

# 麦/玉两熟区农作模式分析及轮耕模式探讨

胡立峰<sup>1</sup>, 李琳<sup>1</sup>, 陈阜<sup>1</sup>, 高瑞波<sup>2</sup>

(1 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; 2 河北省宁晋县农业局, 河北宁晋 055550)

**摘要:** 从 20 世纪 90 年代初期起, 以少/免耕为主体的耕作模式在麦/玉两熟区得到大面积推广应用。经过近 15 年的耕作栽培, 少/免耕充分显示了它省时省工、高效环保的作用, 但是与此同时一系列弊端也日益显露。对宁晋县百户农民耕作意愿调查的结果显示, 在长期少/免耕后小麦产量和经济效益有所下降, 而应在免耕 3~5 年以后对土壤进行深耕翻。对比麦/玉种植模式与马铃薯/棉花套作的经济效益, 以轮作实现轮耕是麦/玉两熟区耕作模式发展方向。

**关键词:** 少/免耕; 麦/玉两熟区; 轮作; 轮耕

**中图分类号:** S157

宁晋县自 20 世纪 90 年代后基本实现了以少/免耕取代常规耕翻的耕作制度, 然而, 连续少/免耕 3 年以后耙层底部会逐渐形成耙底层, 影响小麦根系正常下扎和活性<sup>[1]</sup>, 加之土壤体积质量 (容重) 增加、早春温度降低、速效养分限制以及杂草危害等问题, 小麦产量显著降低<sup>[2]</sup>。少/免耕与秸秆还田共同构成保护性耕作技术的核心。当小麦秸秆残茬量多于 3.7 t/hm<sup>2</sup> 时, 播种机难以穿入免耕表土, 出苗率大大降低, 造成减产<sup>[3]</sup>; 当玉米秸秆大量还田时, 秸秆覆盖使春季土壤气温偏低, 减缓了免耕小麦前期的生长发育<sup>[4]</sup>, 常规耕作与短期免耕的土壤在孔隙结构上能表现出明显的差异<sup>[5]</sup>, 说明耕作对土壤的影响是多方面的。轮耕模式早在 20 世纪 90 年代就有人提出并进行了一系列的研究, 但是少/免耕省时省钱、高效、节本, 同时由于农民翻耕机械的淘汰, 目前该县大多数耕地都连续少/免耕数十年, 造成小麦玉米产量不稳, 病虫害严重, 经济效益降低等一系列问题。本文针对目前麦/玉两熟区少/免耕对土壤物理性状及作物生长发育存在的问题, 通过对农户调查分析及轮作模式的探讨, 为麦/玉两熟区轮耕体系的建立提供依据。

## 1 耕作方式演变

麦/玉两熟区耕作方式随农业生产集约化的提高发生了较大的变化, 20 世纪 90 年代以前, 该区一直延续传统的精耕细作的农业栽培耕作模式, 最为典型的是: 小麦种植前农田投入有机肥, 降雨不足土壤水分含量较低的情况下一般进行洒地处理, 然后以铧式

犁翻耕, 再进行耙耱整地, 属典型的精耕细作农业。玉米种植前农田耕作处理较简单, 但由于在联产承包责任制初期小麦以镰割人工收获进行, 碌碡滚压和脱粒机对小麦脱粒, 造成麦收时间延续很长, 而人工点播玉米方式在该县又没有广泛应用, 因此, 小麦脱粒与农田整地工作同时进行。

20 世纪 80 年代末至 90 年代初, 小型小麦收割机与玉米播种机得到应用, 玉米播种前不再进行耕作作业; 进入 90 年代中期, 随着旋耕机的应用, 小麦播种前农田机械旋耕取代了传统的耕、耙、耱多次作业, 玉米生长期间也由于除草剂的投入不再进行中耕和“除禾日当午”的艰辛农作, 现行的耕作方式相对于传统耕作具有节本增效的显著特点。

