

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第7期 Vol.34 No.7 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 7 期

2014 年 4 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 青藏高原东北部 5000 年来气候变化与若尔盖湿地历史生态学研究进展 何奕忻, 吴宁, 朱求安, 等 (1615)
- 天山云杉森林土壤有机碳沿海拔的分布规律及其影响因素 阿米娜木·艾力, 常顺利, 张毓涛, 等 (1626)

个体与基础生态

- 小兴安岭红松日径向变化及其对气象因子的响应 李兴欢, 刘瑞鹏, 毛子军, 等 (1635)
- 采伐剩余物对林地表层土壤生化特性和酶活性的影响 吴波波, 郭剑芬, 吴君君, 等 (1645)
- 庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征 白秀梅, 韩有志, 郭汉清 (1654)
- 思茅松天然林树冠结构模型 欧光龙, 肖义发, 王俊峰, 等 (1663)
- 镁缺乏和过量胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐, 黄翼, 彭良志, 等 (1672)
- 斑块生境中食果鸟类对南方红豆杉种子的取食和传播 李宁, 王征, 鲁长虎, 等 (1681)
- 重金属铅与两种淡水藻的相互作用 刘璐, 闫浩, 李诚, 等 (1690)
- 刺参养殖池塘初级生产力及其粒级结构周年变化 姜森颖, 周一兵, 唐伯平, 等 (1698)
- 控(微囊)藻鲢、鳙排泄物光能与生长活性 王银平, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等 (1707)
- 五爪金龙中香豆素类物质含量及其对福寿螺、水稻和稗草的影响 犹昌艳, 杨宇, 胡飞, 等 (1716)

种群、群落和生态系统

- 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价 林柳, 金延飞, 陈德坤, 等 (1725)
- 莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化 李凡, 徐炳庆, 马元庆, 等 (1736)
- 长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响 蒋敏, 沈明星, 沈新平, 等 (1746)
- 极端干旱条件下燕麦垄沟覆盖系统水生态过程 周宏, 张恒嘉, 莫非, 等 (1757)

景观、区域和全球生态

- 流域景观格局变化对洪枯径流影响的 SWAT 模型模拟分析 林炳青, 陈兴伟, 陈莹, 等 (1772)
- 近 20 年青藏高原东北部禾本科牧草生育期变化特征 徐维新, 辛元春, 张娟, 等 (1781)
- 丽江城市不同区域景观美学 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 等 (1794)
- 珠三角河网水域栅藻的时空分布特征 王超, 李新辉, 赖子尼, 等 (1800)
- 博斯腾湖细菌丰度时空分布及其与环境因子的关系 王博雯, 汤祥明, 高光, 等 (1812)
- 遗传算法支持下土地利用空间分形特征尺度域的识别 吴浩, 李岩, 史文中, 等 (1822)
- 川西亚高山不同海拔岷江冷杉树轮碳稳定同位素对气候的响应 靳翔, 徐庆, 刘世荣, 等 (1831)

基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源空间热点区域及其变动研究 冯永玖,陈新军,杨铭霞,等 (1841)

城乡与社会生态

基于居民生态认知的非使用价值支付意愿空间分异研究——以三江平原湿地为例
..... 高 琴,敖长林,陈红光,等 (1851)

浑河河水及其沿岸地下水污染特征 崔 健,都基众,王晓光 (1860)

社会生态系统及脆弱性驱动机制分析 余中元,李 波,张新时 (1870)

研究简报

等渗 NaCl 和 Ca(NO₃)₂胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响 周 珩,郭世荣,邵慧娟,等 (1880)

专家观点

关于“生态保护和建设”名称和内涵的探讨 沈国舫 (1891)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 282 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-04



封面图说: 红豆杉人工林——红豆杉为常绿针叶乔木,树高可达 25m,属国家一级保护植物。红豆杉中含有的紫杉醇,具有独特的抗癌机制和较高的抗癌活性,能阻止癌细胞的繁殖、抑制肿瘤细胞的迁移,是世界公认的抗癌药。红豆杉在我国共有 4 个种和 1 个变种,即云南红豆杉、西藏红豆杉、东北红豆杉、中国红豆杉和南方红豆杉(变种)。由于天然红豆杉稀缺,国家严禁采伐利用,因而我国南方很多地方都采取人工种植的方法生产利用。人工种植的南方红豆杉在南方山区多呈斑块状分布,斑块生境中鸟类对红豆杉种子的传播有重要的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201305141056

蒋敏, 沈明星, 沈新平, 戴其根. 长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响. 生态学报, 2014, 34(7): 1746-1756.

Jiang M, Shen M X, Shen X P, Dai Q G. Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(7): 1746-1756.

