

不同施肥水平对新疆伊犁有机大豆田杂草群落及作物产量的影响

焦子伟<sup>1</sup>,张相峰<sup>1</sup>,尚天翠<sup>1</sup>,董 明<sup>2</sup>,郭岩彬<sup>2</sup>

(1. 伊犁师范学院 化学与生物科学学院,新疆 伊宁 835000; 2. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193)

**摘 要:**对不同有机肥施肥水平下新疆伊犁有机大豆田的杂草发生种类、发生量、群落多样性及大豆产量等进行研究与分析。结果表明:有机大豆生育期内共发生杂草 10 科 16 种,以双子叶、一年生杂草为主要发生类型。处理 N180 (纯 N 180 kg·hm<sup>-2</sup>)、N120 (纯 N 120 kg·hm<sup>-2</sup>)、N60 (纯 N 60 kg·hm<sup>-2</sup>) 与对照 N0 (纯 N 0 kg·hm<sup>-2</sup>) 相比,其发生的杂草种类基本一致;全生育期内 4 种处理杂草的发生量差异不显著 ( $P < 0.05$ ),对其杂草发生量未有影响。苗期和花期,4 种处理杂草的群落结构基本一致,均以反枝苋 (*Amaranthus retroflexus* L.)、无芒稗 (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. var. *mitis* (Pursh) Peterm) 和灰藜 (*Chenopodium album* L.) 3 种杂草为优势种,但其优势度或高或低;成熟期,N180、N120 处理的杂草群落优势种与苗期、花期的基本一致,N60 处理的优势种为反枝苋、无芒稗和稗 (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.);对照的优势种则变为反枝苋、灰藜和稗。4 种处理对其杂草群落的丰富度均随采样次数而下降,但对其杂草群落多样性和均匀度未有影响,且对其杂草群落的共有种与相似度表现的随机性比较强。从成本和增产效果等综合因素考虑分析,N120 处理的成本相对较低,增产效果较佳。  
**关键词:**有机肥;有机大豆;杂草群落;多样性;产量  
**中图分类号:**S565. 1      **文献标识码:**A      **DOI:**10. 11861/j. issn. 1000-9841. 2015. 03. 0449

Effects of Different Fertilizer Levels on Weed Community and Crop Yield in Organic Soybean Field in Ili Prefecture

JIAO Zi-wei<sup>1</sup>, ZHANG Xiang-feng<sup>1</sup>, SHANG Tian-cui<sup>1</sup>, DONG Ming<sup>2</sup>, GUO Yan-bin<sup>2</sup>

(1. College of Chemistry and Biological Sciences, Ili Normal University, Yining 835000, China; 2. College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract:** In this article, we analyzed weed species, density, community structure, diversity and crop yield of soybean farmland under different fertilizer levels in Ili prefecture, Xinjiang Uygur autonomous region. Total of 10 families and 16 species of weeds were observed in the growth stages of organic soybean field, and the dicotyledonous and annual weed was the main type. Endogen weed of total 16-kind weeds had 3 species, which was all for gramineous weeds and accounted for 19% in all weeds; Dicotyledonous weed had 13 species, and accounted for 81% in all weeds. Treatment N180 (pure N 180 kg·ha<sup>-1</sup>), treatment N120 (pure N 120 kg·ha<sup>-1</sup>), and treatment N60 (pure N 60 kg·ha<sup>-1</sup>), compared to control N0 (pure N 0 kg·ha<sup>-1</sup>), weed species were basically identical, the number of weeds were not significantly different and had no influence under the four treatments. The community structure of farmland weeds was basically identical, and the dominant species of organic soybean field in seedling and flowering stage were *Amaranthus retroflexus* L., *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. var. *mitis* (Pursh) Peterm and *Chenopodium album* L. under the four different fertilizer treatments, but the dominance of weed species was high or low. The dominant weed species in mature period were basic consistent with the seedling and flowering stage between treatment N180 and treatment N120, the dominant weed species of treatment N60 were *Amaranthus retroflexus* L., *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. var. *mitis* (Pursh) Peterm and *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., but the dominant weed species of treatment control N0 changed to *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L. and *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.. The change trend of abundance, Shannon-Wiener index, Pielou evenness index and Simpson index of different fertilizer treatment was basically consistent. The weed community richness of organic soybean field of the different fertilizer treatment decreased with sampling frequency, but the species diversity and evenness of weed community had no influence, and the randomness embodied by common kind and similarity of weed community was stronger. Based on the analysis of the factors about cost, increasing production effect and so on, although the soybean yield of treatment N180 was the highest, the economic cost was the highest; the cost of treatment N120 was relatively lower, and the effect of increase production was better.  
**Keywords:** Manure; Organic soybean; Weed community; Biodiversity; Production

近年来,国内外有机农业得到了较快发展,不少研究者对有机农业病虫草害综合管理和肥力调控等关键技术进行了深入研究与探讨,并将其关键技术广泛应用于生产实践<sup>[1-2]</sup>。有机农业生产通常采取合理轮作、间套作,牲畜放牧,人工、机械中耕除草,作物秸秆或杂草覆盖,火焰喷烧及植物化感作用等措施有效地控制杂草的危害,提高农作物产量<sup>[3-6]</sup>。施肥是一个十分重要的农业生产手段,是提高作物产量和改变杂草群落结构的重要措施之一<sup>[7]</sup>。目前已有很多国内外学者开展了长期施肥

