

· 研究报告 ·

不同耕作与施肥方式对有机玉米田杂草群落和作物产量的影响

博文静¹, 郭立月^{1,2}, 李静¹, 韦继光¹, 李彩虹¹, 李勇¹, 蒋高明^{1*}

¹中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093

²山东农业大学作物生物学国家重点实验室, 泰安 271018

摘要 农田杂草是农业生态系统的重要组成部分。有机农田杂草控制是农业生产的一大难题, 通过施肥方式改变杂草的竞争格局有望成为杂草控制的新途径。以暖温带有机玉米田为研究对象, 设置了5种不同处理, 即不施肥对照处理(CK)、施用牛粪处理(CM)、施用蚯蚓处理过的牛粪处理(EM)、免耕秸秆不覆盖处理(NT)和免耕秸秆覆盖处理(NS), 研究不同耕作和施肥方式对田间杂草密度、生物量、生物多样性及作物产量的影响。结果表明, 在有机玉米农田内共发现杂草17种, CK杂草总密度最高, 但杂草总生物量和生物多样性指数较低。EM杂草总生物量和牛筋草(*Eleusine indica*)生物量最高, 分别比CK增加了192.6%和224.8% ($P < 0.01$), 物种丰富度和生物多样性指数较低, 优势集中度指数较高。NS杂草总密度、总生物量和生物多样性与NT相比显著降低。此外, EM玉米(*Zea mays*)产量比CK高40.2% ($P < 0.01$), 比CM高19.6% ($P < 0.01$)。施用蚯蚓处理过的牛粪不仅提高了玉米产量, 而且可以促进优势种杂草的生长, 提高杂草群落的优势集中度。

关键词 生物多样性, 生物量, 优势种, 施肥, 杂草

博文静, 郭立月, 李静, 韦继光, 李彩虹, 李勇, 蒋高明 (2012). 不同耕作与施肥方式对有机玉米田杂草群落和作物产量的影响. 植物学报 47, 637–644.

有机农业是在生产过程中不使用化肥、杀虫剂、除草剂、生长调节剂转基因技术, 而主要依赖动物粪肥和绿肥保持土壤肥力, 并利用对环境无害的方法控制害虫和杂草的一种耕作方式。杂草是农田生态系统初级生产力的重要组成部分, 但它们经常与作物竞争养分与空间, 造成作物减产。合理的农田管理能有效降低杂草对作物的危害(戴晓琴等, 2011)。已有大量研究(蔡立群等, 2009; 张星杰等, 2009; 韩惠芳等, 2011)表明, 保护性耕作方式, 如免耕、垄作和秸秆覆盖等, 在控制土壤侵蚀和抗旱保水方面发挥作用。例如, 秸秆覆盖可提高土壤水分的利用效率(余海英等, 2011; 张云兰等, 2011)。韩惠芳等(2010)和田欣欣等(2011)的研究表明, 免耕和秸秆还田可影响田间杂草的生物量和生物多样性。长期秸秆还田和有机肥施用能显著降低稻田杂草密度、生物量和生物多样性(李昌新等, 2009)。玉米(*Zea mays*)免耕田覆盖麦秸的杂草数量比免耕不覆盖麦秸的显著降低(约下降53%–

82%)(樊翠芹等, 2009)。但国内外开展的这些研究目前大多仅停留在理论研究阶段, 大规模应用的例子不多。农田杂草控制仍为农业生态系统良性发展面临的棘手问题。

不同施肥措施有望成为控制杂草的新途径。不同施肥方式会对田间杂草群落组成及生物量产生影响。例如, 施化肥和秸秆还田显著提高了田间杂草的优势度, 改变了杂草群落的优势(李儒海等, 2008a, 2008b)。在冬小麦(*Triticum aestivum*)全育生长期, 与不施肥处理相比, 单施氮肥增加了杂草的密度和生物量, 单施磷肥也造成了田间杂草生物量的增加(约增加44%)(侯红乾等, 2007), 说明杂草具有比作物更强的争夺养分的能力。在缺磷土壤上单施氮肥, 杂草发生和生长受到抑制; 增施磷肥, 氮肥效益可得到充分发挥, 杂草发生和生长迅速提高(朱文达等, 1998)。

