

土壤耕作及秸秆还田对夏玉米田杂草 生物多样性的影响

韩惠芳, 宁堂原, 田慎重, 王 瑜, 王丙文, 仲惟磊, 李增嘉*, 田欣欣

(山东农业大学农学院/作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要:于 2008 年夏玉米 (*Zea mays*) 生长期, 在连续 5a 秸秆全量还田的免耕、旋耕、耙耕、深松和常规耕作试验地中, 研究了杂草总密度、优势杂草种类、生物多样性指数、杂草生物量和夏玉米产量。调查共记录杂草种类 13 种, 秸秆全量还田时, 免耕显著提高杂草的总密度; 无秸秆还田时, 常规耕作的杂草密度高于免耕、旋耕、耙耕和深松。秸秆全量还田后, 免耕和深松条件下, 杂草优势种为马唐和旱稗, 旋耕和耙耕条件下为马唐、旱稗和牛筋草; 常规耕作条件下, 优势杂草为马唐、苘麻、旱稗和香附子。无秸秆还田条件下, 免耕和常规耕作增加了杂草优势种的数量。秸秆全量还田后, 免耕、耙耕和深松等耕作措施导致杂草群落的物种丰富度及均匀度均较高。无论哪种耕作条件, 5a 连续秸秆还田能够显著提高夏玉米籽粒产量和生物学产量, 其中尤以常规耕作秸秆全量还田处理产量最高, 且田间杂草的生物学产量与夏玉米的生物学产量呈显著负相关关系。

关键词:土壤耕作; 秸秆还田; 杂草; 夏玉米 (*Zea mays*); 生物多样性; 产量

Effects of soil tillage and straw returning on weed biodiversity in summer maize (*Zea mays*) field

HAN Huifang, NING Tangyuan, TIAN Shenzhong, WANG Yu, WANG Bingwen, ZHONG Weilei, LI Zengjia*, TIAN Xinxin

State Laboratory of Crop Biology, College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

Abstract: To investigate the effects of different soil tillage methods on weed density, dominant species, bio-diversity indices and yield of summer maize, the experiment was conducted using a summer maize cultivar “Zhengdan 958” in 2008 growing season at the Agronomy Station of Shandong Agricultural University. The five soil tillage methods were zero-tillage, rotary-tillage, harrow-tillage, subsoil-tillage, and conventional tillage, respectively. All these soil tillage methods were conducted from 2003 to 2008. A total of 13 weed species were recorded in this investigation. Under the conditions of total crop straw returned, zero-tillage could significantly ($LSD, P < 0.05$) increase the weed diversity; In contrast, under the conditions of no crop straw returned, the weed diversity in conventional tillage was much higher than those in zero-tillage, rotary tilling, plowing and raking, and sub soiling, respectively. After total crop straw returned, the weed dominant species in no-tillage and subsoil-tillage were *Ditaria sanguinalis* (L.) Scop. and *Echinochloa hispidula* (Retz.) Nees, respectively; in rotary -tillage tilling and harrow-tillage were *Ditaria sanguinalis* (L.) Scop., *Echinochloa hispidula* (Retz.) Nees, and *Eleusine indica* (L.) Gaertn, respectively; in conventional tillage were *Ditaria sanguinalis* (L.) Scop., *Abutilon theophrasti* Medic., *Echinochloa hispidula* (Retz.) Nees, and *Cyperus rotundus* L., respectively. Under the conditions of no crop straw returned, the weed dominant species in zero-tillage and conventional tillage were enhanced. Under the conditions of total crop straw returned, zerotillage, harrowtillage, and subsoiltillage could increase species richness and evenness of weed community. The results revealed that long term crop straw returned could significantly (LSD ,

基金项目:国家“十一五”科技支撑资助项目(2006BAD15B07, 2007BAD89B09-9); 2008 年公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200803-028)

收稿日期:2009-01-05; **修订日期:**2009-04-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lizj@shou.edu.cn

$P < 0.05$) increase the summer maize yield and the weed biomass, especially under the conditions of conventional tillage. The weed biomass above the ground surface was negative correlated with the summer maize.

