

# 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响

付国占<sup>1,2</sup>, 李潮海<sup>3</sup>, 王俊忠<sup>4</sup>, 王振林<sup>2</sup>, 曹鸿鸣<sup>2</sup>, 焦念元<sup>1</sup>, 陈明灿<sup>1</sup>

(1 河南科技大学农学院, 洛阳 471003; 2 山东农业大学农学院, 泰安 271018;

3 河南农业大学农学院, 郑州 450002; 4 河南省农业技术推广总站, 郑州 450002)

**摘要:** 采用田间和小面积模拟降水试验的方法, 对小麦机械收获后残茬覆盖与不覆盖两种条件下免耕、翻耕和间隔深松 3 种土壤耕作方式夏玉米田的土壤物理性状和水分利用效率进行了研究。结果表明, 残茬覆盖与深松相结合, 可平衡和改善耕层土壤温度状况, 在土壤温度较低时具有保温作用, 在土壤温度较高时具有降温作用; 可以增加土壤的蓄水和保水能力, 模拟降水后 24 h 测定 1 m 土层含水量比免耕不盖多 26.1 mm, 全生育期平均耕层土壤含水量比免耕不覆盖高 9.37%; 土壤通透性也得到改善; 最终水分利用效率比免耕不盖提高 25.26%。

**关键词:** 残茬覆盖; 耕作方式; 土壤物理性状; 夏玉米; 水分利用效率

中图分类号: S513.06

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)01-0052-05

## 0 引言

华北小麦、玉米一年两熟农作区, 玉米多采用麦垄套种、铁茬播种等耕种方式。近年来随着小麦机械化收割的普及推广, 机械收获后小麦的残茬处理问题引起人们的重视。很多地方进行了就地焚烧, 既浪费资源又破坏土壤, 且造成环境污染。该区年降水量多数在 600 mm 左右, 有限的降水因时间分布集中径流损失严重, 加之田间大量的无效蒸发, 水资源利用效率低下, 水资源不足是影响该区农业可持续发展的突出问题。秸秆覆盖可以蓄水保墒, 改良土壤和提高水分利用效率, 是农艺节水的有效措施之一, 国内外已有大量研究和应用<sup>[1-10]</sup>。已有的研究多是在干旱、半干旱地区一年一熟条件下进行的, 在华北半干旱半湿润小麦、玉米一年两熟农作区如能将小麦机械收获后的残茬就地覆盖, 既可有效利用残茬资源, 减少污染, 又可成为解决华北地区农业生产中水资源不足问题的有效途径。而其相应的生态效应及其与之相适应的配套土壤耕作技术还缺乏深入研究, 成为该项技术实施和完善的关键。因此, 就该条件下小麦机械收割后残茬覆盖田玉米的适宜耕种方式及其生态效应进行研究具有重要意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料与设计

试验在河南科技大学宜阳县基地进行。试验地潮土, 地势平坦, 排灌方便, 地力均匀一致, 质地中壤, 耕层土壤含有机质 17.8 g/kg, 碱解氮 80 mg/kg, 速效磷 16 mg/kg, 速效钾 160.2 mg/kg。前茬小麦 6 月 5 日收获, 产量 6000 kg/hm<sup>2</sup>。供试品种豫玉 28 号。设残茬处理方式和基本土壤耕作方式两因素。残茬处理方式设小麦机械收获后残茬覆盖和清除两种处理; 基本土壤耕作方式

