

# 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

臧秀旺 周 阳 王汉芳 金先春

(河南省农业科学院小麦研究所, 郑州 450002)

**摘 要** 1993~ 1996年, 对河南省黄河沿岸稻茬小麦生产上现有的稻田撒播、免耕犁耩播、旋耕条播和翻耕条播 4种耕播方式小麦的生态环境、生育生理特性和生长发育规律进行了系统研究, 分析了各耕播方式小麦高产的限制因素及高产潜力。

**关键词** 稻茬小麦 高产潜力 耕播方式

河南省中部沿黄河两岸的郑州、新乡、开封、濮阳等地的稻麦两熟区是在 1958年引黄灌溉、改种水稻和改良土壤的基础上逐步发展起来的一个独特生态类型区。生产上现有稻田撒播、免耕犁耩播、旋耕条播和翻耕条播(以下简称撒播、犁耩、旋耕和翻耕) 4种主要的小麦耕播方式, 不同年份、不同地域 4种耕播方式的小麦产量存在差异, 孰优孰劣难以定论。因此, 系统研究各耕播方式小麦的生态环境、生育生理特性和生长发育规律, 分析各耕播方式小麦高产的限制因素及高产潜力, 对建立一套适于该区的小麦高产栽培技术体系, 提高黄河沿岸的农业生产能力具有重要意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验种植情况

1993~ 1996年种植在郑州市柳林镇, 土壤为中壤, 肥力中上等, 地力均匀一致。稻田撒播、免耕犁耩播、旋耕(耕深 15cm) 条播和翻耕(耕深 20cm) 条播 4种耕播方式集中种植, 每耕播面积  $333\text{m}^2$ , 不设重复。供试品种为该区主栽品种豫麦 18号。撒播小麦 10月 5日播种, 犁耩 10月 15日播种, 旋耕 10月 22日播种, 翻耕 10月 29日播种, 播量  $22.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 。底施有机肥  $60\text{t}/\text{hm}^2$ , 磷酸二铵  $300\text{kg}/\text{hm}^2$ , 尿素  $150\text{kg}/\text{hm}^2$  (撒播和犁耩为分蘖期盖施)。春季追尿素  $150\text{kg}/\text{hm}^2$ , 4月下旬喷药防治病虫害。

### 1.2 测定方法

根量地层空间分布: 小麦挑旗期对 4种耕播方式的小麦进行田间挖根, 面积  $0.4\text{m}^2$ , 往下

每 10cm 一层,共挖 3层,每层放在尼龙网内冲洗,拣去非根物,分别烘干称重,计算各层占总根量的百分数。

茎秆物质输出量与输出率: 抽穗期和成熟期分别取 20个单茎,烘干后称重(不包括籽粒), 3次重复。茎秆输出量= 茎秆抽穗期干重 – 茎秆成熟期干重; 茎秆输出率= 茎秆输出量 /茎秆抽穗期干重× 100%。

叶绿素含量: 用日本 M inolta公司制造的 SPAD-502型叶绿素仪测定的 SPAD 值代表。  
籽粒均匀度: 对收获的小麦种子随机取 500粒,将籽粒分成大小两类,单粒重 > 0.02g 的为 大粒,单粒重 ≤ 0.02g 的为小粒, 3次重复。大粒占总粒数的百分比即为均匀度。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量及产量结构

1993~ 1996年(3年)的试验结果表明, 4种耕播方式的小麦产量以旋耕条播最高, 3年平均为 6.39t/hm<sup>2</sup>, 其次是翻耕条播, 为 6.12t/hm<sup>2</sup>, 撒播产量最低, 为 5.48t/hm<sup>2</sup>(表 1)。从表 1 还可以看出, 撒播小麦成穗数最多, 每公顷近 750万穗, 但穗粒数和千粒重最低, 产量结构极不合理, 不利于获得高产; 犁耧小麦的成穗数和穗粒数虽较多, 但千粒重较低, 产量也不高; 旋耕小麦穗粒数最多, 千粒重也高, 产量三要素比较协调, 因而产量最高; 翻耕小麦千粒重虽然最高, 但成穗数和穗粒数略显不足, 产量仅次于旋耕条播。

表 1 不同耕播方式小麦产量及产量结构 (1993~ 1996年, 郑州)

耕播方式	年 度	成穗数(万 /hm <sup>2</sup> )	穗粒数(粒)	千粒重(g)	产量(t/hm <sup>2</sup> )
撒 播	1993~ 1994	726	25.2	35.8	5.40
	1994~ 1995	764	24.6	33.2	5.46
	1995~ 1996	756	25.1	34.6	5.58
	平 均	749	25.0	34.5	5.48
犁 耧	1993~ 1994	650	29.7	36.2	5.60
	1994~ 1995	642	30.0	34.5	5.51
	平 均	646	29.9	35.3	5.56
旋 耕	1993~ 1994	683	30.3	38.2	6.38
	1994~ 1995	633	30.9	37.3	6.20
	1995~ 1996	657	30.8	38.4	6.60
	平 均	658	30.7	38.0	6.39
翻 耕	1993~ 1994	623	26.7	38.4	6.11
	1994~ 1995	605	27.6	39.8	5.99
	1995~ 1996	638	28.6	38.2	6.27
	平 均	622	27.6	38.8	6.12