Key Words: soil tillage; straw returning; weed; summer maize (*Zea mays*); bio-diversity; yield

相对于传统耕作,免耕、深松、耙耕等保护性耕作在防止农田扬尘、水土流失、蓄水保墒、节本增效和减少温室气体排放等方面发挥了重要作用^[1-6]。因此,这些耕作措施对我国北方农业的可持续发展具有重要意义。目前,针对保护性耕作措施的研究已经涉及作物产量、土壤理化性状、秸秆、残茬管理和微生物群落等多个方面^[4-7]。关于保护性耕作对产量影响的试验研究也多数从农田土壤水分、营养条件着手^[8-10]。但是,新的耕作措施出现后,原有的生态系统和生物体系,特别是病虫害的危害规律均会随之发生改变。农田杂草与作物之间存在对光照、土壤养分与水分等资源的竞争,是导致作物减产的重要因素之一^[11],为保证作物的良好生长,就必须对杂草进行合理的控制。Légère 等通过多年研究发现^[12],不同耕作措施不但对杂草多样性有影响,而且对杂草群落组成的影响也非常显著。Jannie 等研究表明^[13],如果改变杂草上方作物的高度和密度,则能够控制杂草的生长发育,从而能够影响到杂草的生物量和作物产量。因此,不同耕作措施不仅影响作物的生长发育,也能影响田间各种杂草的生长。

冬小麦夏玉米一年两熟种植制度在华北平原区的农业生产中占有极为重要的地位,引入保护性耕作后,大量病虫草害滋生,影响作物产量,因此有必要对其进行专门的研究。美国 1980 年做过 1 次调查,在 25 个玉米主产州中有 16 个把多年生杂草列为影响免耕玉米产量提高的首要影响因素^[14]。而 Cardina 认为^[15],合理的种植制度对杂草种子库密度的影响比耕作方式更明显。魏守辉等在江苏南京研究发现,小麦和玉米轮作使田间马唐、碎米莎草和飘拂草等的相对优势度显著上升,而鸭舌草和水苋菜等的相对优势度显著下降^[16]。可见,合理的种植制度对田间杂草的生物多样性影响非常显著。综上可知,国内外学者的研究主要集中在不同除草方式及不同耕作方式下农田杂草的区域调查、杂草特征及其防治等方面^[7,11-16,23],但对耕作方式和秸秆还田的综合效应研究较少,对我国北方保护性耕作条件下冬小麦夏玉米一年两熟种植制度中夏玉米农田的杂草生物多样性鲜见报道。本文在连续 5a 秸秆全量还田的基础上,系统研究了免耕、旋耕、耙耕、深松等保护性耕作技术对夏玉米田间杂草的生物多样性、杂草生物量、夏玉米生物量、夏玉米收获有效株数以及夏玉米产量间的相关性,以期为我国北方冬小麦夏玉米一年两熟农田的可持续发展提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 田间试验设计

本试验采用随机区组设计,设耕作方式和秸秆还田量两个因素。耕作方式有 5 种,即免耕、旋耕、耙耕、深松和常规耕作。其中,旋耕为普通旋耕机两次旋耕,作业深度为 8—10cm;耙耕采用缺口耙压茬,圆盘耙整平,作业深度为 12—15cm;深松采用自制凿型深松铲,作业深度 40—45cm;常规耕作采用铧式犁耕翻,作业深度为 20—25cm。每种方式已连续耕作 5a。秸秆还田量分全量还田和无秸秆还田两个水平。试验以常规耕作作为对照,共 10 个处理,3 次重复,小区面积为 15m × 8m。试验种植方式为冬小麦夏玉米一年两熟。冬小麦供试品种为济麦 20 号,2007 年 10 月 11 日播种,播量 90kg/hm²,2008 年 6 月 10 日小麦收获,15 日接茬播种夏玉米,品种为郑单 958,密度为 6.66 × 10⁴株/hm²,2008 年 9 月 25 日收获。在夏玉米播种后第 3 天即 6 月 18 日喷雾施用除草剂,药剂为深圳市诺普信农化有限公司生产的 30% 氰津莠悬浮剂,用量 3—3.3kg/hm²,兑水量 450—675kg/hm²,喷雾器械为卫士“WS-8 型”压缩喷雾器。