在有机农业系统中, 反刍动物发挥着重要作用, 它们把农田秸秆、糠、麸皮和榨油后的废弃物等转化

成肉和奶,并产出大量的优质有机肥料(Oltjen and Beckett, 1996)。牛粪较其它畜禽粪便养分含量低,粗纤维和粗灰分含量相对较高(李书田等, 2009),但其产量高且总量大。另外,育肥时可添加一些营养物质增加肥效。通过一定的技术处理,牛粪还可转化为多种无害化和资源化的增值产品。例如,利用牛粪养殖蚯蚓,可达到既能提供动物蛋白又能处理粪便的目的(Mitchell, 1997)。有研究表明,施用经蚯蚓处理过的牛粪可显著增加红车轴草(*Trifolium pratense*)和黄瓜(*Cucumis sativus*)幼苗的生物量积累(Sáinz et al., 1998);可提高水稻(*Oryza sativa*)产量,增加其叶面积和根的生物量;还可提高辣椒(*Capsicum annuum*)中维生素C的含量(吴建繁和王运华, 2000)等。但其对农田杂草多样性和生物量影响的研究却报道较少。

冬小麦-夏玉米一年两熟种植体系在华北平原地区占有重要地位。在秸秆过腹还田的有机农业模式下,研究两种有机质肥料(腐熟牛粪和蚯蚓处理过的牛粪)投入方式和耕作方式对田间杂草的影响具有重要意义。本研究选择山东沂蒙山区冬小麦-夏玉米有机农田,探讨不同有机质投入方式下杂草生物多样性与生物量的变化规律及农田杂草在土壤养分改变后的生长发育规律与竞争格局,以期为寻找经济适用的杂草控制途径提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地点

该实验在山东农业大学农业生态系统定位研究站(35°26'34"N, 117°49'13"E)进行。该站位于山东省平邑县卞桥镇蒋家庄,地处中纬度区,海拔200–400 m,属温带季风区大陆性气候,年平均气温12.3–13.3°C。降雨量为山东省最丰沛的地区之一,雨量受季风影响显著,表现为冬夏降水差异悬殊,降雨量的60%集中在夏季,年平均降雨量为824.8 mm。全年无霜期为188.8–212.0天,全年日照时数为2 490–2 539小时,为农作物提供了较长的生育期和充足的光照。该地区农耕历史悠久,土壤多为沙壤土,农业生态系统耕作制度为一年两熟制,主要粮食作物为玉米和小麦。冬小麦夏玉米轮作体系较为常见。

1.2 实验材料

腐熟牛粪:将牛粪堆成宽1.5 m、厚0.5 m的长方形粪堆,用塑料薄膜密封,每隔2个月翻动1次,堆肥时间为6个月。蚯蚓处理过的牛粪:将牛粪堆成宽1.5 m、厚0.2 m的长方形粪堆,蚯蚓接种量为0.5 kg·m⁻²,保证充足的水分,6个月后将蚯蚓与粪便分离。使用的牛粪均由弘毅生态农场提供,该农场采用生态养殖的方法,以玉米、玉米秸秆、花生糠和豆粕为原料饲喂肉牛,不使用添加剂。

1.3 实验处理

实验时间为2011年6–10月,共设置5个处理,3个重复,随机区组设计,各小区面积为10 m×10 m。对照小区(CK):小麦收获后秸秆不还田,人工翻地15–20 cm,无施肥。施用牛粪处理(CM):小麦收获后,秸秆不还田,人工翻地15–20 cm,施加腐熟牛粪30 t·hm⁻²(干重)。施用蚯蚓处理过的牛粪处理(EM):小麦收获后,秸秆不还田,人工翻地15–20 cm,施加腐熟蚯蚓处理过的牛粪30 t·hm⁻²(干重)。免耕无秸秆覆盖处理(NT):小麦收获后秸秆不还田,留麦茬20 cm,无施肥。免耕秸秆覆盖处理(NS):小麦收获后秸秆全量还田,留麦茬20 cm,无施肥。

1.4 杂草群落调查

于2011年8月下旬对实验地进行取样,样地采用5点取样法,取样面积均为1 m×1 m,记录样方内杂草种类、株数和各种杂草在样地的密度,并测定其生物量(60°C下烘干48小时)。使用相对密度(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。