### 2.2 生态环境分析

对不同耕播方式的麦田进行土壤容重、孔隙度测定, 结果表明, 撒播和免耕犁耧播种的小麦收获后土壤容重比播种前变大, 孔隙度变小, 且下层(10~ 20cm)比上层(0~ 10cm)土壤变化

更大; 旋耕和翻耕播种的麦田收获后土壤容重比耕前变小, 孔隙度变大(表 2) 这说明机械耕翻能改善土壤物理性状, 为根系生长发育提供适宜的环境, 有利于根系下扎和对土壤中营养元素的吸收 另外, 耕播方式还可影响土壤地温 冬前对不同耕播方式土壤地温日变化进行测定, 结果表明, 白天旋耕和翻耕麦田土壤温度上升快, 尤其是地表温度, 最高可达 11. 7℃, 而撒播和犁耱麦田土壤温度上升慢, 地表最高温度仅为 9℃左右(表 3) 从表 3还可以看出, 机械化耕翻后土壤昼夜温差大, 白天地表和浅层土壤(0~ 10cm)吸收太阳热量多, 地温上升快, 有利于稻茬小麦生长发育; 夜晚地温下降也快, 地温低, 可减少光合物质的消耗。

表 2 耕播方式对土壤物理性状的影响 (1993~ 1994年, 郑州)

土壤深度 (cm)	测定性状	耕 前 测 定 (10月 10日)	收 获 后 测 定 (1994年 6月 2日)			
			撒 播	犁 耱	旋 耕	翻 耕
0~ 10	容重 (g /m <sup>3</sup> )	1. 24	1. 27	1. 28	1. 17	1. 18
	孔隙度 (%)	53. 08	52. 08	51. 70	55. 85	55. 47
	含水量 (%)	32. 90	16. 67	16. 86	18. 62	16. 77
0~ 20	容重 (g /m <sup>3</sup> )	1. 31	1. 45	1. 44	1. 34	1. 35
	孔隙度 (%)	50. 69	45. 28	45. 66	49. 43	49. 06
	含水量 (%)	30. 20	20. 41	20. 42	19. 36	21. 36

表 3 不同耕播方式地温(℃)日变化 (1993年 12月, 郑州)

土层深度	耕播方式	7: 00	9: 00	11: 00	13: 00	15: 00	17: 00	最低	最高
0cm	撒播	- 2. 3	- 2. 0	3. 2	8. 4	8. 7	3. 0	- 3. 1	9. 3
	犁耱	- 1. 5	0. 2	4. 3	8. 2	8. 5	3. 8	- 2. 5	9. 0
	旋耕	- 3. 2	0. 0	6. 0	10. 2	11. 1	4. 5	- 4. 3	11. 7
	翻耕	- 2. 9	- 0. 6	5. 4	9. 7	10. 7	4. 8	- 3. 5	11. 7
5cm	撒播	1. 8	1. 8	1. 8	2. 6	4. 1	4. 6		
	犁耱	1. 0	1. 0	1. 0	2. 8	4. 9	4. 9		
	旋耕	2. 2	2. 2	2. 2	3. 1	5. 0	5. 0		
	翻耕	1. 3	1. 3	1. 4	4. 3	6. 3	6. 5		
10cm	撒播	3. 0	3. 2	3. 2	3. 5	4. 3	4. 7		
	犁耱	2. 0	2. 1	2. 2	2. 5	3. 8	4. 3		
	旋耕	2. 5	2. 7	2. 7	3. 3	4. 6	5. 0		
	翻耕	3. 0	3. 3	3. 2	3. 7	4. 9	5. 5		
20cm	撒播	5. 0	5. 2	5. 2	5. 2	5. 1	5. 2		
	犁耱	3. 6	3. 8	3. 8	3. 7	4. 2	4. 7		
	旋耕	5. 0	5. 2	5. 2	5. 0	5. 1	5. 3		
	翻耕	5. 0	5. 2	5. 2	5. 1	5. 4	5. 8		

2 3 生育生理特性分析

2 3 1 根系地层空间分布 郝晓玲、苗果园、张云亭等人研究认为, 深层根数量虽少但对产量形成具有十分重要的作用 对 4种耕播方式小麦不同土层中根量分布进行测定, 结果表明, 撒播和犁耱免耕播种的小麦深层根所占比例小, 而旋耕和翻耕小麦深层根所占比例大(表 4) 从表 4可以看出, 撒播和犁耱小麦 0~ 20cm 土层内的根量约占 9%, 而 20~ 30cm 土层内根量仅

