

# 少免耕模式对冬小麦生长发育及产量性状的影响

董文旭<sup>1</sup>, 陈素英<sup>1</sup>, 胡春胜<sup>1</sup>, 尹春梅<sup>2</sup>

(1. 中国科学院遗传发育研究所石家庄农业资源中心, 河北 石家庄 050021;

2. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094)

**摘要:** 通过田间试验研究了华北平原山前平原区不同耕作方式下, 冬小麦的生长发育进程的变化及对产量的影响。根据冬小麦播种前的土壤耕作方式的不同, 设深耕处理、少耕处理和免耕处理 3 类、6 个处理。研究结果表明: 耕作方式明显影响小麦的出苗率, 传统翻耕处理出苗率比免耕高出 27.1%~46.2%。由于秸秆的覆盖, 免耕处理小麦返青期低温偏低, 导致生育期推迟 7~10 d, 后期作物生长受到明显影响, 是造成免耕处理减产的重要原因之一。另外, 由于免耕处理蒸发较小和小麦根系不发达,  $\text{NO}_3^-$ -N 淋失到土壤剖面的 100 cm 以下, 不仅使氮肥利用率低, 也是造成免耕减产原因之一。

**关键词:** 少耕; 免耕; 冬小麦; 产量; 秸秆还田

中图分类号: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)02-0141-04

## The Effect of Minimum Tillage and No tillage on Growth and Yield of Winter Wheat

DONG Wen xu<sup>1</sup>, CHEN Su ying<sup>1</sup>, HU Chun sheng<sup>1</sup>, YIN Chun mei<sup>2</sup>

(1. Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences,

Shijiazhuang 050021, China; 2. Institute of Agronomy and Biotechnology, China

Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** The growth and yield of winter wheat were studied on field experiments under different tillage models in North China Plain. Based on tillage models, 6 treatments were set including plough, rotate and zero tillage. The results showed that the tillage fashions greatly affected the ratio of leaf emergence in wheat. The ratio leaf emergence in plough was 27.1%–46.2% higher than that in zero tillage. Because of mulching the soil temperature under zero tillage in turning green stage was lower than that of other treatments, which led to delay 7–10 days of wheat growing season and affect grain filling. Owing to less water evaporation and undeveloped wheat roots under zero tillage, it was easy to leaching of nitrate nitrogen below the soil depth of 100 cm. As a result, both the ratio of nitrogen utilization and the wheat yield decreased.

**Key words:** Minimum tillage; No tillage; Winter wheat; Yield; Mulch

华北地区是中国重要的粮食生产基地, 冬小麦–夏玉米一年两熟制是本区主要种植方式。近年来, 随着水资源缺乏和节水技术的发展, 夏玉米免耕播种技术已经得到大面积的推广, 并进行了小麦免耕播种试验的尝试<sup>[1–5]</sup>。虽然少免耕播种减少了拖拉机的作业次数, 简化了作业环节, 提高土壤水分从而节约农业用水。但由于杂草为害严重, 以及机器本身的性能与当前的耕作栽培不适应, 小麦免耕需要进一步研究和改进<sup>[6–8]</sup>。针对这些问题, 我们进行整秸覆盖全免

耕种植模式及配套机组研究<sup>[9]</sup>。本研究比较了不同耕作方式下温度、水分变化及对冬小麦生长发育进程的影响。为改进少免耕作技术和管理措施提供依据。

### 1 材料和方法

试验于 2004–2005 年在中国科学院栾城农业生态系统试验站 (37°53'N, 114°41'E 海拔 50.1 m) 进行, 该站位于华北太行山前平原, 是高产农区的典型代表, 90% 的耕地实施冬小麦和夏玉米一年两熟制。供

收稿日期: 2006-11-20

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2006BAD15B07); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCXZ-YW-N-037)