各小区玉米产量于2011年10月在收获期测定。

1.5 数据处理

生物多样性指标为: Berger-Parker多度(P_i)、Shannon-Wiener多样性指数(H')、Pielou均匀度指数(J_{ew})、Margalef物种丰富度指数(DMG)、Simpson优势集中度(C)和物种丰度(S)。其测度公式为:

$$P_i = n_i / N$$

$$H' = -\sum P_i \cdot \ln P_i$$

$$J_{ew} = H' / (\ln S) - 1$$

$$DMG=(S-1)(\ln N)-1$$
$$C=\sum P_i^2$$

其中, N 为各小区中1 m×1 m内所有杂草的总株数, n_i 为各小区中1 m×1 m内某种杂草的株数, S 为各小区中1 m×1 m杂草群落中的物种数。

采用SPSS 15.0软件中的One-Way ANOVA进行显著性($\alpha=0.05$)和极显著性($\alpha=0.01$)分析。用Sigma-Plot 10.0软件制图, 图表中数据均为各处理的平均值±标准误。

2 结果与讨论

2.1 杂草密度

在进行实验的玉米田里共发现牛筋草(*Eleusine indica*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、马齿苋(*Portulaca oleracea*)、铁苋菜(*Acalypha australis*)、鸭跖草(*Commelina communis*)、鳢肠(*Eclipta prostrata*)、异型莎草(*Cyperus difformis*)、稗(*Echinochloa crus-*

galli)、蒺藜(*Polygonum aviculare*)、青葙(*Celosia argentea*)、反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)、小酸浆(*Physalis minima*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、凹头苋(*Amaranthus blitum*)、打碗花(*Calystegia hederacea*)、金盏银盘(*Bidens biternata*)和饭包草(*Commelina benghalensis*)17种杂草(表1)。在不同施肥处理下, 杂草总密度明显不同。其中, 对照处理(CK)的杂草密度最大, 且其密度增加主要体现在优势种牛筋草上, 说明在贫瘠土地上, 牛筋草比其它杂草更具竞争力。CM的杂草总密度与CK相比无显著差异, EM的杂草总密度比CK低53.6%, 比CM低53.4%。说明施用蚯蚓处理过的牛粪降低了杂草总密度。各处理中, NS的杂草密度最低, 免耕秸秆覆盖处理显著降低了农田的杂草密度。

2.2 优势杂草的种类

不同的施肥和耕作方式不仅影响田间的杂草密度, 而且对群落中优势杂草的组成也有显著影响。从表2可

表1 不同施肥和耕作方式下杂草的种类及其密度

Table 1 Weed species and densities under different tillage and fertilizer treatments

Weed species	Density (plants·m ⁻²)				
	CM	EM	CK	NT	NS
<i>Commelina communis</i>	4.6 a	0.0 c	0.0 c	1.3 b	0.0 c
<i>Portulaca oleracea</i>	4.6 a	2.0 c	4.3 ab	3.0 b	1.6 c
<i>Eclipta prostrata</i>	1.6 b	2.0 b	1.6 b	4.6 a	0.0 c
<i>Cyperus difformis</i>	6.7 a	0.0 c	2.3 b	3.0 b	0.0 c
<i>Eleusine indica</i>	98.6 a	46.3 b	111.6 a	20.0 c	3.6 d
<i>Digitaria sanguinalis</i>	19.3 a	6.0 c	9.3 c	15.0 b	13.7 b
<i>Acalypha australis</i>	5.6 b	7.6 a	8.3 a	4.3 b	0.0 c
<i>Echinochloa crusgalli</i>	0.0 b	0.0 b	0.3 a	0.0 b	0.0 b
<i>Polygonum aviculare</i>	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.3 a	0.0 b
<i>Celosia argentea</i>	2.3 a	0.0 c	0.6 b	0.3 b	0.0 c
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.3 c	0.0 d	0.6 b	1.0 a	0.0 d
<i>Physalis minima</i>	0.0 b	0.0 b	0.3 a	0.3 a	0.0 b
<i>Setaria viridis</i>	0.0 c	0.3 b	1.0 a	0.0 c	0.0 c
<i>Amaranthus blitum</i>	5.0 a	2.3 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c
<i>Calystegia hederacea</i>	1.3 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b
<i>Bidens biternata</i>	0.0 b	0.3 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b
<i>Commelina benghalensis</i>	5.0 b	5.3 b	9.3 a	1.3 c	0.3 c
Total density	154.9 a	72.1 b	155.5 a	54.4 c	19.2 d