设免耕、翻耕、间隔深松(间隔 40 cm, 简称深松)三种处理。裂区设计, 以残茬处理方式为主区, 基本土壤耕作方式为副区, 共六个处理组合(表 1)。副区 8 行, 宽窄行种植, 宽行 80 cm, 窄行 40 cm, 行长 8 m, 密度 52500 株/hm<sup>2</sup>, 重复 3 次。1999 年 6 月 10 日播种。玉米生育期间严重干旱, 全生育期降水仅 262 mm, 为保证全苗, 播种后进行了喷灌。定苗后穴施过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%) 900 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 60%) 255 kg/hm<sup>2</sup> 和尿素(含 N 46%) 135 kg/hm<sup>2</sup>, 抽雄前(12~13 展叶)结合灌水施尿素 255 kg/hm<sup>2</sup>, 9 月 20 日收获, 其它管理同周围大田。2000 年 6 月 11 日播种, 因调查不同处理对出苗的影响, 播后没有灌水, 免耕、翻耕处理出苗不齐, 只进行了模拟降水条件下不同处理开始径流的时间、模拟降水后 24 h 1 m 土层垂直含水量变化和贮水量测定。每小区分别用园艺用小型喷灌机固定于 3 m 高处, 从上向下垂直于地面进行模拟降雨, 到达地面的降水强度为 12 mm/min, 每小区模拟降水时间统一为径流开始最晚的处理地表有水流从模拟降水覆盖区域向外流出的时间。记载每小区从开始降雨到径流开始的持续时间并在 24 h 后测定其它土壤蓄水指标。

表 1 试验设计

Table 1 Experimental design

残茬处理	土壤耕作	处理方式
不盖	免耕	清除机械收获后残茬, 按种植规格要求穴播
	翻耕	清除机械收获后残茬, 用步犁畜力牵引逐犁翻耕并耙平后, 按种植规格要求穴播, 翻耕深度 25 cm
	间隔深松	清除机械收获后残茬, 步犁去掉犁面改造后, 畜力牵引间隔深松, 间距 40 cm, 深度 33 cm。然后按种植规格要求在深松行点种
覆盖	免耕	机械收获后残茬就地均匀覆盖, 按种植规格要求穴播
	翻耕	先清除残茬, 并集中在一起, 同不盖翻耕一样翻耕, 并按种植规格要求穴播, 然后用翻耕前集中的残茬均匀覆盖
	间隔深松	机械收获后残茬就地均匀覆盖, 其它同不盖深松处理

收稿日期: 2004-03-31 修订日期: 2004-11-26

作者简介: 付国占(1963-), 男, 河南禹州市人, 副教授, 博士研究生, 主要从事作物生态生理研究。河南洛阳 河南科技大学农学院, 471003。Email: gzfu@mail.haust.edu.cn

通讯作者: 李潮海, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事作物生态生理研究。河南郑州 河南农业大学农学院, 450002。Email: chaohai@371.net



1.2 主要测试项目和方法

1.2.1 土壤温度

播种后一个月内, 每天 7: 00、13: 00、19: 00 用地温计定时观测地表下 5 cm、15 cm 处土壤温度。

1.2.2 土壤水分

观测记录生育期内每次降水量; 根据水泵出水量记载每次灌水量, 为保证灌水量的准确, 水管直接通至每小区; 生育期间分期用烘干法测定耕层土壤含水量, 以干土重为基础计算; 播种前、收获后及模拟降雨后 24 h 在各区取样点每 10 cm 一层取土, 用烘干法测定 1 m 内各土层含水量; 根据含水率和容重计算土壤贮水量。

$$\text{土壤贮水量 (mm)} = \text{土壤质量含水率} \times \text{土壤容重} \times \text{土层厚度 (mm)}$$

1.2.3 土壤容重

在测定 1 m 土层含水量的同时用环刀法测土壤容重。

1.2.4 水分利用效率

玉米成熟后, 每小区收取中间 4 行计产。根据玉米产量和生育期耗水量计算水分利用效率。

$$\begin{aligned} \text{水分利用效率} &= \text{玉米经济产量} / \text{生育期总耗水量} \\ \text{生育期总耗水量} &= \text{播种前土壤蓄水量} + \text{生育期间} \\ &\quad \text{降水量} + \text{生育期间灌水量} - \text{收获后土壤蓄水量} \end{aligned}$$

除模拟降水条件下不同处理开始径流的时间, 模拟降水后 24 h 1 m 土层垂直含水率变化和贮水量测定为 2000 年进行外, 其它项目均在 1999 年进行。土壤温度、含水率和容重等土壤物理性状测定每小区均在播种行株间和宽行行间取两个点, 结果平均。