为 5% 左右; 翻耕小麦 0~ 10cm 土层内根量不足 50%, 20~ 30cm 土层内根量却高达 21. 9%。旋耕和翻耕小麦深层根所占比例大, 有利于根系对土壤养分和水分的吸收, 对延长后期功能叶寿命和促进籽粒灌浆具有决定性作用。

表 4 不同耕播方式小麦根系地层空间分布  
(1995~ 1996年, 郑州)

耕播 方式	不同土壤深度的根量分布比率 (%)		
	0~ 10 cm	10~ 20 cm	20~ 30 cm
撒播	75. 8	20. 0	4. 2
犁耩	73. 9	19. 9	6. 2
旋耕	61. 9	20. 9	17. 5
翻耕	47. 9	30. 2	21. 9

表 5 不同耕播方式小麦茎秆物质积累转化情况  
(1993~ 1994年, 郑州)

耕播 方式	茎秆干物质积累量 (g /茎)		输出量 (g /茎)	输出率 (%)
	抽穗期	成熟期		
撒播	1. 32	0. 96	0. 36	27. 3
犁耩	1. 45	1. 05	0. 40	27. 6
旋耕	1. 60	1. 15	0. 45	28. 1
翻耕	1. 46	1. 02	0. 44	30. 1

2.3.2 物质积累转化特点 在小麦抽穗期, 茎秆干物质积累达到高峰, 以后逐渐向籽粒中转化运输。不同耕播方式小麦的茎秆干物质积累以旋耕最多, 每茎干重 1. 6g, 撒播最低, 仅 1. 32g。到成熟期, 旋耕和翻耕小麦的茎秆输出量高, 犁耩次之, 撒播最低; 从输出率看, 翻耕最大, 旋耕次之, 撒播最小 (表 5)。这说明耕翻有利于提高前期茎秆物质积累和后期营养物质向籽粒运输转化, 能促进灌浆, 提高千粒重。

2.3.3 光合强度变化特点 许多学者研究提出, 叶绿素含量的缓降期和高光能持续期呈显著正相关。叶绿素含量的变化可以反映光合强度的变化。灌浆期对 4种耕播方式的小麦旗叶叶绿素含量进行测定, 结果表明, 撒播和犁耩小麦的旗叶叶绿素含量 (SPAD 值) 下降快, 缓降期短; 旋耕和翻耕小麦的旗叶叶绿素含量下降缓慢, 绿叶功能期长, 后期高光能持续时间长 (表 6)。这是旋耕和翻耕小麦在穗粒数增加的情况下, 仍具有较高千粒重的一个重要原因。

表 6 不同耕播方式小麦旗叶叶绿素含量的变化 (1995~ 1996年, 郑州)

耕播 方式	测 定 日 期(月 /日 )						
	5/2	5/7	5/12	5/17	5/22	5/27	6/1
撒播	51.3	51.1	45.5	42.9	40.7	32.0	10.7
犁耩	52.1	51.5	46.0	43.9	43.0	35.3	17.3
旋耕	51.3	50.4	46.0	45.8	42.2	40.3	19.1
翻耕	54.3	51.4	47.6	45.5	45.0	44.2	33.5

2.3.4 籽粒均匀度差异 4种耕播方式小麦的千粒重存在显著差异。为了分析造成千粒重差异的原因, 1994~ 1995年, 对 4种耕播方式的小麦籽粒进行了均匀度调查。结果表明, 撒播小麦籽粒均匀度最差, 仅为 76%; 其次是犁耩小麦, 为 81%; 旋耕为 89%; 翻耕小麦籽粒均匀度最好, 达 92. 4% (表 7)。这说明机械耕翻能促进后期籽粒发育, 降低小粒比, 提高千粒重。

表 7 不同耕播方式小麦的籽粒均匀度  
(1994~ 1995年, 郑州)

耕播方式	总粒数	大粒数	小粒数	均匀度 (%)
撒播	1500	1140	360	76
犁耩	1500	1215	285	81
旋耕	1500	1335	165	89
翻耕	1500	1386	114	92. 4

2 4 群、个体生长发育规律分析

耕播方式不同,群体生长发育特性存在差异。撒播小麦的群体在各生育阶段均显著比其它方式的大,冬前已达其成穗数的 1.82倍,群体高峰持续时间长,两极分化慢,不利于提高成穗质量;犁耩小麦分蘖高峰持续时间短,两极分化快,成穗质量高;旋耕和翻耕小麦冬前基本无分蘖,返青后春生蘖迅速增加,群体逐渐赶上并超过犁耩小麦(表 8)。