## 2 麦/玉两熟区农作模式现状分析

### 2.1 麦/玉种植模式产量分析

该区粮食作物以小麦-玉米一年两熟为主体, 间有谷子、甘薯、高粱、大豆等零星种植; 经济作物以果树、棉花、花生为主。以宁晋县为例, 宁晋县小麦玉米的播种面积占到农作物播种面积的 73.8%, 由图 1 可知, 从 1990 年到 2004 年的 15 年间, 小麦的常年播种面积在 5.04 万 hm<sup>2</sup>, 标准差为 0.35 万 hm<sup>2</sup>; 玉米的常年播种面积在 3.83 万 hm<sup>2</sup>, 标准差为 0.9 万 hm<sup>2</sup>。小麦、玉米的单产水平平均处于增长趋势, 在个别年际间有所降低。小麦在 1997 年单产达到最高值为 6630 kg/hm<sup>2</sup>, 到 1998 年降至 5010 kg/hm<sup>2</sup>, 之后到 2004 年又逐渐升高, 但单产始终未达到 6000 kg/hm<sup>2</sup>。玉米单

①基金项目: 国家重大科技专项“粮食主产区保护性耕作制与关键技术研究”资助。

\* 通讯作者

作者简介: 胡立峰 (1972—), 男, 河北宁晋人, 博士研究生, 主要进行农业生态及保护性耕作研究。E-mail: hulifeng@peoplemail.com.cn

产的变化趋势有所不同, 在 1995 和 1998 年单产出现两个峰值, 分别为 5340 kg/hm<sup>2</sup> 和 6195 kg/hm<sup>2</sup>, 1998 年后一直保持在 6000 kg/hm<sup>2</sup> 左右 (图 2)。

## 2.2 麦/玉种植模式经济效益分析

对宁晋县进行百户农民随机调查, 结果表明 (表 1), 种植小麦总投入为 5040 元/hm<sup>2</sup>, 其中农资品为 3315 元/hm<sup>2</sup>, 占小麦总投入的 65.77%; 整地播种费用为 975 元/hm<sup>2</sup>, 占小麦总投入的 19.35%; 灌溉为 750 元/hm<sup>2</sup>, 占总投入的 16.08%。玉米总投入为 2400 元/hm<sup>2</sup>, 农资

品为 1725 元/hm<sup>2</sup>, 占玉米总投入的 71.88%; 灌溉为 600 元/hm<sup>2</sup>, 占总投入的 25%; 整地播种费用为 75 元/hm<sup>2</sup>, 占玉米总投入的 3.13%。麦/玉种植模式下, 小麦年收入为 9570 元/hm<sup>2</sup>, 净收入为 4530 元/hm<sup>2</sup>; 玉米年收入为 9240 元/hm<sup>2</sup>, 净收入为 6840 元/hm<sup>2</sup>。从表 2 中可以看出, 该区采用小麦玉米少/免耕后, 农资品的投入都居于首位, 而由于小麦少耕播种, 其机械费用也占一部分, 灌溉费最少; 而玉米由于一般采用免耕人工点播, 其机械费很少。

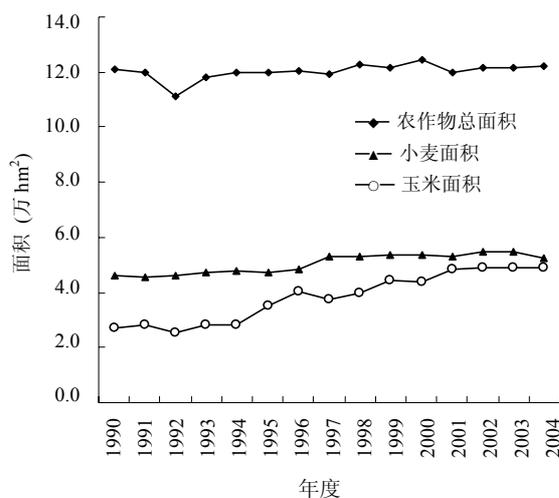


图 1 宁晋县农作物、小麦、玉米面积  
(资料来源: 宁晋县农业局)