收稿日期:2014-02-18  
基金项目:伊犁师范学院校级重点项目(2013YSZD01)。  
第一作者简介:焦子伟(1973-),男,博士,副教授,主要从事微生物生态及绿色有机农业有害生物综合防控研究与示范研究。E-mail: 741285332@qq.com。  
通讯作者:郭岩彬(1978-),男,博士,副教授,主要从事土壤微生物、有机农业等研究。E-mail: guoyb@cau.edu.cn。

条件下杂草群落生态学与物种多样性评估等方面研究<sup>[7-9]</sup>。已有研究表明有机夏玉米在不同施肥和耕作方式下其田间杂草种类、密度和优势种组成都发生了不同程度的变化,以及不同施肥处理形成了不同养分状况的土壤环境导致了其杂草生物多样性发生了改变<sup>[7,10-11]</sup>。但在有机大豆农田,不同施肥水平对其杂草群落生物多样性及作物产量影响研究却报道较少。

伊犁河谷是新疆重要的大豆种植基地,又是新疆乃至我国重要的畜牧业养殖基地,天然有机肥源丰富,有机农业种植主要肥料来源主要为畜、禽粪便经高温处理加工而成<sup>[12]</sup>。本文通过调查在不同有机肥施肥水平下有机大豆农田杂草群落各个种发生的种类、密度及盖度等相关指标,分析其农田杂草发生种类,杂草群落发生量、多样性,杂草群落相似度以及对作物产量的影响,以期掌握不同施肥处理对有机大豆杂草群落多样性影响机制和作物增产的最佳施肥水平,为该区域有机大豆田杂草控制及经济合理施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

新源县是伊犁大豆主产区,属大陆性半干旱气候区,全年平均气温 6.1 ~ 9.3℃,无霜期在 140 ~ 180 d。全年日照时数 4 442 h,全年太阳总辐射量 133.8 kcal·cm<sup>-2</sup>。土壤类型为黑钙土和栗钙土,pH7.9 ~ 8.3,偏碱性。该实验田选择在有机大豆种植基地,地处 N43°27',E83°17',海拔高度 900 m,面积 3.5 hm<sup>2</sup>,土壤肥沃,种植条件较好。

1.2 试验设计

试验于 2012 年 4 月进行,共设 4 个处理,N180、N120、N60 和 N0,对应施用有机肥折合纯 N 分别为 180,120,60 和 0 kg·hm<sup>-2</sup>,试验用有机肥为伊犁霍城县新月肥料厂生产的商用有机肥。每个处理设 3 个重复,共计 12 个小区,随机排列。每个小区面积为 54 m<sup>2</sup>(6 m×9 m)。

试验区按照有机方式进行管理,种植大豆品系为 94-9B,播种量 135 kg·hm<sup>-2</sup>,犁地前商品有机肥作为基肥一次施入,播种时间 5 月 4 日。除草 3 次,即苗期人工除草,花期中耕机械除草加人工除草,成熟期进行人工拔草。全生育期灌溉 2 次,始花期和鼓粒期各进行一次灌溉,灌溉时每个小区单独进行灌溉。机械采收,单打单放。

1.3 调查项目与方法

实验区在大豆苗期、花期和成熟期 3 次采样,每次采样均于除草前进行。每次取样分别于每个小

区随机取 3 个样点,每个样点面积为 0.45 m<sup>2</sup>(0.45 m×1 m),调查样点内杂草种类、数量及盖度。盖度以样点法进行测定。样点法为将采样小区均分为 100 个部分,若一个部分中出现某种杂草,则记为该种杂草盖度增加 1%。大豆收获期进行采样,每个小区随机取 3 个样点,每个样点 0.45 m<sup>2</sup>(0.45 m×1 m),记录样点内大豆株数,进行室内考种、测算大豆产量。

1.4 数据分析

依据《中国农田杂草原色图谱》将杂草鉴定到种<sup>[13]</sup>。群落的杂草发生量以该群落杂草发生的总密度测度。某一物种在群落中的地位采用重要值来进行测度。群落的多样性采用物种丰富度(S)、Shannon-Wenner 多样性指数(H)、Simpson 多样性指数(D)<sup>[14]</sup>、Pielou 均匀度指数(E)来进行测度<sup>[15]</sup>。群落与群落之间的相似程度采用不同群落间共有种数与 Jaccard 指数进行测度<sup>[16]</sup>。其计算方法如下:

重要值计算:重要值 = 相对密度 + 相对频度 + 相对盖度。

物种多样性计算:Shannon-Wenner 多样性指数, $H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ 。

Simpson 多样性指数, $D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$

Pielou 均匀度指数, $E = H' / H_{\max}$   
 $H_{\max} = \ln S$

其中 S 为物种数;P<sub>i</sub> 为第 I 种个体占总个体数的比例;H' 为多样性指数;H<sub>max</sub> 为最大的种类多样性。

群落相似性计算:Jaccard 指数  $C_j = j / (a + b - j)$

其中 j 为两个样地共有种数,a 和 b 分别为两样地的物种数。

理论公顷产量 = 公顷株数 × 百粒重 × 每株粒数/100。

所有监测数据以平均值为依据,数据分析采用 Excel 软件(Version 2003, USA)、SAS 软件(Version 8.0, USA)进行数据处理及方差分析。

2 结果与分析

2.1 试验区杂草发生概况

表 1 结果显示,整个有机大豆生长季内不同施肥处理小区共发生杂草 10 科 16 种,16 种杂草中单子叶杂草有 3 种,全部为禾本科杂草,占全部杂草的 19%;双子叶杂草为 13 种,占全部杂草的 81%,为发生杂草的主要类型。就生活型而言,一年生杂草为 14 种,占全部杂草的 88%,为发生杂草的主要生