1.2 田间调查

2008 年 9 月 6—10 日(夏玉米灌浆期),在每个小区随机设置 5 个 1m²的样方,调查杂草的种类和密度,并测定其生物量(60℃ 下烘干 48h)。同时在收获时,调查夏玉米有效收获株数、生物产量和籽粒产量。采用相对密度(小区中某种杂草的密度除以小区中所有杂草的密度之和)作为衡量某种杂草重要程度的指标。计算

Shannon 多样性指数(H')、Shannon 均匀度指数(E)、Margalef 物种丰富度指数(DMG)等生物多样性指数。 H' 是对田间杂草物种丰富度和物种均匀度的综合量度, E 是对田间杂草群落中不同杂草之间数量分布均匀程度的量度, DMG 是对一定总数量的田间杂草中其种类数的量度。其测度公式为:

$$H' = (N \log N - \sum n \log n) N^{-1} \quad (1)$$

$$E = H' (\ln N)^{-1} \quad (2)$$

$$DMG = (S - 1) (\ln N)^{-1} \quad (3)$$

式中, N 为各小区中 1m^2 内所有杂草的总株数, n 为各小区中 1m^2 内某种杂草的株数, S 为各小区中 1m^2 内杂草种类数量。

运用 SPSS 11.5 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 杂草总密度

不同耕作方式对土壤的干扰程度不同,犁耕 > 耙耕 > 免耕,增加土壤干扰能局部改变杂草种子所处的环境,进而影响到杂草的密度和种类组成。通过调查,玉米灌浆期间共发现马唐、旱稗、牛筋草、苘麻、鸭跖草、画眉草、鳢肠、碎米莎草、反枝苋、铁苋菜、马齿苋和狗尾草等 12 种 1 年生杂草;多年生杂草仅有香附子(表 1)。经方差分析表明,不同耕作措施条件下,田间杂草的种类和总密度差异显著,说明不同保护性耕作制度对杂草种类和数量的影响有质的差别。由表 1 结果可以看出,秸秆全量还田时,免耕显著提高杂草的总密度,这是因为秸秆全量还田为杂草的滋生创造了条件。采用免耕后,多年生杂草(香附子)、1 年生禾本科杂草(马唐、旱稗、牛筋草)及风播杂草(马唐、旱稗、牛筋草、画眉草、碎米莎草、狗尾草和香附子)均显著增多。耙耕、旋耕和深松的杂草密度在秸秆全量还田时大于常规耕作田,这是因为耙耕还田和旋耕还田仅进行了土壤表层耕作,只造成了土层表层杂草种子的扰动;而常规耕作的作业深度深,具有一定的土层均匀性,其表层杂草种子密度低于耙耕还田和旋耕还田。无秸秆还田时,常规耕作的杂草密度高于免耕、旋耕、耙耕和深松等耕作措施,这是因为保护性耕作措施对土壤所做的是减少或不进行扰动,而杂草也难以在不受或少受扰动的土壤中萌发生存。

2.2 优势杂草种类

长期不同耕作方式不仅影响田间杂草的总密度,而且影响各种杂草在群落中的相对重要程度(表 2)。本试验发现,同一种杂草在不同耕作方式下的相对密度,达到了显著和极显著差异。秸秆全量还田后,免耕和深松条件下,仅有马唐和旱稗的相对密度大于 10%,旋耕和耙耕条件下,优势杂草(相对密度 > 10%)为马唐、旱稗和牛筋草;常规耕作条件下,优势杂草为马唐、苘麻、旱稗和香附子。无秸秆还田条件下,免耕和常规耕作的杂草优势种均增加,其中,前者增加了牛筋草和香附子,后者只增加了香附子。总体来看,马唐与旱稗是玉米田间两种最重要的杂草。耕作方式对玉米田杂草种类的影响可能是由于不同耕作措施处理下田间的生态环境、土壤养分和秸秆还田后土壤水分状况发生了很大变化^[8-10],因各种杂草对土壤养分需求和吸收利用能力存在差异^[11-12],故杂草种类在各耕作措施处理下有很大差异。