CK: 对照组(不施肥, 无秸秆覆盖, 翻地); CM: 施用牛粪处理(无秸秆覆盖, 翻地, 施肥量30 t·hm⁻²(干重)); EM: 施用蚯蚓处理过的牛粪处理(无秸秆覆盖, 翻地, 施肥量30 t·hm⁻²(干重)); NT: 免耕无秸秆覆盖(无施肥); NS: 免耕秸秆覆盖(无施肥)。不同小写字母表明差异显著($P<0.05$)。

CK: Control group (no fertilizer input, no straw mulching, tillage); CM: Apply decomposed cattle dung 30 t·hm⁻² dry weight (no straw mulching, tillage); EM: Apply earthworm-treated cattle dung 30 t·hm⁻² dry weight (no straw mulching, tillage); NT: No-tillage, no straw mulching (no fertilizer); NS: No-tillage, straw mulching (no-fertilizer). Small letters show significant difference ($P<0.05$).

表2 不同施肥和耕作方式下各种杂草的相对密度

Table 2 The relative densities of weed species under different tillage and fertilizer treatments

Weed species	Relative density (%)				
	CM	EM	CK	NT	NS
<i>Commelina communis</i>	3.0 a	0.0 c	0.0 c	2.4 b	0.0 c
<i>Portulaca oleracea</i>	3.0 bc	2.8 c	2.8 c	5.5 b	8.3 a
<i>Eclipta prostrata</i>	1.0 c	2.8 b	1.0 c	8.5 a	0.0 d
<i>Cyperus difformis</i>	4.3 a	0.0 c	1.5 b	5.5 a	0.0 c
<i>Eleusine indica</i>	63.7 a	64.2 a	71.8 a	36.8 b	18.8 c
<i>Digitaria sanguinalis</i>	12.4 c	8.3 d	6.0 d	27.6 b	71.4 a
<i>Acalypha australis</i>	3.6 c	10.5 a	5.3 bc	7.9 b	0.0 d
<i>Echinochloa crusgalli</i>	0.0 b	0.0 b	0.2 a	0.0 b	0.0 b
<i>Polygonum aviculare</i>	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.6 a	0.0 b
<i>Celosia argentea</i>	1.5 a	0.0 c	0.4 b	0.6 b	0.0 c
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0.2 b	0.0 c	0.4 b	1.8 a	0.0 c
<i>Physalis minima</i>	0.0 c	0.0 c	0.2 b	0.6 a	0.0 c
<i>Setaria viridis</i>	0.0 b	0.4 a	0.6 a	0.0 b	0.0 b
<i>Amaranthus blitum</i>	3.2 a	3.2 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b
<i>Calystegia hederacea</i>	0.8 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b
<i>Bidens biternata</i>	0.0 b	0.4 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b
<i>Commelina benghalensis</i>	3.2 b	7.4 a	6.0 a	2.4 bc	1.6 c

CK、CM、EM、NT和NS同表1。不同小写字母表明差异显著($P<0.05$)。

CK, CM, EM, NT and NS see Table 1. Small letters show significant difference ($P<0.05$).

以看出, CK处理小区中牛筋草为优势种, 其相对密度为71.8%; CM处理小区中优势种为牛筋草和马齿苋, 总相对密度为76%; 而EM处理小区中优势种为牛筋草和铁苋菜, 总相对密度为74%。NT处理小区, 牛筋草和马唐为优势种, 其中马唐的相对密度与其它各肥料处理相比有明显增加; NS处理小区, 马唐和牛筋草为优势种, 且马唐的相对密度(71.4%)显著高于牛筋草(18.8%)。研究结果表明, 牛筋草和马唐是玉米田最主要的杂草, 并且马唐与其它杂草相比能较好地适应免耕与秸秆覆盖处理。

2.3 杂草生物量

玉米田杂草总生物量和优势种生物量随着施肥和耕作方式的不同表现出明显差异(图1, 图2)。其中, 免耕秸秆覆盖处理(NS)小区的杂草总生物量和牛筋草生物量比免耕无秸秆覆盖处理(NT)小区显著降低($P<0.01$)。施用蚯蚓处理过的牛粪(EM)小区杂草总生物量比对照(CK)处理组增加了192.6%($P<0.01$), 比CM处理小区增加了134.4%($P<0.01$)。EM处理小区优势种牛筋草生物量比CK处理组增加了224.8%($P<$