2 结果分析

2.1 不同处理对土壤温度的影响

2.1.1 对土壤日平均温度的影响

不同处理播种后一个月内土壤日均温度存在明显差异(表 2、表 3)。残茬覆盖处理土壤日均温度有所降低, 温度较高时降低多, 温度低时降低少, 如 6 月 16 日至 20 日、6 月 26 日至 30 日平均温度较高, 覆盖与不盖相差较大, 5 cm 和 15 cm 处都达到极显著水平; 6 月 21 日至 25 日、7 月 1 日至 7 月 5 日平均温度较低, 覆盖与不盖相差较小, 差异达不到显著水平; 地表 5 cm 处差异较大, 而 15 cm 处差异则相对较小。不同土壤耕作方式土壤日均温度由高到低依次为翻耕> 深松> 免耕, 这种差异不覆盖时明显, 覆盖时不明显; 地表 5 cm 处差异较大, 15 cm 处差异较小; 温度高时差异大, 温度低时差异小。不同处理对土壤温度的影响, 前期明显, 后期差异逐渐变小。

表 2 不同处理地表 5 cm 处土壤日均温度( ) (1999)

Table 2 Mean daily temperatures at 5 cm soil depth for different treatments

处 理		日期/月-日						平均
秸秆处理	耕作方式	06-11~ 06-15	06-16~ 06-20	06-21~ 06-25	06-26~ 06-30	07-01~ 07-05	07-06~ 07-10	
不盖	免耕	27. 1bB	27. 9bB	27. 5bB	29. 8bB	29. 0bB	29. 7a	28. 50bB
	翻耕	27. 7aA	28. 5aA	27. 9aA	30. 4aA	29. 2aA	29. 9a	28. 93aA
	深松	27. 5aA	28. 4aA	27. 9aA	30. 3aA	29. 2aA	29. 8a	28. 85aA
	平均	27. 43aA	28. 27aA	27. 77aA	30. 17aA	29. 13aA	29. 8aA	28. 76aA
覆盖	免耕	26. 3a	27. 3a	27. 5a	28. 5a	28. 8a	29. 3a	27. 95a
	翻耕	26. 5a	27. 5a	27. 6a	28. 7a	28. 9a	29. 4a	28. 10a
	深松	26. 4a	27. 4a	27. 6a	28. 6a	28. 9a	29. 4a	28. 05a
	平均	26. 40bB	27. 40bB	27. 57aA	28. 60bB	28. 87aA	29. 37bB	28. 03bB

注: 同一列有相同字母者表示差异未达 1% (大写字母) 或 5% (小写字母) 显著水平。下同。

表 3 不同处理地表 15 cm 处日均温度( ) (1999)

Table 3 Mean daily temperatures at 15 cm soil depth for different treatments

处 理		日期/月-日						平均
秸秆处理	耕作方式	06-11~ 06-15	06-16~ 06-20	06-21~ 06-25	06-26~ 06-30	07-01~ 07-05	07-06~ 07-10	
不盖	免耕	26. 5b	27. 2b	27. 4a	29. 2b	28. 8a	29. 0a	28. 02b
	翻耕	26. 9a	27. 5a	27. 7a	29. 7a	29. 1a	29. 3a	28. 37a
	深松	26. 8ab	27. 5a	27. 7a	29. 6a	29. 1a	29. 2a	28. 32a
	平均	26. 73aA	27. 4aA	27. 60aA	29. 50aA	29. 0aA	29. 17aA	28. 24aA
覆盖	免耕	26. 0a	27. 1a	27. 4a	28. 5a	28. 6a	28. 9a	27. 75a
	翻耕	26. 2a	27. 3a	27. 5a	28. 8a	28. 7a	29. 1a	27. 93a
	深松	26. 1a	27. 3a	27. 5a	28. 7a	28. 7a	29. 0a	27. 88a
	平均	26. 10bB	27. 23bB	27. 47aA	28. 67bB	28. 67aA	29. 00aA	27. 85bB

2.1.2 对土壤温度日变化的影响

图 1 和图 2 为 6 月 26 日至 6 月 30 日 5d 平均覆盖

与不覆盖 7: 00、13: 00、19: 00 的土壤温度变化。一天之内土壤温度从 7: 00 到 19: 00 时逐渐升高, 上午 7: 00 土

壤温度 27 以下时, 覆盖处理平均土壤温度高于不覆盖处理, 温度升高后呈现相反趋势, 特别是当土壤温度高于 30 左右以后, 秸秆覆盖可以明显地降低土壤温度, 有平衡、缓冲地温的作用。