2.3 生物多样性指数

长期不同耕作方式条件下,田间杂草的总密度和分布发生了改变,必然引起生物多样性发生变化。从表 3 可以看出,秸秆全量还田后,尤其在免耕、耙耕和深松等条件下,杂草群落中不同杂草之间数量分布均匀程度高。这是因为在秸秆还田后,这些耕作措施下田间杂草的总密度增大(表 1),杂草的种类数增多,且各种杂草在数量上的分布均匀性增大,优势杂草均为马唐和旱稗(表 2),导致杂草群落的物种丰富度及均匀度都较高,相应地 Shannon 多样性指数也较高;与此相反,常规耕作田间杂草在无秸秆还田时的总密度最大,但杂草的种类数少,且各种杂草在数量上的分布也不均匀。因此,无秸秆还田常规耕作条件下,杂草群落的 Margalef 物种丰富度指数、Shannon 均匀度指数、Shannon 多样性指数均较低。

杂草名称 Weed species	密度 Density/(株/m ²)				
	秸秆全量还田 Total crop straw returned				
	免耕 Zerotillage	旋耕 Rotarytillage	耙耕 Harrowtillage	深松 Subsoiltillage	常规耕作 Conventional tillage
1 年生杂草 Annual weed					
马唐 <i>Ditaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	53.27a	30.25d	42.75b	39.52c	22.61e
旱稗 <i>Echinochloa hispidula</i> (Retz.) Nees	50.36a	13.58c	29.51b	10.03c	5.95d
牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	4.62c	6.69b	15.12a	2.40cd	1.50de
苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> Medic.	1.00b	—	1.00b	1.00b	22.61a
鸭跖草 <i>Commelina. communis</i> Linn.	—	0.58	—	—	—
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i> (L.) Beauv	1.00	—	—	—	—
碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> L.	—	—	—	—	—
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	—	—	—	0.56b	1.00a
鳢肠 <i>Eclipta Prostrata</i> L.	—	—	—	—	—
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> Linn.	—	—	—	—	—
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> L.	—	—	—	—	—
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	1.00	—	—	—	—
多年生杂草 Perennial weed					
香附子 <i>Cyperus rotundus</i> L.	7.75a	2.00c	5.00b	1.77c	8.00a
总密度 Total density	119.00a	52.52c	93.95b	55.27c	39.06d
种类 Species	7a	4d	6b	6b	5c

杂草名称 Weed species	密度 Density/(株/m ²)				
	无秸秆还田 No crop straw returned				
	免耕 Zerotillage	旋耕 Rotarytillage	耙耕 Harrowtillage	深松 Subsoiltillage	常规耕作 Conventional tillage
1 年生杂草 Annual weed					
马唐 <i>Ditaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	40.02bc	48.61b	14.47d	40.18bc	92.33a
旱稗 <i>Echinochloa hispidula</i> (Retz.) Nees	12.95d	23.81bc	25.96b	27.68b	50.23a
牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	7.06b	2.60e	8.24a	6.66c	3.65d
苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> Medic.	—	—	—	—	—
鸭跖草 <i>Commelina. communis</i> Linn.	0.58b	—	1.00a	—	—
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i> (L.) Beauv	—	—	—	—	—
碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> L.	—	1.00	—	—	—
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	—	—	—	—	—
鳢肠 <i>Eclipta Prostrata</i> L.	—	—	2.00	—	—
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> Linn.	—	1.00	—	—	—
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> L.	1.00	—	—	—	—
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	—	—	—	—	—
多年生杂草 Perennial weed					
香附子 <i>Cyperus rotundus</i> L.	8.73b	3.38c	—	—	20.00a
总密度 Total density	70.34bc	80.40b	48.66d	77.52b	166.21a
种类 Species	6a	6a	5b	3d	4c

表中数据为 5 次重复平均值;数据后不同字母表示在同种还田方式中,同一种杂草在不同耕作方式处理间差异显著($P<0.05$);“—”表示调查中没有发现该草;下同

2.4 杂草危害对玉米籽粒产量的影响

玉米是一种单株增产潜力大的作物,有效收获株数的多少对单位面积产量的影响很大,确保有效收获株数是玉米高产稳产的基础。由表4可知,秸秆还田和不同耕作方式作用下,不论秸秆还田与否,均以免耕方式

表 2 不同耕作方式处理下杂草的相对密度/%

Table 2 The relative densities of weed species under different tillage systems /%