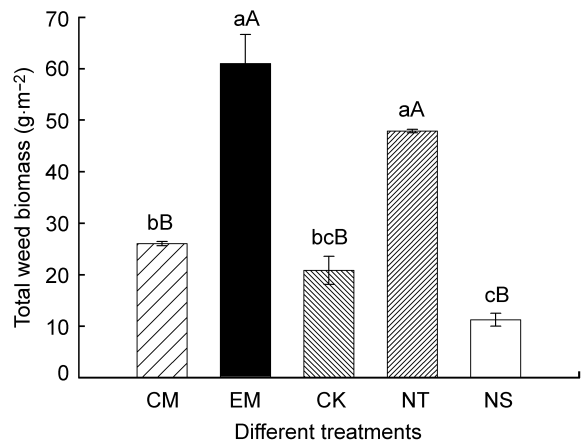


图1 不同耕作模式和施肥方式处理下杂草的总生物量
不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。CK、CM、EM、NT和NS同表1。

Figure 1 The total biomass of weed under different tillage and fertilizer treatments
Small letters show significant difference ($P<0.05$), and capital letters show extremely significant difference ($P<0.01$). CK, CM, EM, NT and NS see Table 1.

表3 不同耕作和施肥方式处理下杂草的生物多样性指数

Table 3 The biodiversity indices of weed under different tillage and fertilizer treatments

Indicators	Treatments				
	CK	CM	EM	NT	NS
Shannon-Wiener index	1.46	1.68	1.49	1.53	1.03
Pielou index	0.64	0.71	0.73	0.81	0.86
Simpson index	0.47	0.30	0.37	0.24	0.43
Margalef index	1.81	1.91	1.55	1.43	0.79

CK、CM、EM、NT和NS同表1。CK, CM, EM, NT and NS see Table 1.

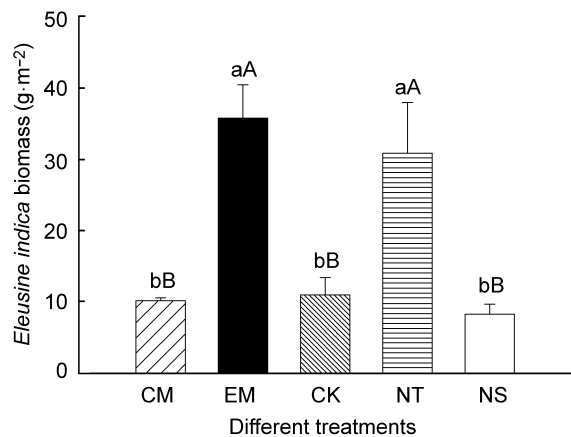


图2 不同耕作模式和施肥方式处理下牛筋草的生物量
不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。CK、CM、EM、NT和NS同表1。

Figure 2 The biomass of *Eleusine indica* under different tillage and fertilizer treatments

Small letters show significant difference ($P<0.05$), and capital letters show extremely significant difference ($P<0.01$). CK, CM, EM, NT and NS see Table 1.

0.01), 比CM处理小区增加了250.6%($P<0.01$)。但施用牛粪小区的总杂草生物量和牛筋草生物量与对照组相比无显著差异。EM处理小区杂草优势种的相对生物量(优势种生物量/总生物量)增加, CK处理组的优势种杂草生物量占杂草总生物量的65.9%, CM和EM处理小区则分别为72%和80.8%($P<0.01$)。说明蚯蚓处理过的牛粪对土壤改良有很好的效果, 能够促进杂草优势种的生长。

2.4 杂草生物多样性

长期不同耕作和施肥方式对杂草生长产生了影响, 进

而影响了农田杂草的生物多样性。由表3可知, 与CK处理组相比, CM处理的农田生物多样性指数明显增加。EM处理的农田与CK处理组相比生物多样性指数差异不大。主要原因是蚯蚓处理过的牛粪显著促进了优势种牛筋草的生长, 对其它杂草产生竞争作用, 提高了其优势集中度。NS处理的农田与NT相比, 生物多样性和物种丰富度显著降低, 但其优势集中度增加, 主要原因是马唐对秸秆覆盖有较强的适应性, 小麦秸秆全量覆盖使马唐成为玉米田间的主要杂草。