Fig. 1 Areas of winter wheat, maize and crop in Ningjin County

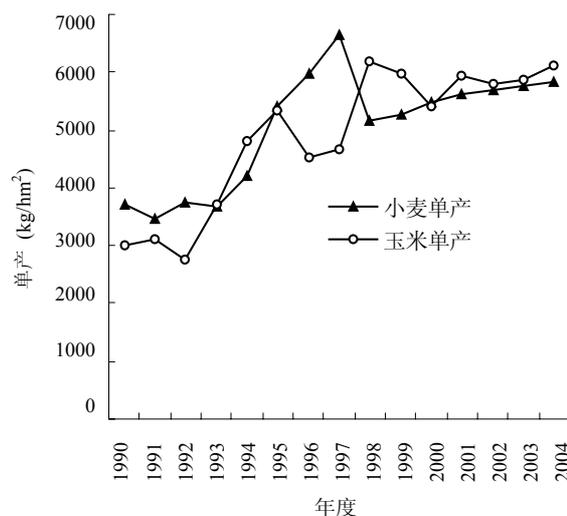


图 2 宁晋县农作物总产及小麦、玉米单产  
(资料来源: 宁晋县农业局)

Fig. 2 Total output of agricultural crops and yields of winter wheat and maize in Ningjin County

表 1 麦/玉种植生产效益分析 (元/hm<sup>2</sup>)

Table 1 Benefit analysis of winter cultivation of wheat and corn

品种	投入								产出
	种子	化肥	农药	灌溉	机播	机收	整地	总计	
小麦	540	2550	225	750	75	525	375	5040	9570
玉米	375	105	300	600	75	0	0	2400	9240

注: 小麦产出以 6375 kg/hm<sup>2</sup> 产量和 1.5 元/kg 市场价格计算, 玉米以 8250 kg/hm<sup>2</sup> 产量和 1.02 元/kg 价格计算。

表 2 麦/玉种植生产效益分析 (%)

Table 2 Benefit analysis of cultivation of winter wheat and corn

品种	农资品			水电		机械		总计
	种子	化肥	农药	灌溉	机播	机收	整地	
小麦	11.58	54.66	4.82	16.08	1.61	11.25	7.44	100
玉米	15.63	43.75	12.50	25.00	3.13	0	0	100

## 3 麦/玉种植模式问题分析

麦/玉种植模式下, 土壤耕作较 20 世纪 90 年代以

前在耕作强度和耕作次数上有大幅度减少。对百户农民耕作习惯调查显示: 玉米播种前不进行整地工作,

按机耕费用 375 元/hm<sup>2</sup> 计, 不但节省机耕开支也节约了劳动力投入; 全生育期也不进行中耕除草, 由播种前喷施除草剂代替中耕除草所增加的费用为 150 元/hm<sup>2</sup>, 而中耕除草与化学除草的劳动用工比例为 5:1。在劳动日报酬 8~10 元的情况下, 化学除草比人工除草不仅可节省成本 115.5~139.5 元/hm<sup>2</sup>, 其 98% 的除草效果也比人工除草提高了 9 个百分点<sup>[6]</sup>。并且由于劳动报酬作为绝对量, 一般情况下总是随着产出量的增大而增加, 所以, 当前麦/玉种植的耕作模式会较以前产生越来越显著的经济效益。而对于冬小麦来说, 虽然播种采用了少耕(旋耕两遍播种), 节省了劳力和机械, 但是由于长时间少耕(据百户农民调查, 大多农户的这种耕作方式超过了 5 年), 小麦病虫害较以前增多, 农药化肥投入加大, 而且从图 1 也可以看出, 小麦产量在采用这种耕作模式的 3~5 年后产量明显下降, 尽管 1999 年后有所提高但是一直未达到 6000 kg/hm<sup>2</sup>, 这可能就是由于长期少/免耕带来的不良后果。

对百户农民的调查显示, 32% 的农民认为目前旋耕播种小麦出苗不好, 47% 的认为病虫害杂草严重; 其中 88% 的农民不知道轮耕, 但是 54% 的农民认为少/免耕 3~5 年后应该进行一次翻耕。

