中大豆根系及其分泌物能够促进土壤中大团聚体的形成，进一步改善土壤结构，调控土壤的物理性质，增加土壤有水分和养分的有效性；大豆可以通过共生固氮作用，减少氮肥的施用，在提高黑土耕地质量的同时实现节肥的目标。

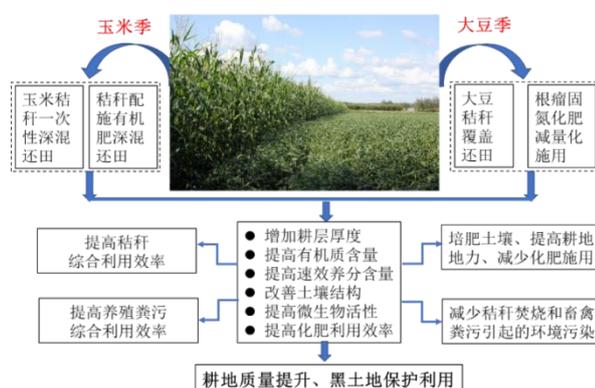


图 1 技术模式框架

3 适用范围

黑龙江省第三、四、五和六积温带，土壤质地黏重的黑土和草甸土耕地。

4 操作要点

以两年为一个轮作和耕作周期。第一年种植玉米，玉米收获后进行秸秆一次性深混还田或者秸秆配合有机肥深混还田；第二年种植大豆，大豆收获后秸秆覆盖还田。具体田间操作步骤如下：

4.1 第一年种植玉米

实施玉米秸秆一次性深混还田或者秸秆配合有机肥深混还田技术。

4.1.1 秸秆粉碎

秋季玉米联合收割机收获后，采用秸秆粉碎机对散落的秸秆进行二次粉碎，使秸秆长度在 10 cm 以下，均匀地分布在田面上。



图 2 玉米收获及秸秆粉碎

4.1.2 有机肥抛撒

在需要进行秸秆配合有机肥深混还田的区域，在秸秆粉碎后进行有机肥抛撒作业。使用有机肥抛撒车，将腐熟发酵后的有机肥地抛撒在田面上，有机肥施用量为每公顷 45 t。



图 3 有机肥抛撒作业

4.1.3 秸秆或者秸秆配合有机肥深翻作业

采用 200 马力以上的机车牵引五铧犁进行深翻作业，翻

耕深度 30—35 cm，将秸秆或秸秆和有机肥全部翻混于 0—30 cm 或 35 cm 土层中。作业过程中要求不出垄沟，表面外漏秸秆较少。



图 4 秸秆深混还田作业

4.1.4 重耙秸秆或者秸秆配合有机肥深混作业

深翻作业完成后，晒垡 3—5 天为土壤降湿度，再用重耙机呈对角线方向耙地 2 次，耙地后保证无立垡、无坐垡、残留的秸秆及根茬翻压干净。



图 5 重耙作业

4.1.5 旋耕起垄

重耙秸秆或秸秆配合有机肥深混作业后，使用旋耕机进行起垄作业，至待播种状态。



图 6 起垄作业

4.1.6 种植管理

玉米播种、施肥及田间管理与常规耕种方式相同。

4.2 第二年种植大豆

实施秸秆覆盖免耕。

4.2.1 秸秆覆盖

在大豆茎叶及豆荚变黄，豆粒归圆及落叶达 90%以上时使用联合收割机进行收获，割茬高度以不留底荚为准，一般为 5—6 cm。收获后的豆秸抛撒在田面上，不进行任何耕作处理。