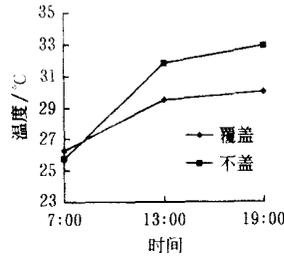
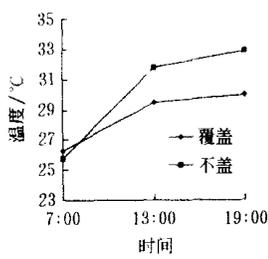


图 1 覆盖与不盖在 5 cm 深处土壤温度日变化(1999)  
Fig. 1 Daily changes of soil temperature at 5 cm depth for mulch and no mulch treatments

图 2 覆盖与不盖在 15 cm 深处土壤温度日变化(1999)  
Fig. 2 Daily changes of soil temperature at 15 cm depth for mulching and no mulching treatments

## 2.2 不同处理对土壤蓄水保水作用的影响

### 2.2.1 对土壤蓄水作用的影响

不同处理在模拟降雨条件下开始发生径流的时间不同(图 3)。秸秆覆盖处理径流出现时间比不覆盖平均晚 10.1 min。不同土壤耕作方式之间, 深松处理从开始降雨到出现径流的时间最长, 分别比翻耕和免耕平均长 3.95 min 和 9.8 min。模拟降雨后 24 h 测定从地表向下 1 m 土层土壤含水率垂直变化结果(图 4)可以看出, 从地表向下土壤含水率逐渐降低, 分别在 30~40 cm 土层到 60~70 cm 土层时与底土层土壤含水率达到一致。残茬覆盖处理各层土壤含水率均高于相应不覆盖处理, 20 cm 以内基本上均处于饱和状况, 相差较小, 20 cm 以下差异加大。不同土壤耕作方式之间, 20 cm 以上翻耕>深松>免耕, 30 cm 以下深松>翻耕>免耕。免耕和翻耕处理在 20~30 cm 土层以下急剧变小, 渗水深度到 40~50 cm 土层, 深松处理到 20~30 cm 土层变化还很小, 在 30~40 cm 土层处才明显下降, 渗水深度达到 60~70 cm。

1 m 内土壤贮水总量(图 5)覆盖各处理均比不覆盖相应各处理高, 平均相差 5.2 mm; 不同土壤耕作方式之间, 深松>翻耕>免耕。以覆盖加深松处理贮水量最高。

### 2.2.2 不同处理对土壤保水作用的影响

不同处理生育期耕层土壤含水率明显不同(表 4)。残茬覆盖处理的耕层土壤含水率在各个时期都高于相应的不盖处理, 生长前期差异较小, 随生育进程推移到拔节期差异最大, 以后差异又减小, 全生育期覆盖处理平均比不盖高 9.37%。不同土壤耕作方式播种后耕层含水率差异极大, 以免耕处理最高, 翻耕处理最低, 说明翻耕处理土壤失水严重; 玉米生长期间各个时期都以深松处理的耕层土壤含水率最高。随着生育进程推移, 不同土壤耕作方式差异有所减小。覆盖条件下不同土壤耕

作方式间的差异较小。

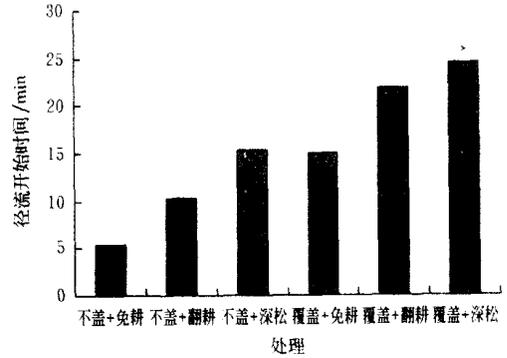


图 3 不同处理径流开始时间(2000)  
Fig. 3 Time elapsed before runoff for different treatments