现行的土壤耕法(玉米播前免耕、小麦播前旋耕)与传统耕法产生不同的土壤效应, 进而对作物生长发育造成不同的影响。表 3 为多年采取同一耕作措施下土壤体积质量、土壤持水性能以及土壤热效应中关键指标的差异性。土壤体积质量对耕作措施的反应非常敏感, 耕层 5 cm 以下翻耕与旋耕、免耕相比表现最小的变化; 免耕总体上表现为较高的持水性能, 在干旱半干旱雨养农业区对作物生长发育有重要影响; 免耕土壤较高的导热率与热扩散系数使其易于受到大气温度变化的影响, 因此免耕土壤在冬、春季节具有“降温效应”和“增温效应”, 而冬季的“降温效应”对作物的出苗是不利的。长期免耕田冬小麦产量显著低于翻耕与旋耕田<sup>[7]</sup>, 在麦/玉种植模式主体下应适期进行轮耕措施。

表 3 不同土壤耕法下的土壤效应<sup>[7]</sup>

Table 3 Effect of tillage on soil properties

处理	土壤物理效应						土壤热效应		
	土壤体积质量(g/m <sup>3</sup> )			土壤持水性能			容积热容量 (J/(cm <sup>3</sup> ·°C))	导热率 (10 <sup>-3</sup> J/(cm·°C·s))	热扩散系数 (10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /s)
	0~5 cm	5~10 cm	10~20 cm	0~5 cm	5~10 cm	10~20 cm			
免耕垄背	1.47a	1.60A	1.61A	100	100	100	2.10a	1.41a	6.77a
免耕垄沟	1.39a	1.59A	1.60A	86.5	88.2	58.5	2.04a	1.19b	5.84b
旋耕	1.39a	1.54A	1.59A	89.8	90.0	63.9	1.88a	1.11b	5.87b
翻耕	1.39a	1.38B	1.41B	73.8	82.1	60.4	2.07a	1.16b	5.63b

注: 土壤持水性能以免耕垄背为参照, 设值 100, 其他耕作措施下的土壤持水性能均为与免耕垄背比较得出; 同列不同字母 A、B 和 a、b 分别代表 P<0.01 和 P<0.05 水平差异显著性。

#### 4 新型轮耕体系探讨

当前麦/玉种植模式下轮耕体系的建立不具有操作性。一方面传统的深耕机具随机械化程度增加日趋减少; 另一方面虽然刘世平等<sup>[8]</sup>在江苏研究出的以少/免耕为主体, 少免交替, 定期耕翻的轮耕新体制显现出持续稳定的土壤肥力、土地生产力以及协调统一的社会、生态、经济效益等诸多优点<sup>[9]</sup>, 但目前华北地区, 以效益为目标的农业生产已经取代以产量为目标的农业生产, 麦/玉农产品价格影响着农民进行农业生产劳动的积极性, 土壤耕作不仅需要经济的投入, 同时也占用从事其他劳动的时间。麦/玉两熟区轮耕体系的建立应以新型种植模式的建立为基础, 以轮作实现

轮耕。

现以马铃薯/玉米或马铃薯/棉花种植为例对该区轮耕体系的建立进行分析。马铃薯种植前的整地环节是能否高产的关键, 以深耕冻融达到土层深厚、土质疏松为目标<sup>[9-11]</sup>。目前南方出现马铃薯免耕栽培技术<sup>[12-13]</sup>, 但由于北方不具有大量稻草秸秆以及潮湿的环境, 所以免耕栽培技术在北方不具有可行性。

马铃薯、棉花套作按 4:2 方式种植, 即种植 4 行马铃薯后种植 2 行棉花。马铃薯于 3 月上旬播种, 棉花于 4 月下旬播种。对宁夏晋县北楼下村某农户 0.04 hm<sup>2</sup> 马铃薯、棉花套作调查: 3 月 8 日地膜覆盖种植马铃薯, 播前沟施硫酸钾 35 kg、二铵 25 kg、尿素 30 kg, 5 月中旬对马铃薯陆续收摘, 至 6 月上旬收摘完毕共

收获马铃薯 1100 kg, 收入 1200 元, 折产 27495 kg/hm<sup>2</sup>, 产值 30000 元/hm<sup>2</sup> (为实际收入折算)。马铃薯的早播地膜覆盖提高了地温为棉苗出土创造了条件, 棉花马铃薯的生态互补可以使棉花生长得到最佳环境, 促进棉花生长<sup>[14]</sup>。