活型;多年生杂草为1种,占全部杂草的6%;越年生杂草为1种,占全部杂草的6%。4种处理发生的杂草种类基本一致,其中处理 N180 发生杂草 8 科 13 种,处理 N120 发生杂草 8 科 13 种,处理 N60 发生杂草 10 科 15 种,处理 N0(对照)发生杂草 10 科 16 种。处理 N180 与处理 N120 的杂草发生种类完

全一致。各处理仅在蓼科与菊科的3个种的发生上产生了差异,分别为绵毛酸模叶蓼(*Polygonum lapathifoliun* L. var. *salicifolium* Sibth.)、篇蓄(*polygonum aviculare* L.)和苍耳(*Xanthium sibiricum* Patrin)。

表 1 有机大豆不同施肥水平处理全年杂草发生种类  
Table 1 Weed species occuring under different fertilizer levels throughout the year

杂草种类 Weed specie	科 Family	杂草类型 Weed catagary	N180	N120	N60	N0
灰黎 <i>Chenopodium album</i> L.	藜科	双子叶,一年生	*	*	*	*
小黎 <i>Chenopodium serotinum</i> L.	藜科	双子叶,一年生	*	*	*	*
中亚滨藜 <i>Atriplex centralasiatica</i> Iljin	藜科	双子叶,一年生	*	*	*	*
无芒稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv. var. <i>mitis</i> (Pursh) Peterm	禾本科	单子叶,一年生	*	*	*	*
稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	禾本科	单子叶,一年生	*	*	*	*
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	禾本科	单子叶,一年生	*	*	*	*
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	苋科	双子叶,一年生	*	*	*	*
凹头苋 <i>Amaranthus lividus</i> L.	苋科	双子叶,一年生	*	*	*	*
天蓝苜蓿 <i>Medicago lupulina</i> L.	豆科	双子叶,越年生	*	*	*	*
野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i> L.	锦葵科	双子叶,一年生	*	*	*	*
野油菜 <i>Rorippa Montana</i> (Wall.) Small	十字花科	双子叶,一年生	*	*	*	*
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	旋花科	双子叶,多年生	*	*	*	*
龙葵 <i>Solanum nigrum</i> L.	茄科	双子叶,一年生	*	*	*	*
绵毛酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> L. var. <i>salicifolium</i> Sibth.	蓼科	双子叶,一年生			*	*
篇蓄 <i>polygonum aviculare</i> L.	蓼科	双子叶,一年生				*
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patrin	菊科	双子叶,一年生			*	*

“\*”表示该种杂草发生。  
“\*” indicates this specie was found in survey.

2.2 有机大豆不同施肥水平对杂草群落的影响

2.2.1 杂草发生量 由表 2 可知,每一个时期 N180、N120、N60 三个施肥量处理与 N0(对照)相比杂草的发生量均没有显著性差异( $P<0.05$ )。因在苗期、花期进行了人工除草和机械中耕除草,4 种施肥处理的杂草发生量在苗期、花期之后都有了一个很大的下降。但在除草之后杂草发生量的变化趋势基本保持了一致,这说明不同施肥水平处理对有机大豆田间杂草发生量未有影响。

2.2.2 杂草群落结构 表 3~5 的结果反映了在 3 次采样时期不同施肥处理杂草群落中种的发生量与其在群落中地位的变化情况,有机大豆苗期不同施肥处理的群落结构基本一致,N180、N120、N60 三种施肥处理之间与 N0(对照)相比,尽管各个杂草的重要值不尽相同,但以反枝苋杂草的重要值为最高,均是以反枝苋、无芒稗和灰黎杂草为优势种,其次是稗、小黎等,但 N0(对照)其杂草优势种反枝苋

和无芒稗的重要值相等,具有同等的地位。

表 2 不同施肥水平处理田间杂草发生总密度

Table 2 Total density of weeds under different fertilizer levels at different investigation time(plant·m<sup>-2</sup>)

处理 Treatment	苗期 Seedling stage	花期 Flowering stage	成熟期 Mature stage
N180	120.49 ± 35.29 a	40.00 ± 3.39 a	9.88 ± 6.88 a
N120	178.52 ± 61.35 a	41.48 ± 5.59 a	10.62 ± 2.38 a
N60	160.49 ± 33.14 a	36.05 ± 15.72 a	10.12 ± 2.60 a
N0	155.80 ± 29.07 a	39.26 ± 7.52 a	10.12 ± 3.42 a

同列小写字母相同表示差异不显著( $P<0.05$ )。  
Same letters within the same column meant no significant difference ( $P<0.05$ ).

大豆花期与苗期时杂草群落结构相比,其杂草群落结构基本一致,N180、N120 两种施肥处理,其杂草无芒稗的优势度有了上升,反枝苋的优势度有所下降,优势种均为无芒稗、反枝苋和灰黎杂草;

N60 处理的杂草优势种则与苗期的一致, 仍为反枝苋、无芒稗和灰黎杂草; N0(对照)的杂草优势种, 灰黎的优势度有了上升, 其杂草优势种为无芒稗、灰黎和反枝苋杂草。

大豆成熟期与苗期、花期的相比, 有了变化。杂草反枝苋优势度有了较大提升, 处于优势地位,

无芒稗的优势度有所下降, N180、N120 两种处理杂草群落的优势种为反枝苋、无芒稗和灰黎; N60 处理, 稗的优势度高于灰黎的, 其杂草群落的优势种为反枝苋、无芒稗和稗; N0(对照)处理, 灰黎、稗两种杂草的优势度高于无芒稗的, 其杂草群落的优势种则变为反枝苋、灰黎和稗。