杂草名称 Weed species	相对密度 Relative densities/%				
	秸秆全量还田 Total crop straw returned				
	免耕 Zero-tillage	旋耕 Rotary-tillage	耙耕 Harrow-tillage	深松 Subsoil-tillage	常规耕作 Conventional tillage
1 年生杂草 Annual weed					
马唐 <i>Ditaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	44.76c	57.60b	45.50c	71.50a	36.66cd
旱稗 <i>Echinochloa hispidula</i> (Retz.) Nees	42.32a	25.86c	31.41b	18.15d	9.65e
牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	3.88c	12.74ab	16.09a	4.34c	2.34cd
苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> Medic.	0.84b	—	1.06b	1.81b	36.66a
鸭跖草 <i>Commelina. communis</i> Linn.	—	—	—	—	—
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i> (L.) Beauv	0.84	—	—	—	—
碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> L.	—	1.10	—	—	—
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	—	—	—	—	—
鳢肠 <i>Eclipta Prostrata</i> L.	—	—	—	2.35a	1.62b
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> Linn.	—	—	—	—	—
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> L.	—	—	—	—	—
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0.84	—	—	—	—
多年生杂草 Perennial weed					
香附子 <i>Cyperus rotundus</i> L.	6.51b	3.81c	5.32b	3.20c	12.97a

杂草名称 Weed species	相对密度 Relative densities/%				
	无秸秆还田 No crop straw returned				
	免耕 Zero-tillage	旋耕 Rotary-tillage	耙耕 Harrow-tillage	深松 Subsoil-tillage	常规耕作 Conventional tillage
1 年生杂草 Annual weed					
马唐 <i>Ditaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	56.90b	60.46a	28.00d	51.83c	55.85b
旱稗 <i>Echinochloa hispidula</i> (Retz.) Nees	18.41d	29.61c	50.24a	35.71b	30.22c
牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	10.04b	3.23d	15.95a	8.59bc	2.20de
苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> Medic.	—	—	—	—	—
鸭跖草 <i>Commelina. communis</i> L.	—	—	3.87	—	—
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i> (L.) Beauv	—	—	—	—	—
碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> L.	0.82b	—	1.94a	—	—
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	—	1.24	—	—	—
鳢肠 <i>Eclipta Prostrata</i> L.	—	—	—	—	—
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> Linn.	—	1.24	—	—	—
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> L.	1.42	—	—	—	—
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	—	—	—	—	—
多年生杂草 Perennial weed					
香附子 <i>Cyperus rotundus</i> L.	12.41a	4.20b	—	—	12.03a

表 3 不同耕作方式处理下杂草的生物多样性指数

Table 3 The biodiversity indices of weeds under different tillage systems

项目 Item	多样性指数 The values of biodiversity indices									
	秸秆全量还田 Total crop straw returned					无秸秆还田 No crop straw returned				
	免耕 Zero-tillage	旋耕 Rotary-tillage	耙耕 Harrow-tillage	深松 Subsoil-tillage	常规耕作 Conventional tillage	免耕 Zero-tillage	旋耕 Rotary-tillage	耙耕 Harrow-tillage	深松 Subsoil-tillage	常规耕作 Conventional tillage
DMG	1.26	0.76	1.10	1.25	0.61	1.18	1.14	0.95	0.46	0.59
E	0.10	0.12	0.12	0.02	0.01	0.12	0.10	0.13	0.11	0.09
H'	0.50	0.46	0.54	0.08	0.07	0.53	0.44	0.55	0.47	0.45

杂草的生物量最高,夏玉米的生物量、有效收获株数和籽粒产量却较低。通过回归方程拟合可知,田间杂草的生物量(X)与各耕作方式处理下玉米籽粒产量(Y_1)、夏玉米生物量(Y_2)及夏玉米有效收获株数(Y_3)均呈负相关关系,其回归方程分别为: $Y_1 = 16986 - 12.312X$ 、 $Y_2 = 31048 - 22.925X$ 和 $Y_3 = 65362 - 1.0475 X$,相关系数分别为0.7658、0.8527和0.7706。可见,有效收获株数受杂草的危害较夏玉米的生物量要低。

表4 不同耕作方式处理下杂草生物量和夏玉米生物学产量及籽粒产量

Table 4 The weed and summer maize dry biomass and summer maize yield under different tillage systems