2.5 玉米产量

不同耕作和施肥方式不仅改变了玉米田杂草群落的组成, 而且对玉米产量也产生了不同的影响。EM处理农田的玉米产量比CK处理组高40.2%($P<0.01$), 比CM处理农田高19.6%($P<0.01$)。CM处理农田的玉米产量比CK处理组提高了17.2%($P<0.05$)。NT和NS处理农田的玉米产量与CK处理组相比无显著差异(图3)。说明施用蚯蚓处理过的牛粪能显著增加玉米的产量。保护性耕作方式对控制杂草有一定的作用, 但对玉米产量无显著影响。

2.6 讨论

在不同施肥和耕作方式下, 有机夏玉米田间杂草种类、密度和优势杂草组成均发生了不同程度的变化, 不同施肥处理形成了不同养分状况的土壤环境, 该差异使杂草生物多样性发生了改变(Kandasamy et al., 2000; Yin et al., 2006; 汤雷雷等, 2010)。用牛粪喂养蚯蚓, 再将蚯蚓处理过的牛粪还田, 显著提高了优势种牛筋草的密度和生物量, 降低了整个小区的生物多样性。说明蚯蚓处理过的牛粪能很好地促进牛筋草的生长, 使其比其它杂草具有更强的竞争力。此外, 施用蚯蚓处理过的牛粪也显著增加了玉米的产量, 比

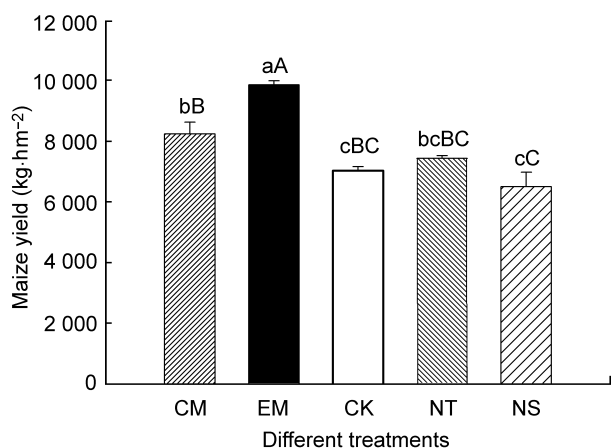


图3 不同耕作模式和施肥方式处理下的玉米产量
不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。CK、CM、EM、NT和NS同表1。

Figure 3 The yield of maize under different tillage and fertilizer treatments

Small letters show significant difference ($P<0.05$), and capital letters show extremely significant difference ($P<0.01$). CK, CM, EM, NT and NS see Table 1.

施用腐熟牛粪小区增加了19.6%($P<0.01$)。由此可见,该措施在提高杂草总生物量和优势种生物量的同时并没有引起作物减产,反而提高了产量。

蚯蚓处理过的牛粪促进植物生长的机理可能为:

(1) 提高土壤保水和持水能力,进而影响植物根系的生长(金亚波等, 2009); (2) 提高牛粪中可溶性N、P和K的含量(Ndegwa and Thompson, 2001), 并促进植物吸收; (3) 促进被微生物固持的养分的释放和土壤中微生物种群活性的增强(张宝贵等, 2000), 通过影响土壤中微生物的碳变化, 促使微生物呼吸释放的碳进一步通过光合作用被植物激活, 从而导致土壤中的碳向植物输入, 并最终调控植物生物量的变化; (4) 提高土壤中性磷酸酶、蛋白酶、脲酶和蔗糖酶的活性, 进而提高土壤的供肥性能, 促进植物的生长并提高产量(崔玉珍和牛明芬, 1998; 金亚波等, 2009)。另外, 土壤中类激素物质增加也可能导致植物生长加快(Atiyeh et al., 2000)。由于牛筋草比其它植物具更深的根系, 且地上光合器官发达, 在有利水肥条件下, 可控制其它杂草。因其高度原因, 牛筋草无法与玉米竞争空间优势, 从而在玉米田内形成了以玉米为绝对优