表 3 苗期不同施肥量对田间杂草发生密度与优势度的影响

Table 3 Effects of different fertilizer levels on density and dominance of weeds in seedling stage

杂草群落 Weed community	N180		N120		N60		N0	
	密度	重要值	密度	重要值	密度	重要值	密度	重要值
	Density	Important	Density	Important	Density	Important	Density	Important
	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value
灰黎 <i>Chenopodium album</i> L.	15.06 ± 11.39	0.53 ± 0.09 bc	30.86 ± 14.91	0.67 ± 0.25 ab	26.91 ± 13.34	0.58 ± 0.22 a	24.69 ± 21.42	0.59 ± 0.32 ab
小黎 <i>Chenopodium serotinum</i> L.	3.95 ± 2.80	0.21 ± 0.12 de	4.94 ± 4.08	0.18 ± 0.11 de	6.42 ± 4.08	0.19 ± 0.05 bcd	8.64 ± 1.86	0.21 ± 0.04 cd
中亚滨黎 <i>Atriplex centralasiatica</i> Iljin	/	/	/	/	/	/	/	/
无芒稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv. Var. <i>mitis</i> (Pursh) Peterm	31.36 ± 20.77	0.76 ± 0.24 ab	33.33 ± 23.74	0.49 ± 0.10 bc	36.05 ± 12.04	0.59 ± 0.13 a	35.31 ± 15.19	0.68 ± 0.26 a
稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv	17.78 ± 7.30	0.46 ± 0.18 cd	23.46 ± 2.38	0.35 ± 0.10 cd	26.67 ± 10.37	0.33 ± 0.06 b	19.26 ± 3.92	0.36 ± 0.08 bc
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	/	/	1.48 ± 2.57	0.04 ± 0.06 e	2.47 ± 1.54	0.09 ± 0.04 d	/	/
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	50.37 ± 1.96	0.89 ± 0.24 a	77.53 ± 1.28	0.88 ± 0.24 a	53.83 ± 10.38	0.62 ± 0.13 a	62.47 ± 1.54	0.68 ± 0.17 a
凹头苋 <i>Amaranthus lividus</i> L.	/	/	/	/	/	/	/	/
天蓝苜蓿 <i>Medicago lupulina</i> L.	0.74 ± 1.28	0.04 ± 0.07 e	1.73 ± 0.86	0.08 ± 0.04 e	0.25 ± 0.43	0.02 ± 0.03 d	2.22 ± 1.48	0.12 ± 0.07 cd
野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i> L.	0.49 ± 0.43	0.05 ± 0.04 e	/	/	0.25 ± 0.43	0.02 ± 0.03 d	0.25 ± 0.43	0.02 ± 0.03 d
野油菜 <i>Rorippa Montana</i> (Wall.) Small	/	/	1.23 ± 1.54	0.14 ± 0.13 de	2.47 ± 2.38	0.32 ± 0.30 bc	0.99 ± 0.86	0.21 ± 0.23 cd
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	/	/	1.48 ± 1.96	0.07 ± 0.06 e	1.73 ± 1.13	0.11 ± 0.08 cd	0.49 ± 0.43	0.05 ± 0.05 d
龙葵 <i>Solanum nigrum</i> L.	0.74 ± 0.74	0.06 ± 0.06 e	2.47 ± 1.71	0.11 ± 0.02 e	3.21 ± 2.38	0.11 ± 0.05 cd	1.23 ± 1.13	0.06 ± 0.06 d
绵毛酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> L. var. <i>salicifolium</i> Sibth.	/	/	/	/	/	/	/	/
蒺藜 <i>polygonum aviculare</i> L.	/	/	/	/	/	/	0.25 ± 0.43	0.02 ± 0.03 d
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patrín	/	/	/	/	0.25 ± 0.43	0.02 ± 0.03 d	/	/

同列小写字母相同表示差异不显著( $P < 0.05$ )。“/”表示调查中未发现。下同。

Same letters within the same column meant no significant difference ( $P < 0.05$ ). “/” indicated it wasn’t found in survey. The same below.

表 4 花期不同施肥量对田间杂草发生密度与优势度的影响

Table 4 Effects of different fertilizer levels on density and dominance of weeds in flowering stage