处理 Treatments		杂草生物量 Weed biomass /(kg/hm ²)	夏玉米生物量 Summer maize biomass/(kg/hm ²)	夏玉米有效收获株数 Summer maize effective harvest plant /(plant/hm ²)	夏玉米籽粒产量 Summer maize yield /(kg/hm ²)
秸秆全量还田 Total crop straw returned	免耕 Zero tillage	713.16a	15269.59e	64667de	8829.68e
	旋耕 Rotary tillage	603.41b	17432.12d	64733cd	9622.15d
	耙耕 Harrow tillage	634.52b	17878.49cd	64765bc	10104.77c
	深松 Subsoil tillage	435.09c	20350.58ab	64822ab	10980.53b
	常规 Conventional tillage	409.55c	21876.01a	64980a	12187.19a
无秸秆还田 No crop straw returned	免耕 Zero tillage	688.47a	12731.28f	64502f	6671.86f
	旋耕 Rotary tillage	478.39c	20626.86a	64889ab	11388.90b
	耙耕 Harrow tillage	413.58d	21208.73a	64899ab	11687.00a
	深松 Subsoil tillage	589.97d	18550.06bc	64777bc	10267.56c
	常规 Conventional tillage	473.13c	19859.55ab	64887ab	11146.61b

3 讨论

长期不同耕作方式和秸秆还田处理下,夏玉米收获期田间杂草种类、优势杂草组成、各杂草密度和相对丰度均发生变化,导致 Shannon 多样性指数、Shannon 均匀度指数和 Margalef 物种丰富度指数的不同。其原因可能是不同耕作方式和秸秆还田处理导致杂草生存的外部环境条件不同,特别是土壤受扰动程度和光温水肥条件不同,而各种杂草对该外部环境条件改变的适应能力有所差异^[11-12],从而影响了杂草生长所致^[11-12]。

耕作方式影响杂草种子在土壤中的垂直分布,使种子所处的条件如埋藏深度、水分、光照等发生改变,从而间接影响到杂草种子的休眠萌发状况,因而土壤中杂草种子埋藏深度的不同和相应萌发能力的差异可能是不同耕作条件下杂草密度发生变化的主要原因^[13,16]。有研究表明,保护性耕作采用的少、免耕和秸秆还田覆盖措施,有利于多年生杂草的发生,因为在这种条件下多年生杂草的营养繁殖根茎不会因为频繁的耕作活动而折断死亡,种子也更易于在土壤表层积累,从而大量萌发繁殖^[18-19]。本研究发现,秸秆还田与否,田间的杂草密度会发生很大变化。秸秆还田时,田间杂草以免耕时最多,而无秸秆还田时,常规耕作田的杂草密度最大。分析认为秸秆全量还田为杂草的滋生创造了条件,采用免耕后多年生杂草(香附子)、1年生禾本科杂草(马唐、旱稗、牛筋草)及风播杂草(马唐、旱稗、牛筋草、画眉草、碎米莎草、狗尾草和香附子)均显著增多。同时,耙耕还田和旋耕还田只进行了土壤表层耕作,仅造成了土层表层杂草种子的扰动,常规耕作的作业深度深,具有一定的土层均匀性,其表层杂草种子密度低于耙耕还田和旋耕还田。无秸秆还田时,由于杂草难以在不受扰动的土壤中萌发生存,保护性耕对土壤减少了或不进行扰动,所以最终杂草的密度小。

秸秆还田对夏玉米田杂草的影响可能与土壤养分、土壤水分以及土壤温度等的变化有关,小麦玉米一年两熟农田覆盖秸秆后,可显著提高耕层内速效磷、速效钾和有机质含量^[20]。陈尚洪等^[21]发现秸秆还田免耕和旋耕提高了土壤不同形态碳素含量和碳库管理指数,且旋耕更能做到土肥交融,加快微生物对秸秆的分解,比免耕更能有利于有机碳含量的提高。地面覆盖秸秆后,可提高灌溉水和降水的入渗速率,提高土壤水分含量。秸秆还田可改变作物的耗水模式,地面覆盖后,在冬小麦的播种到返青期间,覆盖处理比不覆盖处理少蒸散52.25mm^[22]。由于杂草与玉米存在对光照、土壤水分与养分的竞争,杂草的生长在很大程度上受到玉米生长状况的制约。因此,前期土壤含水量高,有利于杂草生长,这可能是秸秆还田处理杂草多的一个重要原因。