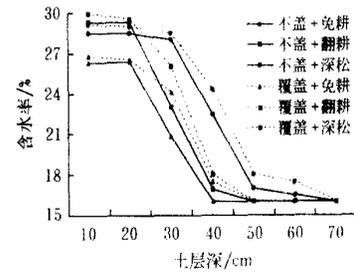


图 4 模拟降水后 24 h 土壤含水率垂直变化(2000)  
Fig. 4 Vertical changes of soil moisture contents for 24 h after artificially simulated rainfall

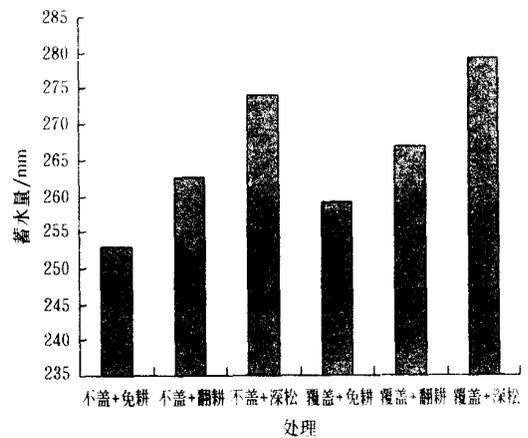


图 5 各处理 1 m 土层贮水量(2000)  
Fig. 5 Moisture reserves of one meter-deep soil layer for different treatments

### 2.3 不同处理对土壤容重的影响

成熟期对各处理土壤容重测定结果见表 5。不同处理地表下 40 cm 以上土层土壤容重明显不同, 残茬覆盖耕层土壤容重显著低于不盖处理, 地表下 50 cm 土层土壤容重平均与不盖差异达显著水平。不同土壤耕作方式之间, 0~30 cm 范围内翻耕<深松<免耕, 翻耕与深松差异不显著, 两者与免耕差异显著; 30 cm 以下翻耕与免耕没有差别, 两者与深松差异显著。

表 4 不同处理对耕层土壤含水率的影响(%) (1999)

Table 4 Effects of different treatments on soil moisture content within plow layer

处 理		生 育 时 期							
秸秆处理	耕作方式	播后	5 叶期	拔节	大喇叭口	抽雄	灌浆	成熟	平均
不盖	免耕	19.5aA	18.8a	17.5aA	19.5a	21.0a	18.0a	14.1a	18.34aA
	翻耕	15.3cB	18.1a	16.3bB	19.2a	21.3a	18.3a	14.3a	17.54bB
	深松	18.5bA	18.9a	17.8aA	19.7a	21.5a	18.5a	15.0a	18.56aA
	平均	17.77B	18.60B	17.20B	19.47B	21.27B	18.27B	14.47B	18.15B
覆盖	免耕	20.1aA	20.8a	20.2a	21.6a	22.1b	19.3a	15.7b	19.97a
	翻耕	16.0bB	20.0b	19.1b	21.4a	22.4a	19.6a	16.2b	19.24b
	深松	19.3aA	21.0a	20.7a	21.7a	22.7a	19.8a	17.1a	20.33a
	平均	18.47A	20.60A	20.00A	21.57A	22.40A	19.57A	16.33A	19.85A

表 5 不同处理对成熟期土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )的影响(1999)

Table 5 Effect of different treatments on soil density during ripe crop period

处 理		土 层/ $\text{cm}$						平均
秸秆处理	耕作方式	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50		
不盖	免耕	1.23a	1.24a	1.44a	1.41a	1.41a	1.346a	
	翻耕	1.19b	1.22b	1.42b	1.41a	1.41a	1.330a	
	深松	1.20b	1.23ab	1.31c	1.36b	1.41a	1.302b	
	平均	1.21a	1.23a	1.39a	1.39a	1.41a	1.326a	
覆盖	免耕	1.21a	1.22a	1.43a	1.41a	1.41a	1.336a	
	翻耕	1.15b	1.19b	1.41b	1.41a	1.41a	1.314a	
	深松	1.17b	1.20b	1.30c	1.35b	1.41a	1.286b	
	平均	1.18b	1.20b	1.38a	1.39a	1.41a	1.312b	