杂草群落 Weed community	N180		N120		N60		N0	
	密度	重要值	密度	重要值	密度	重要值	密度	重要值
	Density	Important	Density	Important	Density	Important	Density	Important
	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value
灰藜 <i>Chenopodium album</i> L.	7.65 ± 2.26	0.58 ± 0.03 a	9.14 ± 3.50	0.70 ± 0.06 a	4.69 ± 3.65	0.37 ± 0.21 bc	6.17 ± 3.65	0.67 ± 0.26 b
小藜 <i>Chenopodium serotinum</i> L.	3.70 ± 0.74	0.37 ± 0.16 b	1.23 ± 1.54	0.14 ± 0.15 b	1.73 ± 0.43	0.20 ± 0.07 cd	1.73 ± 0.86	0.17 ± 0.11 c
中亚滨藜 <i>Atriplex centralasiatica</i> Iljin	0.25 ± 0.43	0.05 ± 0.08 c	1.23 ± 2.14	0.11 ± 0.20 b	0.73 ± 1.28	0.20 ± 0.35 cd	0.25 ± 0.43	0.03 ± 0.05 c
无芒稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv. Var. <i>mitis</i> (Pursh) Peterm	9.63 ± 2.22	0.76 ± 0.28 a	14.57 ± 4.76	0.83 ± 0.25 a	8.89 ± 5.39	0.59 ± 0.18 ab	13.58 ± 4.46	0.92 ± 0.06 a
稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv	1.73 ± 0.86	0.14 ± 0.04 c	/	/	3.46 ± 1.13	0.24 ± 0.07 cd	1.73 ± 1.54	0.11 ± 0.11 c
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	1.74 ± 0.28	0.08 ± 0.13 c	0.25 ± 0.43	0.02 ± 0.04 b	0.74 ± 0	0.12 ± 0.10 cd	0.74 ± 0.74	0.06 ± 0.05 c
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	13.83 ± 3.08	0.73 ± 0.11 a	10.62 ± 3.42	0.66 ± 0.10 a	10.86 ± 4.76	0.63 ± 0.11 a	10.86 ± 4.76	0.59 ± 0.31 b
凹头苋 <i>Amaranthus lividus</i> L.	0.25 ± 0.43	0.07 ± 0.12 c	0.49 ± 0.86	0.05 ± 0.08 b	0.74 ± 0	0.12 ± 0.07 cd	0.25 ± 0.43	0.06 ± 0.10 c
天蓝苜蓿 <i>Medicago lupulina</i> L.	0.23 ± 1.13	0.10 ± 0.09 c	1.48 ± 0.74	0.15 ± 0.09 b	0.74 ± 0.74	0.06 ± 0.05 d	0.49 ± 0.86	0.04 ± 0.08 c
野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i> L.	0.25 ± 0.43	0.03 ± 0.05 c	0.74 ± 0	0.09 ± 0.02 b	0.25 ± 0.43	0.04 ± 0.06 d	0.49 ± 0.43	0.07 ± 0.06 c
野油菜 <i>Rorippa Montana</i> (Wall.) Small	0.25 ± 0.43	0.04 ± 0.06 c	0.25 ± 0.43	0.06 ± 0.11 b	0.25 ± 0.43	0.12 ± 0.20 cd	/	/
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	0.25 ± 0.43	0.02 ± 0.04 c	0.74 ± 0.74	0.08 ± 0.07 b	1.23 ± 0.86	0.13 ± 0.02 cd	1.23 ± 2.14	0.11 ± 0.18 c
龙葵 <i>Solanum nigrum</i> L.	0.25 ± 0.43	0.05 ± 0.08 c	0.74 ± 0	0.10 ± 0.03 b	1.73 ± 1.13	0.17 ± 0.06 cd	0.49 ± 0.43	0.05 ± 0.04 c
绵毛酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> L. var. <i>salicifolium</i> Sibth.	/	/	/	/	/	/	0.23 ± 0.43	0.03 ± 0.05 c
蒺藜 <i>polygonum aviculare</i> L.	/	/	/	/	/	/	/	/
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patrín	/	/	/	/	/	/	0.49 ± 0.86	0.03 ± 0.05 c

表 5 成熟期不同施肥量对田间杂草发生密度与优势度的影响

Table 5 Effects of different fertilizer levels on density and dominance of weeds in mature stage

杂草群落 Weed community	N180		N120		N60		N0	
	密度	重要值	密度	重要值	密度	重要值	密度	重要值
	Density	Important	Density	Important	Density	Important	Density	Important
	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value	/plant·m <sup>-2</sup>	value
灰黎 <i>Chenopodium album</i> L.	2.72 ± 2.99	0.51 ± 0.45 abc	0.99 ± 1.13	0.18 ± 0.16 bc	1.23 ± 1.13	0.27 ± 0.24 ab	1.73 ± 0.86	0.50 ± 0.17 abc
小黎 <i>Chenopodium serotinum</i> L.	/	/	0.49 ± 0.86	0.18 ± 0.05 c	/	/	0.25 ± 0.43	0.06 ± 0.11 c
中亚滨黎 <i>Atriplex centralasiatica</i> Iljin	/	/	/	/	/	/	/	/
无芒稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv. Var. <i>mitis</i> (Pursh) Peterm	2.47 ± 1.54	0.79 ± 0.54 ab	1.48 ± 0.74	0.53 ± 0.22 b	1.98 ± 1.54	0.54 ± 0.35 ab	0.74 ± 0.00	0.19 ± 0.02 bc
稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv	0.99 ± 0.13	0.18 ± 0.16 bc	0.99 ± 0.43	0.22 ± 0.03 bc	2.22 ± 1.48	0.43 ± 0.20 ab	2.22 ± 1.28	0.44 ± 0.24 abc
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	0.25 ± 0.43	0.09 ± 0.16 c	1.23 ± 0.43	0.45 ± 0.12 bc	0.74 ± 1.28	0.18 ± 0.32 b	1.73 ± 0.86	0.63 ± 0.56 ab
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	2.72 ± 1.54	0.91 ± 0.12 a	4.69 ± 1.13	1.30 ± 0.30 a	3.21 ± 2.60	1.06 ± 0.61 a	2.72 ± 1.54	0.78 ± 0.16 a
凹头苋 <i>Amaranthus lividus</i> L.	/	/	/	/	/	/	/	/
天蓝苜蓿 <i>Medicago lupulina</i> L.	/	/	/	/	/	/	/	/
野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i> L.	/	/	/	/	/	/	/	/
野油菜 <i>Rorippa Montana</i> ( Wall.) Small	/	/	/	/	/	/	/	/
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	0.25 ± 0.43	0.07 ± 0.13 c	0.74 ± 0.74	0.24 ± 0.26 bc	/	/	0.25 ± 0.43	0.14 ± 0.25 bc
龙葵 <i>Solanum nigrum</i> L.	0.49 ± 0.43	0.44 ± 0.57 abc	/	/	0.74 ± 0.74	0.52 ± 0.65 ab	0.49 ± 0.86	0.26 ± 0.45 abc
绵毛酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> L. var. <i>salicifolium</i> Sibth.	/	/	/	/	/	/	/	/
蒺藜 <i>polygonum aviculare</i> L.	/	/	/	/	/	/	/	/
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patrin	/	/	/	/	/	/	/	/