秸秆还田对土壤温度有重要影响, Li 等在黄淮海平原的研究发现^[23], 秸秆覆盖对土壤温度有双重影响: 低温条件下能提高土壤温度, 高温条件下能降低土壤温度。陈素英等^[24]在太行山山前平原的研究也有类似的结果。低温条件下秸秆还田能提高土壤温度, 有利于多年生杂草的安全越冬, 这也可能是秸秆还田条件下杂草较多的一个重要原因。

农田杂草与作物之间存在对光照、土壤养分与水分等资源的竞争, 是导致作物减产的重要因素之一^[11]。不同耕作措施处理下, 以免耕秸秆还田处理杂草种类最多, 对玉米造成的危害更大。这种变化必然对玉米植株的生长产生较大的竞争压力, 玉米植株为获得更好的光照条件, 必然在株高上产生一定的补偿效应, 以利于截获和转化更多的光能, 提高光能利用率。肖红^[25]在水稻上的研究发现, 田间杂草影响水稻产量的最大因素是有效穗的减少和每穗实粒数的减少。这和本研究的结果不同, 田间杂草对夏玉米生物量的危害较其有效收获株数更大。分析认为肖红的研究结果杂草引起水稻有效穗的减少主要是影响了水稻的分蘖能力, 而玉米为单株增产潜力大的作物, 杂草对玉米产量的影响可能为产量构成的其他因素, 这有待于进一步研究。

References:

- [1] Frey S D, Elliott E T, Paustian K, Peterson G A. Fungal translocation as a mechanism for soil nitrogen inputs to surface residue decomposition in a no-tillage agroecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32: 689-698.
- [2] Mc Garry D, Bridge B J, Radford B J. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid tropics. *Soil & Tillage Research*, 2000, 53: 105-115.
- [3] Shipitalo M J, Dick W A, Edwards W M. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil & Tillage Research*, 2000, 53: 167-183.
- [4] Claudia P J, Sisti Rainoldo Kohhann, Bruno J R. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 2004, 76: 39-58.
- [5] Kumar K, Goh K M. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. *Advances in Agronomy*, 2000, 68: 197-319.
- [6] Zhang H L, Gao W S, Chen F, Zhu W S. Prospects and present situation of conservation tillage. *Journal of China Agricultural University*, 2005, 10 (1): 16-20.
- [7] Chen X, Tang J J, Zhao H M, Katsuyoshi Shimizu. Sustainable utilization of weed diversity resources in agro ecosystem. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18 (3): 340-346.
- [8] Jiang X D, Li Z J, Hou L T, Wang Y, Wang X, Yan H. Impacts of minimum tillage and no-tillage systems on soil NO₃-N content and water use efficiency of winter wheat/summer corn cultivation. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21 (7): 20-24.
- [9] Liu S P, Nie X T, Zhang H C, Dai Q G, Huo Z Y, Xu K. Effects of tillage and straw returning on soil fertility and grain yield in a wheat-rice double cropping system. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 7: 49-52.
- [10] Wang Y, Han B, Shi Z Q, Shao G Q, Jiao X D, Ning T Y, Jiao N Y, Li Z J. Effects of Conservation Tillage on Soil Microbial Characters and Soil Enzyme Activities. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20 (4): 120-142.
- [11] Donald C M. Competition among crops and pasture plants. *Advances in Agronomy*, 1963, 15: 1-118.
- [12] Légère A, Stevenson F C, Benoit D L. Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. *European Weed Research Society Weed Research*, 2005, 45: 303-315.
- [13] Olsen J, Kristensen L, Weiner J. Influence of sowing density and spatial pattern of spring wheat (*Triticum aestivum*) on the suppression of different weed species. *Weed Biology and Management*, 2006, 6: 165-173.
- [14] Feng J K, Cui Y H, Zhen R, Li S K. Review on Conservation Tillage of Double Cropping System in North China Plain. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 6: 177-181.
- [15] Cardina J, Regnier E, Harrison K. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Science*, 1991, 39: 186-194.
- [16] Wei S H, Qiang S, Ma B, Wei J G. Effects of different crop system on the characteristics of soil weed seed bank. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(4): 385-389.
- [17] Buhler D D. Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean production in the central USA. *Crop Science*, 1995, 35: 1247-1257.
- [18] Stevenson F C. Weed species diversity in spring barley varies with crop rotation and tillage, but not with nutrient source. *Weed Science*, 1997,

45: 798-806.