势, 牛筋草为次要优势, 其它杂草无法形成生长优势的新格局。

免耕秸秆覆盖可明显降低玉米田间杂草的总密度、生物量和生物多样性, 但对玉米产量没有显著影响。由于秸秆覆盖改变了土壤温度、湿度和含水量, 进而影响了杂草种子的萌发, 并且秸秆覆盖下潮湿隐蔽的小环境增加了杂草幼苗感染病菌的机会(郭宪等, 2007)。免耕条件下麦根留在土壤里, 在其分解过程中会对其它杂草造成化学抑制。例如, 马永清和韩庆华(1993)的研究表明, 麦根水提物对杂草种子的萌发有抑制作用; 郭宪等(2007)的研究表明, 小麦秸秆在分解过程中产生的某些化感类物质对杂草的生长起抑制作用。秸秆覆盖对控制杂草有很好的效果。但实际应用中, 在一年两到三熟的农作区, 为了抢农时, 农民需要尽快播种下茬作物, 因此往往会把前茬的秸秆烧掉。曾经作为家庭能源的秸秆逐渐被化石燃料取代, 化肥代替了秸秆堆肥, 机械化代替了农耕, 农户养牛的少了, 用秸秆做饲料的途径也少了, 导致秸秆成了农村的废弃物(张庆忠, 2008)。我国平均每年燃烧秸秆 1.40×10^{14} g, 造成了大量的温室气体和有毒气体的排放(Cao et al., 2008)。

在有机种植模式下, 农业系统中增加反刍动物, 使废弃秸秆过腹还田, 产生大量的牛粪。利用蚯蚓对牛粪的资源化处理, 即可收获鲜蚯蚓, 又可获得优质的有机肥料。本研究结果表明, 施用蚯蚓处理过的牛粪增加了玉米产量, 促进了优势种杂草的生长, 提高了杂草群落的优势集中度, 为防治有机农田杂草提供了有利条件。

参考文献

- 蔡立群, 齐鹏, 张仁陟, 李爱宗 (2009). 不同保护性耕作措施对麦-豆轮作土壤有机碳库的影响. 中国生态农业学报 17, 1-6.
- 崔玉珍, 牛明芬 (1998). 蚯蚓粪对土壤的培肥作用及草莓产量和品质的影响. 土壤通报 29, 156-157.
- 戴晓琴, 欧阳竹, 李运生 (2011). 耕作措施和施肥方式对麦田杂草密度和生物量的影响. 生态学杂志 30, 234-240.
- 樊翠芹, 王贵启, 李秉华, 许贤 (2009). 不同耕作方式对玉米田杂草发生规律及产量的影响. 中国农学通报 10, 207-211.
- 郭宪, 金玉美, 连海明, 王娟 (2007). 麦秸覆盖对杂草萌发及