不同的耕作和轮作体系中, 土壤肥力间有显著差异<sup>[15]</sup>, 这要求不同地区依据自身条件发展适宜的轮作模式。当前, 在不进行作物结构调整的麦/玉种植模式下, 轮耕很大程度上不会成为农民的自觉行为, 必需结合高效的经济作物, 且其种植或收获必然采取动土的过程, 从而在该区以轮作实现轮耕。

**致谢:** 在进行农户调查及马铃薯、棉花套作模式实地考察过程中得到了宁晋县源丰种业有限公司靳伟先生的大力帮助, 在此表示衷心感谢。

#### 参考文献:

- [1] 赵秉强, 李凤超, 薛坚, 李增嘉. 不同耕法对冬小麦根系生长发育的影响. 作物学报, 1997, 23 (5): 587-596
- [2] 贾树龙, 孟春香, 任图生, 杨云马. 耕作及残茬管理对作物产量及土壤性状的影响. 河北农业科学, 2004, 8 (4): 37-42
- [3] Lindwall CW, Andson DT. Effects of different seeding machines on spring wheat production under various conditions of stable residue and soil compaction in no-till rotation. Can. J. Soil. Sci., 1977, 57: 81-92
- [4] 孙海国, 任图生. 直立作物残茬和整株秸秆覆盖对麦田土壤湿度及温度的影响. 干旱地区农业研究, 1996, 14 (2): 1-4
- [5] 李德成, Velde B, Delerue JF, 张桃林. 常规耕作与短期免耕下葡萄园土壤孔隙结构差异的图像比较. 土壤, 2002, 34 (5): 275-278
- [6] 高柱平, 王树楼, 王笏, 丁玉川. 旱地玉米免耕整秸秆覆盖田化学除草试验. 山西农业科学, 1994, 22 (3): 34-36
- [7] 陈军胜. 华北平原免耕冬小麦田土壤水热特征及其对冬小麦生长发育影响研究 (博士学位论文). 北京: 中国农业大学, 2005
- [8] 刘世平, 陆建飞, 庄恒扬, 沈新平. 土壤轮耕—江苏农业可持续发展的重要技术措施. 土壤, 1998, 30 (1): 43-46
- [9] 张智策, 张玲. 马铃薯地膜栽培技术. 马铃薯杂志, 1994, 8 (2): 117
- [10] 冯世鑫, 何振兴. 马铃薯的高产栽培. 广西农业科学, 1994: 212
- [11] 李金荣. 马铃薯春节高产栽培技术. 吉林粮食高等专科学校学报, 2004, 19 (4): 15-17
- [12] 颜维根, 刘裕玲. 马铃薯免耕优质高产高效栽培技术. 上海农业科技, 2005, 1: 71
- [13] 龚静, 王翔, 黄安芬, 沈茜. 马铃薯免耕栽培与传统栽培对比试验. 贵州农业科学, 2005, 1: 76-77
- [14] 王福庭, 李兴林. 棉花马铃薯套作对棉花产量的影响. 河北农业科学, 1996, 4: 36-37
- [15] 孙波, 王兴祥, 张桃林. 丘陵红壤耕作利用过程中土壤肥力的演变和预测. 土壤学报, 2002, 39 (6): 836-843

## Farming and Rotation Tillage System in Wheat/Maize Rotation Area

HU Li-feng, LI Lin, CHEN Fu, GAO Rui-bo

(1 College of Agronomy and Bio-Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2 Agricultural Bureau of Ningjin County, Ningjin, Hebei 055550, China)

**Abstract:** Minimal/zero tillage-based cultivation system has been widely extended in areas under the wheat/corn double-cropping system since the early 1990s. Its advantages, being time and labor saving and environment-friendly, are obvious, whereas its disadvantages are also getting prominent with the years passing by. A survey was carried out on willingness of a hundred farmers to adopt the practice in Ningjin County. Results showed long-term minimal/zero tillage might lead to decrease in yield and economic benefit of wheat. It is more advisable to deep plow the fields after 3 ~ 5 years of minimal/zero tillage. Comparison between the wheat/corn rotation system and the potato/cotton one in economic benefit showed that crop rotation is a new approach to extension of the rotation tillage system in areas under the wheat/corn double-cropping system.

**Key words:** Minimal/zero tillage, Wheat/corn double cropping area, Rotation system, Rotation tillage system