2.2.3 杂草多样性 从表 6 可看出,整个生育期不同施肥量处理在丰富度、Shannon-Wiennner 指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 指数变化趋势上基本一致。丰富度都是随着采样次数而下降,多样性指数则是比较稳定,均匀度指数随着采样次数有比较缓慢的上升。在施肥量梯度上这 4 种指标并没有表现

出比较明显的规律。说明本试验中不同的有机肥施用量对农田杂草群落的发生种类、多样性和均匀度没有影响,但不同有机肥施用量条件下的杂草群落对于外界的干扰(除草)也在多样性上表现出比较强的稳定性。

表 6 不同施肥量对杂草多样性的影响  
Table 6 Effects of different fertilizer levels on biodiversity of weeds

时期 Stage	处理 Treatment	物种丰富度 Speices richness	Shannon-Wenner 指数 Shannon-Wenner index	Simpson 指数 Simpson index	均匀度指数 Evenness index
苗期 Seedling stage	N180	6. 67 ±0. 58 b	1. 40 ±0. 16 b	0. 70 ±0. 05 a	0. 74 ±0. 08 a
	N120	8. 67 ±1. 15 ab	1. 52 ±0. 14 ab	0. 72 ±0. 05 a	0. 70 ±0. 07 a
	N60	10. 00 ±1. 00 a	1. 68 ±0. 08 a	0. 77 ±0. 01 a	0. 73 ±0. 03 a
	N0	8. 67 ±1. 53 ab	1. 52 ±0. 10 ab	0. 72 ±0. 03 a	0. 70 ±0. 05 a
花期 Flowering stage	N180	8. 00 ±1. 73 a	1. 66 ±0. 20 ab	0. 77 ±0. 04 a	0. 80 ±0. 10 a
	N120	8. 67 ±1. 15 a	1. 57 ±0. 22 b	0. 73 ±0. 09 a	0. 73 ±0. 10 a
	N60	10. 67 ±0. 58 a	1. 94 ±0. 11 a	0. 81 ±0. 02 a	0. 82 ±0. 05 a
	N0	9. 33 ±3. 06 a	1. 69 ±0. 39 ab	0. 75 ±0. 09 a	0. 76 ±0. 17 a
成熟期 Mature stage	N180	4. 67 ±1. 15 a	1. 35 ±0. 19 b	0. 71 ±0. 05 a	0. 88 ±0. 12 a
	N120	5. 67 ±0. 58 a	1. 50 ±0. 04 ab	0. 72 ±0. 03 a	0. 87 ±0. 03 a
	N60	4. 67 ±0. 58 a	1. 39 ±0. 19 ab	0. 76 ±0. 06 a	0. 90 ±0. 12 a
	N0	6. 00 ±0. 00 a	1. 64 ±0. 04 a	0. 78 ±0. 02 a	0. 82 ±0. 02 a

2.3 不同施肥量杂草群落的相似度

由表 7 可知,不同施肥量处理间的共有种与相似性表现的随机性比较强,结果并没有表现出比较

明显的规律性。而各处理群落之间差异性比较大的原因可能是受到偶见种的影响。

表 7 不同施肥量处理田间杂草群落共有种与 Jaccard 指数  
Table 7 Common plant and Jaccard index of weeds community under different fertilizer levels

处理 Treatment	苗期 Seedling stage				花期 Flowering stage				成熟期 Mature stage			
	N180	N120	N60	N0	N180	N120	N60	N0	N180	N120	N60	N0
N180		0. 64	0. 67	0. 73		0. 86	1. 00	0. 71		0. 75	0. 86	0. 88
N120	7 *		0. 83	0. 75	12 *		0. 86	0. 61	6 *		0. 63	0. 88
N60	8 *	10 *		0. 77	13 *	12 *		0. 71	6 *	5 *		0. 75
N0	8 *	9 *	10 *		12 *	11 *	12 *		7 *	7 *	6 *	

“\*”标记为两个群落共有种数。  
“\*” indicates common plant of two community.

2.4 不同施肥量处理的大豆产量分析

表 8 结果说明,4 个处理之间每株粒数、每公顷株数、百粒重差异不显著,产量存在显著性差异( $P < 0.05$ ),即随着有机肥施用的增加,大豆产量呈现增加趋势,处理 N180、N120 和 N60 与处理 N0 的理论产量相比,分别增加了 14.0%、13.1%、1.1%;处

理 N180、N120 与处理 N0 的理论产量相比呈现显著差异( $P < 0.05$ ),处理 N60 与处理 N0 的理论产量相比差异不显著。尽管 N180 处理的大豆产量最高,但从经济成本和增产效果等综合因素考虑分析,N120 处理的成本相对较低,增产效果较佳,即施用有机肥料纯 N 120 kg·hm<sup>-2</sup> 效果较好。

表8 不同施肥处理小区试验大豆产量相关指标

Table 8 Related indicators of soybean production under different fertilization treatments