- 玉米产量的影响. 安徽农业科学 **35**, 2595–2596.
- 韩惠芳, 宁堂原, 李增嘉, 田慎重, 王瑜, 仲惟磊, 田欣欣 (2011). 保护性耕作和杂草管理对冬小麦农田土壤水分及有机碳的影响. 应用生态学报 **22**, 1183–1188.
- 韩惠芳, 宁堂原, 田慎重, 王瑜, 王丙文, 仲惟磊, 李增嘉, 田欣欣 (2010). 土壤耕作及秸秆还田对夏玉米田杂草生物多样性的影响. 生态学报 **30**, 1140–1147.
- 侯红乾, 李世清, 南维鸽 (2007). 冬小麦播种密度和施肥方式对麦田杂草群落组成及生长的影响. 西北植物学报 **27**, 1849–1854.
- 金亚波, 韦建玉, 屈冉 (2009). 蚯蚓与微生物、土壤重金属及植物的关系. 土壤通报 **40**, 439–445.
- 李昌新, 赵锋, 芮雯奕, 黄欠如, 余喜初, 张卫建 (2009). 长期秸秆还田和有机肥施用对双季稻田冬春季杂草群落的影响. 草业学报 **18**, 142–147.
- 李儒海, 强胜, 邱多生, 储秋华, 潘根兴 (2008a). 长期不同施肥方式对稻油两熟制油菜田杂草群落多样性的影响. 生物多样性 **16**, 118–125.
- 李儒海, 强胜, 邱多生, 储秋华, 潘根兴 (2008b). 长期不同施肥方式对稻油轮作制水稻田杂草群落的影响. 生态学报 **28**, 3236–3243.
- 李书田, 刘荣乐, 陕红 (2009). 我国主要畜禽粪便养分含量及变化分析. 农业环境科学学报 **28**, 179–184.
- 马永清, 韩庆华 (1993). 不同玉米品种对麦秸覆盖引起的生化他感作用的差异性分析. 生态农业研究 **1**(4), 65–69.
- 汤雷雷, 万开元, 陈防 (2010). 养分管理与农田杂草生物多样性和遗传进化的关系研究进展. 生态环境学报 **19**, 1744–1749.
- 田欣欣, 薄存瑶, 李丽, 徐东东, 宁堂原, 韩惠芳, 田慎重, 李增嘉 (2011). 耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响. 生态学报 **31**, 2768–2775.
- 吴建繁, 王运华 (2000). 无公害蔬菜营养与施肥研究进展. 植物学通报 **17**, 492–503.
- 余海英, 彭文英, 马秀, 张科利 (2011). 免耕对北方旱作玉米土壤水分及物理性质的影响. 应用生态学报 **22**, 99–104.
- 张宝贵, 李贵桐, 申天寿 (2000). 威廉环毛蚯蚓对土壤微生物量及活性的影响. 生态学报 **20**, 168–172.
- 张庆忠 (2008). 秸秆焚烧缘何屡禁难止? 世界环境 (1), 46–47.
- 张星杰, 刘景辉, 李立军, 段宇坤, 王智功, 苏顺和 (2009). 保护性耕作方式下土壤养分、微生物及酶活性研究. 土壤通报 **40**, 542–546.
- 张云兰, 王龙昌, 邹聪明, 胡小东, 何遂, 朱建国, 雷军, 罗明亮 (2011). 高温伏旱区麦/玉/薯三熟制保护性耕作旱地土壤水分动态及产量效应. 土壤通报 **42**, 16–21.
- 朱文达, 涂书新, 魏福香 (1998). 施肥对麦田杂草发生、生长及危害的影响. 植物保护学报 **25**, 364–367.
- Atiyeh RM, Arancon N, Edwards CA, Metzger JD (2000). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour Technol* **75**, 175–180.
- Cao GL, Zhang XY, Wang YQ, Zhang FC (2008). Estimation of emissions from field burning of crop straw in China. *Chin Sci Bull* **53**, 784–790.
- Kandasamy OS, Bayan HC, Santhy P, Selvi D (2000). Long-term effects of fertilizer application and three crop rotations on changes in the weed species in the 68th cropping (after 26 years). *Acta Agronom Hung* **48**, 149–154.
- Mitchell A (1997). Production of *Eisenia fetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. *Soil Biol Biochem* **29**, 763–766.
- Ndegwa PM, Thompson SA (2001). Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresour Technol* **76**, 107–112.
- Oltjen JW, Beckett JL (1996). Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *J Anim Sci* **74**, 1406–1409.
- Sáinz MJ, Taboada-Castro MT, Vilariño A (1998). Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant Soil* **205**, 85–92.
- Yin LC, Cai ZC, Zhong WH (2006). Changes in weed community diversity of maize crops due to long-term fertilization. *Crop Prot* **25**, 910–914.

Impact of Different Tillages and Fertilization Patterns on Weed Community and Corn Yield in an Organic Farmland

Wenjing Bo¹, Liyue Guo^{1,2}, Jing Li¹, Jiguang Wei¹, Caihong Li¹, Yong Li¹, Gaoming Jiang^{1*}

¹State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; ²State Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

Abstract Weed, as an important component of agricultural ecosystem, is a difficult trouble in organic farming management. Applying different organic fertilizers to change the competitive pattern of weeds may be a new approach for weed control. We aimed to investigate the impact of different tillage and fertilization patterns on weed density, biomass, and biodiversity and crop yield in a temperate organic corn field. We used 5 treatments: no fertilization (CK), cattle dung (CM), earthworm manure (EM), no-tillage (NT) and no-tillage with straw mulching (NS). We found 17 species of weeds in the organic field. CK produced the highest total weed density, but the weed biomass and biodiversity index was lower than with CM and EM. EM produced the highest total weed biomass, and that of *Eleusine indica* increased by 192.6% and 224.8% ($P<0.01$) as compared with CK. The species richness and biodiversity index was lower with EM than CK; however, EM produced the highest dominant concentration degree. Total weed density, total weed biomass and biodiversity were lower in NS than in NT. As well, the yield of maize was greater with EM than CK (increased 40.2%, $P<0.01$) and CM. Thus, the application of cattle dung composted of earthworms could increase the yield of maize and the dominant concentration of weed community in organic farmland.

Key words biodiversity, biomass, dominant species, fertilizer, weed community

Bo WJ, Guo LY, Li J, Wei JG, Li CH, Li Y, Jiang GM (2012). Impact of different tillages and fertilization patterns on weed community and corn yield in an organic farmland. *Chin Bull Bot* **47**, 637–644.

* Author for correspondence. E-mail: jianggm@126.com