作者简介: 董文旭 (1976-), 男, 河北易县人, 博士, 主要从事土壤营养及其环境效应研究。

试土壤类型为壤质褐土, 土壤有机质含量 10~ 14 mg/g, 全 N 0. 4~ 0. 8 mg/g, 速效 N, P, K 分别为 60, 15 和 90 mg/kg. 0~ 200 cm 根系层的平均容重为 1. 53 g/cm<sup>3</sup>, 凋萎湿度平均为 8. 7%, 田间持水量平均为 23. 2%, 饱和含水量为 28. 9%, 有效含水量为 450 mm, 基本相当于年有效降水量。

### 1.1 试验设计

本试验设在耕作长期定位试验场内进行(2001 年开始), 根据冬小麦播种时的土壤耕作方式, 试验设深耕播种、少耕播种和免耕播种, 每种耕作方式中按照有无秸秆还田和秸秆还田方式的不同分为, 深翻耕无秸秆还田(CK)、深翻耕秸秆还田(F)、秸秆还田旋耕(X)、秸秆直立免耕(M<sub>1</sub>)、秸秆粉碎免耕(M<sub>2</sub>)和秸秆整秸覆盖免耕播种(M<sub>3</sub>), 深耕和少耕播种后的冬小麦播种方式为平作的 4 密稀; 平均行距为 15 cm, 而 M<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub> 处理的小麦是播种在沟两旁, 形成了 12 cm+ 24 cm 的宽窄行垄作小麦, 平均行距为 18 cm; M<sub>3</sub> 整秸覆盖于 30 cm 行间, 3~ 4 行小麦的播种方式为常规的平作, 平均行距为 18 cm。

对照和 F 的播种量为 195 kg/hm<sup>2</sup>, X 为 210 kg/hm<sup>2</sup>, M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub> 和 M<sub>3</sub> 的播种量为 285 kg/hm<sup>2</sup>, 底肥和追肥量均相等, 底肥: 磷酸二胺 300 kg/hm<sup>2</sup>, 尿素 75 kg/hm<sup>2</sup>, 春季追施尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>, 灌溉量均为 157. 5 mm。

### 1.2 测定项目及测试方法

1. 2. 1 叶面积、株高、密度 用经验法测定, 用尺子量出叶子的长和宽, 叶面积用公式“叶面积= 长× 宽× 叶面积系数”计算。一般情况下, 冬小麦的叶面积系数为 0. 83。每隔 10 d 测定 10 株植株的叶面积和株高; 同时测定密度。用冠层分析仪测不同行距冠层覆

盖度一次。

1. 2. 2 生物量 在冬小麦的几个主要生育期内, 每 5 d 观测一次生物量, 每个处理取 20 株植株, 用烘干法测冬小麦茎、叶、穗的鲜质量和干质量。

1. 2. 3 测产和考种 每个处理分成 3 次重复, 每个重复中取 3 个样方, 面积为 3 m<sup>2</sup>, 分别脱粒。考种时取 40 个穗进行株高、穗粒数、穗粒重和千粒重的测定。

1. 2. 4 测根和土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 小麦收获后, 分别分层取土样和根样, 每 10 cm 一层, 取样深度为 200 cm。根样冲洗后烘干称重。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 则用 1 mol/L KCl 浸提, 用 A-I 流动注射分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同耕作方式对冬小麦生育进程的影响

土壤水分和温度是影响作物生长和长势的关键性因素。从表 1 看出, 在小麦返青期各处理发育进程差异最为明显, 与对照和 F 处理比较, X 处理推迟 4 d, 而免耕处理推迟了 7~ 10 d。随着时间推移, 生育进程差异逐渐缩小, 到扬花期旋耕推迟 2 d, 免耕处理则推迟了 2~ 4 d。小麦生育期差异变化与各处理土壤温度存在着明显的对应规律(表 2)。在返青期, F 处理 5 cm 深土壤积温为 224℃, 比 X 处理高 19℃, 比 M<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub> 分别高 44 和 39℃。在起身期之后, 各处理土壤积温比较接近, 免耕处理略高于 F 处理, 而旋耕处理明显高于其他处理。这说明在开春时期, 秸秆覆盖免耕造成地温低, 回升慢, 不利于作物前期生长, 使冬小麦生育期推迟; 而后期由于秸秆保温作用增强, 加速作物成熟的进程, 致使保护性耕作处理生殖生长时间相对缩短。