处理	每株粒数	株数	百粒重	理论产量
Treatment	Seed number per plant	Plant number /plant·hm <sup>-2</sup>	100-seed weight/g	Ideal yield/kg·hm <sup>-2</sup>
N180	42. 27 ± 3. 88 a	511366. 67 ± 58823. 87 a	23. 49 ± 0. 32 a	4990. 23 ± 100. 45 a
N120	38. 25 ± 3. 98 a	570655. 57 ± 32304. 27 a	23. 01 ± 0. 79 a	4954. 13 ± 198. 09 a
N60	41. 38 ± 1. 35 a	496544. 43 ± 7411. 13 a	21. 59 ± 0. 51 a	4429. 30 ± 76. 24 b
N0	36. 66 ± 2. 96 a	548422. 23 ± 19607. 95 a	21. 94 ± 0. 73 a	4378. 37 ± 187. 31 b

3 结论与讨论

不同农作物在不同地域种植,其农田内杂草发生种类、群落结构及其多样性等也各不相同<sup>[11,17]</sup>。博文静等<sup>[17]</sup>也报道有机玉米田内发现杂草 17 种,且经蚯蚓处理过的牛粪施入有机玉米田里其优势种为牛筋草,小麦秸秆全量覆盖处理其优势种为马唐。还有研究发现有机种植能提高阔叶杂草,以及除草剂敏感型杂草的物种丰富度和多度<sup>[18-19]</sup>。本研究表现类似的结果,有机大豆农田内共发生杂草 10 科 16 种,以双子叶、一年生杂草为主要发生类型。苗期和花期,不同施肥处理其杂草的群落结构基本一致,均以反枝苋、无芒稗和灰黎 3 种杂草为优势种,但其优势度或高或低;成熟期,N180、N120 处理的杂草群落优势种与苗期、花期的基本一致,N60 处理的优势种为反枝苋、无芒稗和稗;对照的优势种则变为反枝苋、灰黎和稗。

众多研究表明,长期施肥引起的土壤肥力变化使得田间杂草的发生频率、群落组成、群落多样性等都发生了相应的显著变化<sup>[20]</sup>。赵锋等<sup>[21]</sup>研究表明在施肥均衡的条件下,施肥量较大时杂草总密度保持较高水平。但还有一些研究表明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<sup>[22]</sup>。Hamid 等<sup>[23]</sup>的研究则显示均衡施肥能显著减少杂草密度,增加杂草种类。本研究的结果表明处理 N180、N120、N60 与对照 N0 相比,其发生的杂草种类基本一致,不同的施肥水平对有机大豆田杂草发生量并没有影响,同时对农田杂草群落的群落结构、群落的多样性也没有影响,但不同有机肥施用量条件下的杂草群落对于外界的干扰(除草)也在多样性上表现出比较强的稳定性。这与现有的一些研究结果并不一致。一个可能的原因是有机肥的有效养分需要一个比较长时间的释放过程,短期内并不会产生太大的差异;另一个可能的原因是试验区域杂草发生密度比较高,使肥料的影响变得不明显。另有研究表明,不同施肥会改变农田杂草的群落结构,并且在 N、P、K 3 种营养成分中,P 对田间杂草群落的影响作用最大<sup>[24]</sup>。李

儒海等<sup>[25]</sup>研究表明,不施肥或者纯施氮肥会增加杂草群落的多样性。林琳<sup>[26]</sup>研究表明肥力对群落中不同物种的综合优势度产生不同影响,杂草群落的组成和多样性产生影响。本实验的结果与这些研究并不一致,可能的原因是有机种植年限相对较短,土壤中 N、P、K 元素含量的改变还并未对杂草产生影响,或有机肥对土壤中 P 营养成分的影响比较小<sup>[27]</sup>,对杂草群落无法造成显著的影响。

施肥影响到田间各种杂草的生长,农田杂草群落的多样性和杂草群落的演替产生影响,也能提高作物产量与品质<sup>[7,9]</sup>。施用蚯蚓处理过的牛粪可促进有机玉米田的优势种杂草的生长,提高杂草群落的优势集中度,而且提高了有机玉米产量<sup>[17]</sup>。Yin 等<sup>[7]</sup>也发现了均衡施肥模式下杂草群落多样性指数和作物产量增加。本文研究也得出类似的结果,N180 处理对有机大豆增产最高,但从成本和增产效果等因素综合考虑分析,N120 处理的成本相对较低,增产效果较好,该施肥水平可作为本区域内有机大豆种植及推广的参照依据。

参考文献

[1] 杜相革,董民. 有机农业导论[M]. 北京:中国农业大学出版社,2005. (Du X G, Dong M. Introduction to organic farming [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2005. )

[2] 曹志平,乔玉辉,田光明,等. 有机农业[M]. 北京:化学工业出版社,2009. (Cao Z P, Qiao Y H, Tian G M, et al. Organic farming [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009. )

[3] 魏守辉,强胜,马波,等. 长期稻鸭共作对稻田杂草群落组成及物种多样性的影响[J]. 植物生态学报,2006,30 (1):9-16. (Wei S H, Qiang S, Ma B, et al. Influence of long-term rice-duck farming systems on the composition and diversity of weed communities in paddy fields [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2006,30 (1):9-16. )

[4] 侯红乾,李世清,南维鸽. 冬小麦播种密度和施肥模式对麦田杂草群落组成及生长的影响[J]. 西北植物学报,2007,27 (9):1849-1854. (Hou H Q, Li S Q, Nan W G. Effect of fertilization and sowing density of winter wheat on community and biomass of field weed [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2007,27(9):1849-1854. )

[5] Turner R J, Davies G, Moore H, et al. Organic weed management: A review of the current UK farmer perspective [J]. Crop