## 2.4 不同处理对玉米水分利用效率的影响

不同处理的水分利用效率存在较大差异(表 6), 覆盖各处理水分利用效率都高于所有不盖处理, 平均比不盖处理高  $3.495 \text{ kg} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{mm})^{-1}$ , 达 14.52%。不同土壤耕作方式之间, 深松 > 翻耕 > 免耕, 深松平均比翻

耕高  $1.2765 \text{ kg} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{mm})^{-1}$ , 比免耕高  $1.7475 \text{ kg} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{mm})^{-1}$ , 分别为 5.24% 和 7.49%。说明秸秆覆盖和深松耕作都具有提高土壤水分利用效率的作用。覆盖加深松效果最好, 比不盖免耕水分利用效率可提高 25.26%。

表 6 不同处理的水分利用效率(1999)

Table 6 Water use efficiency of different treatments

处 理		播前 100 cm	生育期	生育期	收后 100 cm	总耗水	产量	水分利用效率
秸秆处理	耕作方式	贮水/mm	降水/mm	灌水/mm	贮水/mm	/mm	$/\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	$/\text{kg} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{mm})^{-1}$
不盖	免耕	200	262	130	190b	402a	8070.0bB	20.07cC
	翻耕	200	262	130	190b	402a	8115.0bB	20.19bB
	深松	200	262	130	195a	397b	8553.0aA	21.54aA
	平均	200	262	130	191.7	400.3	8245.5B	20.60B
覆盖	免耕	200	262	130	210b	382a	8830.5cC	23.12cC
	翻耕	200	262	130	213b	379b	9115.5bB	24.05bB
	深松	200	262	130	220a	372c	9352.5aA	25.14aA
	平均	200	262	130	214.3	377.7	9099.0A	24.11A

## 3 讨论与结论

1) 土壤是作物生长发育的载体, 作物生长发育所需要的水、肥、气、热等生活因子与土壤性状密切相关。各项土壤耕作技术措施都是通过改善作物生长的土壤性状而对作物生长发育发生作用。试验结果表明, 华北地区夏玉米生育期间残茬覆盖可以明显改善玉米生长发育期间的土壤环境, 提高玉米的水分利用效率。温度是影响作物生长发育的重要生态因子, 残茬覆盖处理由于秸秆的遮光性, 在温度升高时具有降温作用, 同时由于其对地面逆辐射的阻挡作用使其在温度降低时具有

保温性。根据本试验结果土壤温度低于 28℃ 时残茬具有保温作用, 高于 28℃ 时具有降温作用, 而玉米根系生长的适宜温度正好在 28℃ 左右<sup>[11]</sup>, 残茬覆盖有利于根系生长。水是作物生命活动和生长发育的重要物质。作物生长发育所需要的水分基本靠从土壤中吸收, 土壤水分状况对作物生长发育有重要影响。华北地区夏玉米生育期间正处于夏季, 降雨强度往往较大, 径流严重, 同时由于气温高及作物的旺盛生长, 田间蒸发剧烈, 残茬覆盖后蓄水保墒能力可以大幅度提高, 这对作物生长发育是有利的。作物要求土壤要有适宜的松紧度, 土壤过疏

松和孔隙过多, 透气透水性好, 根系延伸受到阻力小, 但对作物的固定效果不好, 持水保水能力差, 土壤温度也不稳定, 并会影响土壤中微生物的活动, 加速养分的分解; 土壤过紧, 毛管孔隙占优势, 通透性不良, 耕层中的土壤水分和空气易发生矛盾, 也影响微生物的正常活动和养分的有效化, 影响水、肥、气、热的协调, 从而影响作物根系的生长和功能。残茬覆盖减少了人畜践踏和雨滴对地表的直接冲击, 并可减轻灌溉后由于强烈蒸发使表层土壤收缩而形成的龟裂及板结, 为维持土壤疏松创造了条件。因此覆盖各处理表层土壤容重都比相应不盖处理小。残茬覆盖在玉米生育期间的这些效果明显的提高了水分的利用效率。