- [19] Barberi P, Cozzani A, Macchia M, Bonari E. Size and composition of the weed seedbank under different management systems for continuous maize cropping. *Weed Research*, 1998, 38: 319-334.
- [20] Li Q Q, Chen Y H, Yu S Z, Wu W, Zhou X B, Dong Q Y, Yu S L. Dynamic Variety of Soil Nutrient Content Under Conditions of Straw Mulching and Irrigation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20 (1): 37-40.
- [21] Chen S H, Zhu Z L, Liu D H, Shu L, Wang C Q. Influence of straw mulching with no-till on soil nutrients and carbon pool management index. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14(4): 806-809.
- [22] Li Q Q, Chen Y H, Yu S Z, Wu W, Zhou X B, Dong Q Y, Yu S L. Study of Water Consumption Characteristics in Straw Mulching Winter Wheat Field under Irrigation Conditions. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19 (2): 130-132, 141.
- [23] Li Q Q, Chen Y H, Liu M Y, Zhou X B, Yu S L, Dong B D. Effects of Irrigation and Straw Mulching on Microclimate Characteristics and Water Use Efficiency of Winter Wheat in North China. *Plant Production Science*, 2008, 11: 161-170.
- [24] Chen S Y, Zhang X Y, Pei D, Sun H Y. Effects of corn straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter wheat field. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(10): 171-17.
- [25] Xiao H, Zhou Q X, Cao Y, Cao Z Q. Effects of different application dosage of herbicide on rice production. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14 (4): 601-603.

参考文献:

- [6] 张海林,高旺盛,陈阜,朱文珊.保护性耕作研究现状、发展趋势及对策. *中国农业大学学报*, 2005, 10 (1): 16-20.
- [7] 陈欣,唐建军,赵惠明, Katsuyoshi Shimizu. 农业生态系统中杂草资源的可持续利用. *自然资源学报*, 2003, 18 (3): 340-346.
- [8] 江晓东,李增嘉,侯连涛,王芸,王雪,颜红. 少免耕对灌溉农田冬小麦/夏玉米作物水、肥利用的影响. *农业工程学报*, 2005, 21 (7): 20-24.
- [9] 刘世平,聂新涛,张洪程,戴其根,霍中洋,许轲. 稻麦两熟条件下不同土壤耕作方式与秸秆还田效用分析. *农业工程学报*, 2006, 7: 49-52.
- [10] 王芸,韩宾,史忠强,邵国庆,江晓东,宁堂原,焦念元,李增嘉. 保护性耕作对土壤微生物特性及酶活性的影响. *水土保持学报*, 2006, 20 (4): 120-142.
- [14] 冯聚凯,崔彦宏,甄瑞,李少昆. 华北平原一年两熟区保护性耕作技术研究进展. *中国农学通报*, 2006, 22(6): 177-181.
- [16] 魏守辉,强胜,马波,韦继光. 不同作物轮作制度对土壤杂草种子库特征的影响. *生态学杂志*, 2005, 24(4): 385-389.
- [20] 李全起,陈雨海,于舜章,吴巍,周勋波,董庆裕,余松烈. 覆盖与灌溉条件下农田耕层土壤养分含量的动态变化. *水土保持学报*, 2006, 20 (1): 37-40.
- [21] 陈尚洪,朱钟麟,刘定辉,舒丽,王昌全. 秸秆还田和免耕对土壤养分及碳库管理指数的影响研究. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14 (4): 806-809.
- [22] 李全起,陈雨海,于舜章,吴巍,周勋波,董庆裕,余松烈. 灌溉条件下秸秆覆盖麦田耗水特性研. *水土保持学报*, 2005, 19(2): 130-132, 141.
- [24] 陈素英,张喜英,裴冬,孙宏勇. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响. *农业工程学报*, 2005, 21(10): 171-173.
- [25] 肖红,周启星,曹莹,曹志强. 不同除草剂用量对水稻生产的影响研究. *应用生态学报*, 2003, 14 (4): 601-603.