长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响

蒋 敏¹, 沈明星², 沈新平¹, 戴其根^{1,*}

(1. 扬州大学农学院/农业部长江中下游作物生理生态与栽培重点开放实验室/江苏省作物遗传生理重点实验室, 扬州 225009;

2. 江苏太湖地区农业科学研究所/农业部苏州水稻土生态环境重点野外科学观测试验站, 苏州 215155)

摘要:以太湖地区农业科学研究所 31a 的长期肥料定位试验田为材料, 分别于 2011—2012 年小麦苗期、拔节期和收获期进行了杂草群落调查, 研究杂草类型与密度的分布、杂草多样性指数的变化, 并对杂草种群分布与土壤养分因子进行冗余分析。结果表明: 小飞蓬、看麦娘、大巢菜、稻槎菜、通泉草是本地小麦生长期的主要杂草类型; 随着小麦的生长以及氮肥、有机肥的施入, 杂草密度呈下降趋势; 施入有机肥降低了麦季杂草的群落多样性指数, 在小麦生长的不同时期均衡施肥的 CNPK 处理以及不施肥的 C0 处理的群落各项多样性指数能维持在一个较高的水平。RDA 分析显示土壤氮含量以及有机质含量与第一排序轴相关性大, 是对杂草分布影响最大的两个土壤养分因子。太湖地区稻麦两熟制条件下, 长期有机无机肥料单一或配合投入可显著影响麦田杂草的群落组成, 其中氮肥和有机肥的施入能显著降低杂草密度; 土壤养分的差异影响田面杂草密度和优势种群, 均衡施肥能降低优势杂草种群的优势地位, 抑制其发生危害程度, 提高农田生态系统的生产力及稳定性。

关键词:长期定位施肥; 稻麦两熟制; 麦田杂草群落; 多样性

Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field

JIANG Min¹, SHEN Mingxing², SHEN Xinping¹, DAI Qigen^{1,*}

1 Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Cultivation in Middle and Lower Reaches of Yangtze River of Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Agronomy College of Yangzhou/Yangzhou 225009, China

2 Suzhou Key Station of Scientific Observation & Experiment of Paddy Field Eco-environment, Agricultural Sciences Research Institute of Taihu Lake District Ministry of Agriculture, Suzhou 215155, China

Abstract: Weeds are an essential biological component of farmland ecosystems. The maintenance of an appropriate amount of weeds plays a role in protecting the biological diversity of farmlands. Weeds affect crop yields by means of competition with crops for water, nutrients, light, and other natural resources and can also effectively change the farmland ecosystem structure and promote the cycling and energy flow of mineral elements and organic materials in the soil. The goal of weed management is to reduce the impact of weed growth on the crop yield and to inhibit hard-to-control weeds from becoming dominant, while simultaneously maintaining the diversity of the weed community which is controllable. At present, the comprehensive control of weeds through improving competitiveness of the crops has received growing attention; generally speaking, fertilizers and herbicides are the primary input for the farmland ecosystem. Fertilization can alter the natural succession process of the weed community in farmland by directly improving the yield and competitiveness of crops and changing the nutrient composition and the structure of soil. We studied the heterogeneity of the weed community diversity in wheat field in a rice-wheat rotation system after a 31-year long-term application of different organic or non-organic fertilizers, analyzed the effects of major nutrients on the characteristics of the weed, provided information on nutrient

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项经费(201203030-06)(201303102);江苏高校优势学科建设工程资助项目;江苏省 2013 年度普通高校研究生科研创新计划项目(CXLX13_916)

收稿日期:2013-05-14; **修订日期:**2013-11-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qgdai@yzu.edu.cn

management for the coordination of weed control in wheat field, which contribute to the the protection of biodiversity and decrease of noxious weeds. Chemical fertilizer treatments were selected as follows: C0 (no fertilizer), CN (N fertilizer), CNP (N plus P fertilizer), CNK (N plus P fertilizer), CPK (P plus K fertilizer) and CNPK (N plus P and K fertilizers); manure treatments were selected as follows: M0 (manure), MN (manure plus N fertilizer), MNP (manure plus N and P fertilizer), MNK (manure plus N and K fertilizer), MPK (manure plus P and K fertilizer), MNPK (manure plus N, P and K fertilizer). We analyzed the Simpson, Shannon, Margalef, and Pielou indexes of these samples, at the same time, redundancy analysis (RDA) was executed to mining the relationship between fertilizer management and weeds. Among the weeds, *Conyza canadensis*, *Vicia sativa*, *Alopecurus aequalis*, *Mazus japonicus* and *Lapsana apogonoides* showed high density and were widely distributed in every trial area. These plants belong to the main dominant weed community that affects wheat yield in the Taihu area. The long-term application of nitrogen and organic fertilizers could significantly reduce the density of weeds; non-organic fertilizers and a combination of non-organic and organic fertilizers had a significant influence on the diversity of weeds, the application of organic fertilizers could reduce the diversity indices of weed community. In terms of the soil nutrient system itself, the soil organic materials and nitrogen content are the main environmental factors that affect the distribution of weeds. The result also indicates that the application of a balanced fertilizer allows all weed species available to thrive. Moreover, the balanced fertilizer affects the appearance of dominant weeds, and improve the productivity and stability of farmland ecosystems.