2) 不同耕作方式对土壤性状的影响不同。翻耕作业时土壤水分散失严重, 播种后土壤含水率低, 对玉米发芽出苗不利; 同时土壤紧实度过低, 对植株的固定能力减小。翻耕和免耕都存在犁底层, 阻止水分下渗, 不利于蓄水。深松破除了犁底层, 使土壤的蓄水能力提高, 耕作时又不会引起土壤水分大量损失, 蓄水保水效果好; 其创造的土壤松紧度比较适中, 是效果最好的耕作方式。

3) 深松可很好的保持地面覆盖, 与残茬覆盖结合具有较好的适宜性。深松与秸秆覆盖结合使两者的优势充分的发挥, 蓄水保墒及对土壤性状的改良效果在所有处理中最好, 是华北机械收获小麦田种植玉米的良好方式。

### [参 考 文 献]

- [1] 胡 芬, 陈尚模. 寿阳试验区玉米地农田水分平衡及其覆盖调控试验[J]. 农业工程学报, 2000, 16(4): 146- 148
- [2] 高焕文, 李洪文, 陈君达. 可持续机械化旱作农业研究[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(1): 57- 62
- [3] 高云超, 朱文珊, 陈文新. 秸秆覆盖免耕土壤真菌群落结构与生态特性研究[J]. 生态学报, 2001, 21(10): 1704- 1710
- [4] 沈裕琥, 莫相国, 王海庆. 秸秆覆盖的农田效应[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 45- 50
- [5] 朱自玺, 方文松, 赵国强, 等. 麦秸和残茬覆盖对夏玉米农田小气候的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(2): 19- 24
- [6] 藏 英, 高焕文, 周建忠. 保护性耕作对农田土壤风蚀影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(2): 58- 60
- [7] Unger P W. Straw mulch rate effects on soil water storage and sorghum yield [J]. Soil Science Society of America Journal, 1978, 42: 486- 491.
- [8] Blevins R L, Smith M S, Thomas G W, et al. Influence of conservation tillage on soil properties[J]. Soil Water Conserv, 1983, 38: 301- 305
- [9] Goss M J, Ehlers W, Boone F R, et al. Effect of soil management production on soil physical conditions affecting root growth [J]. J Agric Eng Res, 1984, 30: 131 - 140
- [10] Allmaras R R, Nelson W W. Corn (*Zea mays* L.) root configuration as influenced by some row-introw variants of tillage and straw mulch management [J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1971, 35: 974- 980
- [11] Anderson W B, Kemper W D. Corn growth as affected by aggregate stability, soil temperature, and soil moisture [J]. Agron J, 1964, 56: 453- 456

## Effects of stubble mulch and tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize

Fu Guozhan<sup>1,2</sup>, Li Chaohai<sup>3</sup>, Wang Junzhong<sup>4</sup>, Wang Zhenlin<sup>2</sup>,

Cao Hongming<sup>2</sup>, Jiao Nianyuan<sup>1</sup>, Chen Mingcan<sup>1</sup>

(1 Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; 2 College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 3 College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 4 Henan Agrotechnical Extending Station, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Field experiment on soil physical properties and water use efficiency of summer maize in three kinds tillage management of no tillage, moldboard plowing and subsoiling under two conditions of stubble mulch and no mulch with field and simulated rain fall methods have been conducted. Stubble mulch combined with subsoiling could balance and improve the status of soil temperature through the function of heat preservation on lower soil temperature condition and decrease the temperature at higher soil temperature. It could also increase the ability of water storing and preserving. After 24 hours of simulated rain fall, one meter deep soil water content was 26.1 mm more than that of the treatment of no mulch combined with no tillage, and plowing layer soil moisture was 9.73% higher than that of the treatment of no mulch combined with no tillage in whole growth duration. The soil density properties could be improved, and the whole water use efficiency was increased by 25.26% finally.

**Key words:** stubble mulch; tillage management; soil physical properties; summer maize; water use efficiency

付国占, 李潮海, 王俊忠, 等. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 52- 56

Fu Guozhan, Li Chaohai, Wang Junzhong, et al. Effects of stubble mulch and tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(1): 52- 56 (in Chinese with English abstract)