表 1 不同耕作方式下冬小麦生育进程

Tab. 1 The growth course of wheat in different tillage

处理 Treatments	播种 Seed	出苗 Emergence	返青 Turning green	拔节 Jointing	抽穗 Tassel	扬花 Flowering
CK, F	04- 10- 12	04- 10- 21	05- 03- 15	05- 04- 10	05- 04- 30	05- 05- 07
X	04- 10- 12	04- 10- 22	05- 03- 19	05- 04- 12	05- 05- 02	05- 05- 09
M <sub>2</sub>	04- 10- 12	04- 10- 22	05- 03- 22	05- 04- 14	05- 05- 03	05- 05- 09
M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub>	04- 10- 12	04- 10- 23	05- 03- 25	05- 04- 16	05- 05- 05	05- 05- 11

表 2 不同耕作对小麦土壤积温的影响

Tab. 2 The effect on the accumulate temperature of different tillage

生育期 Growth duration	天数/d Days	处理 Treatments			
		F	X	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
冬前 Before winter	38	24	33	36	36
越冬 During winter	59	- 84	- 72	- 73	- 68
返青 Turning green	31	224	205	180	185
起身 Jointing	30	415	456	422	427
乳熟 Maturity	31	549	581	564	557

### 2.2 不同耕作方式下冬小麦各生育期叶面积指数及干物质差异

图 1 为不同耕作方式的冬小麦各生育期叶面积指数。叶面积指数即总叶面积与地表面积之比。从图 1 可以看出, 所有处理变化趋势基本一致, 冬小麦叶面积从返青期开始迅速增加, 在抽穗期达到顶峰, F 处理叶面积指数最大为 5. 7, M<sub>1</sub> 仅为 2. 9, 其他处理介于两者之间。到灌浆期之后叶面积指数逐渐下降。

这是由于免耕和秸秆覆盖, 土壤温度回升慢, 在返青-拔节、拔节-孕穗、孕穗-抽穗期相差较大, 开花、灌浆时差异明显减小, 生育后期免耕小麦长势渐好, 尤其是秸秆粉碎还田免耕。

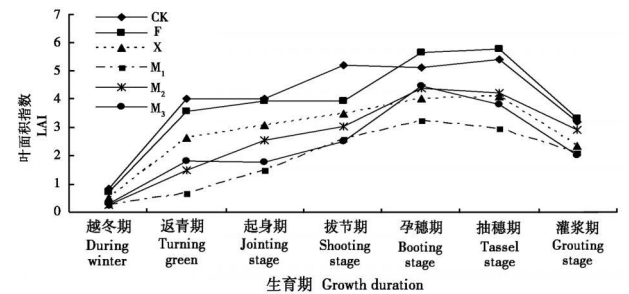


图 1 不同耕作方式下冬小麦各生育期叶面积指数  
Fig. 1 The leaf area index of wheat in different growth seasons

茎叶干质量表明了小麦干物质积累量的多少, 从另一面反映了作物的长势。从图 2 看出, 从返青期开始小麦茎叶干质量迅速增加, 免耕处理与其他处理的差距也开始增大, 到孕穗期差距达到最大。孕穗期以后, CK, F 和 X 处理茎叶干重开始下降, 各免耕处理即使在灌浆期也一直在增加, 所有处理之间差距逐渐减小。这说明由于免耕造成的春季低温等原因, 不仅使小麦地上干物质前期积累的减少, 也使小麦生育期推