图 7 大豆收获秸秆覆盖作业

4.2.2 种植管理

大豆播种、施肥、田间管理与常规耕种方式相同。

4.3 第三年免耕种植玉米

实施玉米秸秆一次性深混还田或者秸秆配合有机肥深

混还田技术，开始第二个玉米一大豆轮作循环周期。



图 8 豆茬免耕播种玉米

4.4 注意事项

4.4.1 该项技术适宜在秋季进行操作，避免春季整地，土壤跑墒等问题。

4.4.2 灭茬过程中需选用质量好、转速快的灭茬机，尽量将秸秆破碎至 10 cm 左右，保证秸秆深混还田的效果。

5 已推广面积、具体区域、取得成效

该项技术从 2006 年开始在典型县（市）开展试验，2008 年开始在黑龙江省巴彦、绥棱、海伦、北安和嫩江 5 个县（市）推广应用，2008—2010 年三年间累计应用面积 236 万亩。2011—2013 年应用范围进一步扩大到黑河地区的逊克和爱辉。2014—2016 年在巴彦、绥棱、海伦、北安、嫩江、逊克和爱辉等 7 县（市）累计应用面积 1765 万亩。2017—2021 年在黑龙江省第三积温带以北的 30 个县（市、区、农场）推广应用，累计推广应用 2800 万亩。通过该项技术实施，土壤有机质平均增加 2.5 g/kg，耕作层厚度增加至 30 cm 以上，作物产量增加 10%以上。

6 典型案例材料

黑龙江省海伦市位于第四积温带，年 $>10^{\circ}\text{C}$ 有效积温2200—2400 $^{\circ}\text{C}$ ，属于冷凉区；土壤类型是典型的中厚层黑土，黏粒含量在40%以上，属于黏壤土，土壤质地黏重；土体结构紧实，不利于土壤中水分和热量传导；长期不合理耕作导致耕作层厚度减少至15—18 cm，犁底层厚度增加至10 cm左右，限制作物根系生长及对土壤中水分和养分的吸收利用。为了解决上述问题，海伦市从2006年开始应用该项技术构建肥沃耕层，即将秸秆和有机肥进行深混还田，打破犁底层，耕作层厚度增加至32 cm，耕作层土壤有机质含量增加2.6 g/kg以上、储水量增加12.5%以上，大豆和玉米产量分别平均增加10.5%和11.4%。

7 效益分析

7.1 经济效益

以2年为一个轮作周期，每亩成本减少17.7元，效益增加116元。

表1 整地成本分析

序号	项目	传统每年一次联合整地 (元/亩)	该模式一年整地， 第二年免耕(元/亩)
1	灭茬	20×2	20
2	深翻	—	50
3	耙地	—	20
4	起垄	—	20
5	镇压	—	10
6	旋耕起垄镇压	40×2	—
合计		120	120

表 2 肥料成本分析

肥料	玉米 (元/亩)		大豆 (元/亩)	
	传统模式	该模式	传统模式	该模式
尿素	51.3	39.2	7.3	0
磷酸二铵	42.6	32	37.3	32
硫酸钾	24.0	24	24	24
叶面肥	6.0	6	6	6
合计	123.9	101.2	74.6	62
节本	—	22.7	—	12.6

注：以尿素 2200 元/吨，磷酸二铵 3200 元/吨，硫酸钾 3600 元/吨，叶面肥 90 元/公顷（喷施两次）为例。

表 3 种植效益分析

作物		成本增减 (元/亩)	效益增减 (元/亩)
玉米	传统模式	0	0
	该模式	-22.7	128
大豆	传统模式	0	0
	该模式	-12.6	104
整地	传统模式	0	
	该模式	0	
米豆合计	该模式	-35.3	232
年均		-17.7	116

注：成本增减是指该模式在秋季整地和施肥方面的成本与传统模式相比较。米豆的成本增减、效益增减是一个周期内二年的平均值。

7.2 生态和社会效益

将秸秆和无害化处理后的畜禽粪污深混还田，在实现黑土层扩库增容的同时，杜绝了秸秆焚烧和畜禽粪污随意堆放带来的环境污染问题，提高了秸秆和畜禽粪污的综合利用

率。玉米大豆轮作系统中充分发挥了大豆根瘤固氮的作用，减少肥料的施用量，提高肥料利用效率，实现节本增效，农民增收。该项技术模式的实施可进一步推动松嫩平原中北部黑土地保护工作，提高各级政府、基层农技人员、农民、种粮大户和新型农业经营主体黑土地保护意识。

7.3 生态效益

应用该技术模式后，耕层能够达到 35 cm 左右，有机质含量提高 2.5 g/kg 以上，土壤容重下降 8%以上，水稳性大团聚体增加 21%以上，饱和导水率增加 28%以上，显著提高耕层的微生物活性。该技术模式可有效利用秸秆和畜禽粪污，净化环境，促进营造美丽乡村。