- Protection, 2007, 26(3):377-382.
- [6] Hiltbrunner J, Jeanneret P, Liedgens M, et al. Response of weed communities to legume living mulches in winter wheat [J]. *Agronomy & Crop Science*, 2007, 193(2):93-102.
- [7] Yin L C, Cai Z C, Zhong W H. Changes in weed community diversity of maize crops due to long term fertilization [J]. *Crop Protection*, 2006, 25: 910-914.
- [8] Moss S R, Storkey J, Cussans J W, et al. The Broadbalk long term experiment at Rothamsted: What has it told us about weeds? [J]. *Weed Science*, 2004, 52: 864-873.
- [9] Storkey J, Moss S R, Cussans J W. Using assembly theory to explain changes in a weed flora in response to agricultural intensification [J]. *Weed Science*, 2010, 58:39-46.
- [10] Kandasamy O S, Bayan H C, Santhy P, et al. Long-term effects of fertilizer application and three crop rotations on changes in the weed species in the 68<sup>th</sup> cropping (after 26 years) [J]. *Acta Agronomica Hungarica*, 2000, 48:149-154.
- [11] 汤雷雷,万开元,陈防. 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[J]. *生态环境学报*, 2010,19:1744-1749. (Tang L L, Wan K Y, Chen F. Advances in studies on weeds biodiversity and genetic evolution in farmland in relation to nutrient management [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010,19:1744-1749. )
- [12] 吴文良,孟凡乔,郭岩彬,等. 绿色食品和有机产品产业化开发--以新疆伊犁河流域为例[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2012. (Wu W L, Meng F Q, Guo Y B, et al. Green food and organic farming development: A case study in Ili river valley, Xinjinag uygur autonomous region [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2012. )
- [13] 《中国农田杂草原色图谱》编委会. 中国农田杂草原色图谱[M]. 北京:农业出版社,1990. (The Committees of Weed Color Map of China Farmland. Weed color map of China farmland[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990. )
- [14] 孙儒泳,李庆芬,牛翠娟,等. 基础生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2002:141-145. (Sun R Y, Li Q F, Niu C J, et al. Basic ecology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002: 141-145. )
- [15] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I  $\alpha$  多样性的测度方法(下)[J]. *生物多样性*,1994,2(4):231-239. (Ma K P, Liu Y M. Biological community diversity measure, I  $\alpha$  diversity measure method (next) [J]. *Chinese Biodiversity*, 1994,2(4): 231-239. )
- [16] 马克平,刘灿然,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II  $\beta$  多样性的测度方法[J]. *生物多样性*,1995,3(1):38-43. (Ma K P, Liu C R, Liu Y M. Biological community diversity measure, II  $\beta$  diversity measure method [J]. *Chinese Biodiversity*, 1995,3(1):38-43. )
- [17] 博文静,郭立月,李静,等. 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[J]. *植物学报*,2012,47(6):1-7. (Bo W J, Guo L Y, Li J, et al. Impact of different tillage and fertilization patterns on weed community and corn yield in an organic farmland [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2012,47(6):1-7. )
- [18] Hyvönen T, Salonen J. Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels-A six-year experiment [J]. *Plant Ecology*, 2002,159(1):73-81.
- [19] Moreby S J, Aebischer N J, Southway S E, et al. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally crown winter wheat in southern England [J]. *Annals of Applied Biology*, 1994,125(1):13-27.
- [20] O'Donovan J T, Blackshaw R E, Harker K N, et al. Integrated approaches to managing weeds in spring sown crops in western Canada [J]. *Crop Protection*, 2007, 26: 390-398.
- [21] 赵锋,董文军,芮雯奕,等. 不同施肥模式对南方红壤稻田冬春杂草群落特征的影响[J]. *杂草科学*,2009(1):7-12. (Zhao F, Dong W J, Rui W Y, et al. Effects of fertilization regimes on winter & spring weed community in paddy field of Southern China [J]. *Weed Science*, 2009(1):7-12. )
- [22] 李昌新,赵锋,芮雯奕,等. 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[J]. *草业学报*, 2009,18(3): 142-147. (Li C X, Zhao F, Rui W Y, et al. The long-term effects of returning straw and applying organic fertilizer on weed communities in a paddy field with a double rice cropping system [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009,18(3):142-147. )
- [23] Hamid R, Frouddin A M. Long-term effects of crop rotation and fertilizers on weed community in spring barley [J]. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2009, 33: 315-323.
- [24] 尹力初,蔡祖聪. 长期不同施肥对玉米田间杂草种群组成的影响[J]. *土壤*, 2005,37(1):56-60. (Yin L C, Cai Z C. Effect of long-term fertilizations on composition of weed communities in maize field [J]. *Soil*, 2005,37(1):56-60. )
- [25] 李儒海,强胜,邱多生,等. 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[J]. *生物多样性*,2008,16(2):118-125. (Li R H, Qiang S, Qiu D S, et al. Effects of long-term different fertilization regimes on the diversity of weed communities in oilseed rape fields under rice-oilseed rape cropping system [J]. *Biodiversity Science*, 2008,16(2):118-125. )
- [26] 林琳,姜林林,孙备,等. 不同肥力和密度下玉米田杂草群落的研究[J]. *玉米科学*, 2008, 16(3): 150-153. (Lin L, Jiang L L, Sun B, et al. The research of corn field weeds community under the different fertility and density [J]. *Journal of Maize Science*, 2008, 16(3): 150-153. )
- [27] 张国荣,李菊梅,徐明岗,等. 长期不同施肥对水稻产量及土壤肥力的影响[J]. *中国农业科学*, 2009,42(2):543-551. (Zhang G R, Li J M, Xu M G, et al. Effects of long-term different fertilizer on rice yield and soil fertility [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009,42(2):543-551. )