迟, 营养生长期过长, 而相对生殖生长期缩短<sup>[8,9]</sup>。

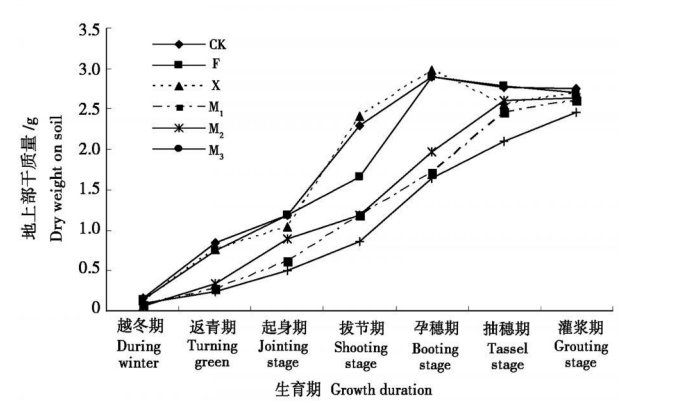


图 2 不同耕作条件下冬小麦地上部干质量的比较  
Fig. 2 The dry weight of wheat on soil in different growth seasons

2.3 冬小麦根系与土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 剖面分布

收获后, 测定小麦根系以及 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 在土壤剖面中的分布。从图 3 可以看出, 免耕处理小麦根系主要分布在土壤表层, 在 20 cm 以上 M<sub>3</sub> 处理根干质量最大, 而在 20 cm 以下, F 处理和 X 处理根系分布明显高于免耕处理。由于耕作打破犁底层改善了土壤的理化性状和根系的生长环境, 从而促进了根系尤其是深层土壤 (20 cm 以下) 根系的生长发育<sup>[10]</sup>。

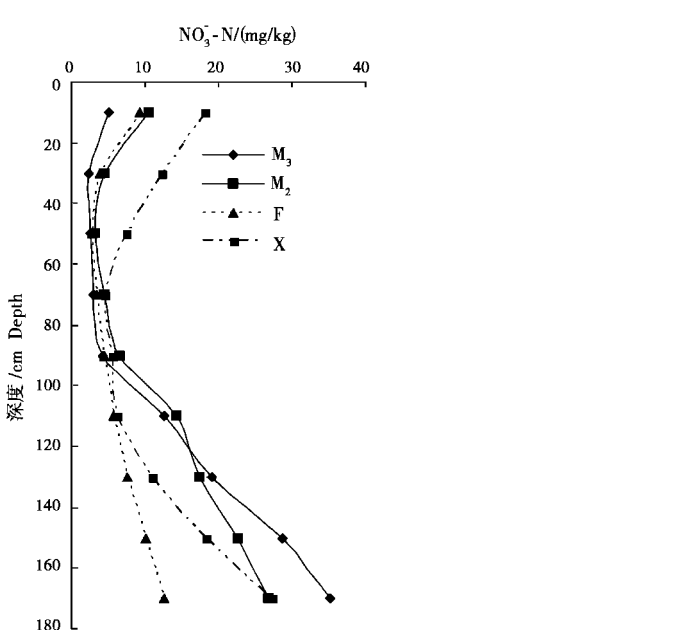
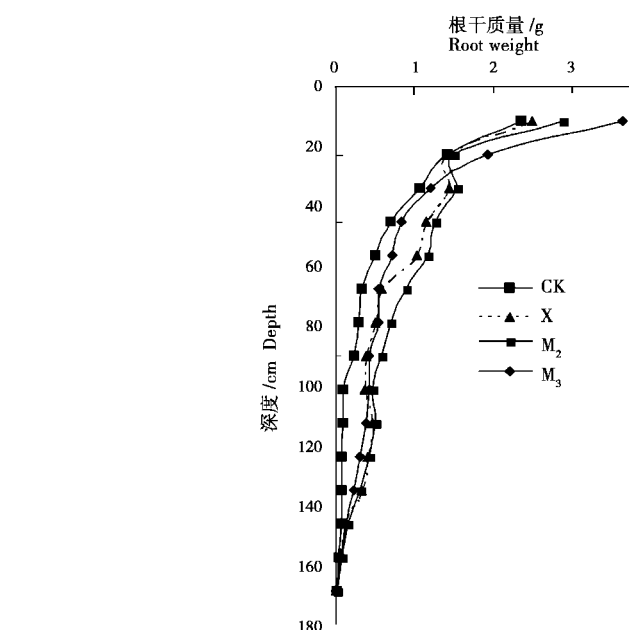