表 8 不同耕播方式小麦群体消长动态 (1993~1994年,郑州) (单位: 蘖  $m^{-2}$ )

耕播 方式	基本苗	调 查 时 期 (月/日)					
		冬前	越冬	拔节初	拔节后	孕穗	抽穗
		(12/20)	(1/20)	(3/10)	(3/22)	(4/4)	(4/22)
撒播	408	1320	1540	2550	2050	1285	726
犁耩	418	726	951	1714	1234	963	649
旋耕	424	481	901	1852	1666	1116	682
翻耕	349	349	532	1510	1549	1227	622

不同耕播方式小麦的个体发育特性也有差异。在冬前,撒播和犁耩小麦的叶龄、分蘖、次生根均优于旋耕和翻耕;返青后,旋耕和翻耕小麦生育进程加快,各项生育指标迅速赶上(表 9)。这说明机械翻耕能促进小麦群、个体生长发育,有利于后期产量的提高。

表 9 不同耕播方式小麦单株发育状况 (1993~1994年,郑州)

耕播 方式	冬前(12月 20日)			返青(2月 20日)			拔节(3月 22日)			孕穗(4月 4日)		
	叶龄	分蘖	次生根	叶龄	分蘖	次生根	叶龄	分蘖	次生根	叶龄	分蘖	次生根
撒播	6.0	3.3	5.9	7.6	4.1	9.6	9.6	5.0	16.9	10.6	3.3	22.1
犁耩	4.1	1.7	2.2	5.7	3.8	4.3	8.0	3.4	10.0	9.4	2.6	11.1
旋耕	3.3	1.1	0.9	5.7	4.4	5.9	8.2	4.5	10.2	9.3	2.4	12.0
翻耕	2.2	1.0	0	4.8	3.3	3.9	6.9	3.3	7.3	8.6	3.3	11.5

2 5 高产限制因素及高产潜力分析

撒播小麦播种早,冬前积温多,群个体发育快,数量上明显优于其它耕播方式。但由于其不能深施底肥,土壤物理性状差,分蘖节和根系浅,苗弱且整齐度差,越冬期和春季主茎及大分蘖易受冻害。前期群体虽大,成穗质量却差,后期又易脱肥,最终造成麦穗大小不齐,小穗偏多,表现为成穗数多,穗粒数少,千粒重低,产量三要素极不协调,不利于高产。犁耩小麦能实现适期播种,苗期长势较好,分蘖高峰出现早,下降快,成穗质量较好,穗子较整齐,穗粒数较多,但底肥仍不能深施,千粒重低,产量也上不去。旋耕能实现底肥深翻入土,改善土壤物理性状,利于根系发育,播种虽然稍晚,但基本能实现带分蘖越冬,春季生长发育快,最高分蘖与成穗比例适宜,后期产量三因素协调,利于获得高产。翻耕耕层深,有利于小麦根系深扎吸收营养物质和水分,后期生长发育具明显优势,千粒重高。但由于播种晚,前期群、个体发育较其它方式落后,穗粒数较少,限制了其高产潜力的充分发挥。

3 讨论

经过 3 年的系统研究,从生态环境、生育生理特性及生长发育规律三方面,分析了沿黄稻

茬小麦不同耕播方式的高产限制因素及高产潜力, 从理论上确定了机械耕播小麦高产的地位。但是, 沿黄稻茬小麦的播种受到水稻收获早晚、土壤质地、排水条件及不良天气等因素的制约, 单一的耕播方式显然不能满足生产实际需要。因此, 今后应针对各耕播方式的特点进行栽培技术改进, 建立一套适用于沿黄稻麦区的小麦高产栽培技术体系。

### 参 考 文 献

- 1 河南省农业科学院主编. 河南小麦栽培学. 郑州: 河南科学技术出版社, 1988
- 2 彭永欣, 郭文善, 严六零, 等. 小麦栽培与生理. 南京: 东南大学出版社, 1992
- 3 卢良恕主编. 中国小麦栽培研究新进展. 北京: 农业出版社, 1993
- 4 李大祥. 不同土壤容重与不同耕作方式对小麦生长的影响. 江苏农业科学, 1987(6): 27~ 29

## The Exploration of Yield Potential of Wheat along the Yellow River Rice-Wheat Growing Area in Henan Province I Studies on Ecological Conditions and the Reproduction and Physiology of Wheat in Different Farming Methods

Zang Xiuwang Zhou Yang Wang Hanfang Jin Xianchun

(Wheat Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002)

**Abstract** The paper studies on ecological conditions and the reproduction and physiology of wheat in four farming methods of broadcast sowing, non-tillage drilling, rotary tillage drilling and plough tillage drilling along the Yellow River rice-wheat growing area in the middle of Henan province from 1993 to 1996. The limiting factors and potential of yield in different farming methods are also analysed.

**Key words** Wheat in rice stubble; Yield potential; Farming methods