图 3 冬小麦根系与土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 剖面分布  
Fig. 3 The distributing of wheat root and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N in soil profile

土壤剖面中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 分布与水分下渗有关<sup>[11]</sup>。从图 3 可以看出, 0~20 cm 表层 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量较高, 40~90 cm 土层中含量最低, 100 cm 以下出现明显的累积现象。不同耕作处理相比较, 翻耕处理剖面 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量最低, 变化幅度也最小, 而全免耕处理 M<sub>3</sub> 则与之相反。主要有两方面原因。一是, 翻耕处理作物长势较好, 根系发达, 能够更多的利用深层土

壤中水分和养分, 二是翻耕处理土面蒸发剧烈, 表层土壤水分消耗较多, 使得土壤深层水分向上移动, 从而带动 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 向耕层移动, 更多的被作物利用。

2.4 耕作方式对冬小麦群体和产量构成的影响

由于不同耕作方式的土壤保墒状况、播种质量和小麦前期土壤温度状况不同, 造成小麦群体和产量结构的明显差异<sup>[12]</sup>。从表 3 可以看出, 不同耕作

方式下冬小麦产量差异显著。翻耕秸秆粉碎覆盖产量最大,其他减产 97%~57%。由于耕作方式不同,小麦播种种床质量和土壤墒情差异,造成出苗不同。翻耕、旋耕和免耕的出苗率为 92.3%~80.5%。各处理之间差异比较明显。虽然本试验为改善出苗状况提高了旋耕和免耕处理的播种量,在成熟期 M<sub>2</sub>

和 M<sub>3</sub> 与翻耕处理收获密度仍然存在显著差异。从千粒重来看,X 处理最大,免耕处理最小,翻耕、旋耕和免耕处理差异显著。穗粒数则与此规律相反,各处理之间差异较小。由此可以看出,收获密度和千粒重的显著降低是造成免耕处理减产的重要原因。

表 3 耕作方式对冬小麦群体和产量构成的影响

Tab 3 The effect on wheat colony and yield of different tillage						
处理 Treatments	出苗率/% Ratio of burgeon	收获密度 Density of stems	千粒重/g Weight of 1000 grains	穗粒数/粒 Number of grains	收获指数 Index of harvest	产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield
CK	92.3	418ab	41.1 b	36.8a	0.53a	6 446a
F	80.5	442a	41.1 b	36.9a	0.51b	6 621a
X	72.4	410ab	42.5 a	30.6b	0.45d	5 251b
M <sub>1</sub>	46.1	300c	36.1 c	35.2a	0.45d	3 791c
M <sub>2</sub>	57.4	394b	36.4 c	35.2a	0.48c	5 043b
M <sub>3</sub>	65.2	408ab	35.5 c	36.5a	0.49c	5 072b

3 结论与讨论

从不同耕作措施的效果比较,深耕播种是传统的耕作方式,在保证小麦高产方面仍然存在一定的优势,但是耕翻后整地费工,不能与农业机械化的发展相适应,应逐渐被旋耕播种代替。

旋耕秸秆还田播种则具有很好的优势。由于旋耕时将切碎的玉米秸秆与表土 15 cm 土壤均匀混合,与传统的深耕播种相比,由于秸秆和表土的覆盖层切断了土壤中毛细管水的上升,因而小麦播种后可防止土壤水分散失,节约农业用水<sup>[12]</sup>;春季对地温影响较小;旋耕播种可以节省整地用工,并且可以缩短农事,延长小麦生长期,基本可以维持较高的产量;但由于少耕连续 2 年以上后,可能会对小麦造成减产,所以第 3 年仍要深耕,要实施深浅轮耕的耕作方法。

全免耕和粉碎免耕耕作方法,棵间蒸发小,土壤储水比翻耕高,有利于农田节水<sup>[13]</sup>。但问题在于:免耕机具还不完善,宽行太宽,碎秆+灭茬旋耕下土地不平整,覆盖不均匀,碎秆掺杂土壤中,或覆盖物过多,导致种子播种深度不一致,分布不均,影响出苗。残茬秸秆覆盖导致开春时段土壤温度降低,对冬小麦春季生长不利,延迟生育期。并且,免耕方式下小麦根系不发达,主要集中在土壤表层,不利于利用深层土壤养分,不仅导致作物肥料利用率低,也增加了 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 对地下水污染的危险。总之,提高小麦对土壤水分、养分和温度生态资源综合利用效率,是未来免耕生物研究的重要方向。

参考文献:

[1] 罗永藩. 我国少耕与免耕技术推广情况与发展前景[J]. 耕作与栽培, 1991, 11(2): 1- 7.

[2] 朱文珊,高 弓. 北方一年两熟地区秸秆覆盖免耕技术原理及应用效果研究[M]//中国少耕免耕与覆盖技术研究. 北京: 科学技术出版社, 1991: 11- 20.

[3] 周兴祥,高焕文,刘晓峰,等. 华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报, 2001( 6): 81- 84.

[4] 刘文成. 玉米免耕法栽培技术研究[J]. 河南农业科学, 1999(5): 9- 10.

[5] 孙文建,邓旭先,刘素爱,等. 免耕对小麦产量的影响[J]. 河南农业科学, 2006(7): 37- 39.

[6] 臧秀旺,周 阳,王汉芳,等. 河南省沿黄稻茬小麦高产潜力探讨 I 不同耕播方式稻茬小麦的生态环境及生育生理特性[J]. 华北农学报, 1998, 13(3): 30- 35.

[7] 李香菊,王贵启,李秉华,等. 麦秸覆盖与除草剂相结合对免耕玉米田杂草的控制效果研究[J]. 华北农学报, 2003, 18 (院庆专辑): 99- 21.

[8] 王耀发,王兴文. 北方旱地免耕直播技术及其配套技术的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(4): 119- 125.

[9] 赵子俊,林忠敏,牛荣山,等. 旱地玉米免耕秸秆覆盖条件下病虫害发生特点及防治技术研究[J]. 山西农业科学, 1994, 22(3): 37- 40

[10] Anne Legere, Residual effect of crop rotation and weed management on a wheat test crop and weed[J]. Weed Science, 2002, 50, (2), 496- 501.

[11] 胡春胜,陈素英,赵四申,等. 玉米整秸覆盖地小麦免耕播种技术初步研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21 (3): 118- 120.

[12] Paul W Unger. Straw Mulch Effects on Soil Temperatures and Sorghum Germination and Growth[J]. Aero J, 1978, 70: 858- 864.

[13] Van Wijk W R. Soil Temperature and the Early Growth of Corn from Mulched and Unmulched Soil[J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1959, 23: 428- 434.

[14] 赵秉强,李凤超. 不同耕法对冬小麦根系生长发育的影响[J]. 作物学报, 1997( 5): 587- 596.

[15] 袁新民,王周琼. 硝态氮的淋洗及其影响因素[J]. 干旱区研究, 2000, 17( 4): 46- 52.

[16] 蔺海明,陈 垣,李有忠. 半干旱地区少免耕对土壤水分动态的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 1996, 1: 32- 35.

[17] 周凌云,周刘宗. 麦田秸秆覆盖节水效应研究[J]. 生态农业研究, 1996, 4(3): 49- 52.