Key Words: long-term localized fertilization; rice-wheat rotation; weed community; biodiversity

杂草是农田生态系统的生物组分,维持适当数量的杂草对保护农田生物多样性发挥着重要作用^[1-2],但杂草往往与作物竞争水、肥、光等自然资源,影响作物生长与产量^[3]。目前肥料和除草剂是农田生态系统主要的投入品^[4],施肥改变土壤养分含量及其结构,直接提高作物的产量及竞争优势,从而改变农田中杂草群落的演替过程^[5]。太湖地区是我国典型的稻麦两熟制高产区域,20 世纪 50 年代,化学肥料开始逐渐取代有机肥,土壤养分和杂草群落也随之发生了变化。研究表明,土壤养分含量显著影响农田杂草的密度、多样性指数以及群落结构^[6-8]。朱文达等^[9]发现莎草科和马齿苋科杂草在缺磷的处理中没有出现,而在补充磷钾处理中却是优势种群,不同杂草种群对养分的需求和响应是不同的,而这种差异及其产生的竞争力差异将直接导致杂草群落结构发生变化。Major 和 Everaarts 研究都表明,有机肥的施入能降低杂草密度,同时增加杂草群落多样性指数^[10-11]。这些结论为不同肥料管理条件下农田杂草群落的研究提供了基础,但这些研究大多基于旱地进行,而在我国典型的稻麦两熟制农田中杂草群落对不同有机、无机肥料的响应缺乏直接研究,因此,本研究立足于太湖地区 31a 的长期定位施肥试验,探讨长期不同施肥处理下麦田杂草群落的异质性及其养分影响因素,为农田杂草的生态治理、农田杂草多样性的保护提供依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 试验地点

长期定位试验田位于江苏太湖地区苏州市农业科学院 (31°27'45"N;120°25'57"E)。该地区属于北亚热带季风气候,年日照时数 3 039 h,降雨量 1 128 mm,平均温度 15.7 ℃,有效积温(>10 ℃) 4 947 ℃。供试土壤为黄土沉积物发育而来的微酸性重壤质黄泥土。试验始于 1980 年,试验地土壤背景值为:pH 值 6.8,容重 1.26 g/cm³,0—15 cm 耕层土壤的基本理化指标如下:有机质 24.2 g/kg,全氮 1.43 g/kg,全磷 428.0 mg/kg,速效磷 8.4 mg/kg,速效钾 127.0 mg/kg,缓效钾 237.0 mg/kg。

1.2 试验材料

试验为裂区设计,主区有两个处理,即(1)只施化肥区(C),(2)有机肥(菜籽饼)加化肥区(M)。副区有 6 个处理:不施肥(0)、单施氮肥(N)、氮肥加磷肥(NP)、氮肥加钾肥(NK)、磷肥加钾肥(PK)、氮磷钾 3 种肥料全施(NPK),3 重复顺序排列。小区面积为 20 m²(4 m×5 m),区间用花岗岩板材与水泥作永久性田埂分隔,中间有灌渠通各小区。供试作物除 1993 年夏熟作物为油菜、2000 年为蚕豆以外,其余均为稻麦复种连作。除 1982 年为三熟制外,其余均为二熟制。N 处理施氮肥(尿素) 150—300 kg·hm⁻²·a⁻¹(以纯氮计),约 50%作基肥,20%作蘖

肥,30%作穗肥;P 处理施肥(过磷酸钙) $55.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,全部作基肥;K 处理施钾肥(氯化钾) $137.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,50%作基肥,50%作穗肥。有机肥:菜饼 $1\,250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,全部作基肥。稻季麦季均为化学除草,12 个处理中除草剂使用一致,稻季在水稻移栽后 3—5 d 施药,使用苄·丁·异丙隆 $750\text{—}900 \text{ g}/\text{hm}^2$,30%苄嘧·丙草胺可湿粉剂 $1.5\text{—}1.8 \text{ L}/\text{hm}^2$;麦季在小麦播种后 30—40 d 施药,使用 $1.5\text{—}1.875 \text{ L}/\text{hm}^2$ 。

1.3 调查方法

杂草调查选择在 2011—2012 年小麦苗期(2011 年 11 月 29 日)、拔节期(2012 年 3 月 10 日)及成熟期(2012 年 5 月 29 日),用 $0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ 铁框在每个小区内随机套取 5 点,收集所有田面杂草,并带回实验室分离并鉴定。杂草鉴定主要参考《中国农田杂草彩色图谱》^[12],并通过中国杂草信息系统中的内容描述进行比对。

1.4 土壤取样及养分测定

每年小麦收获后用土钻(直径 3.30 cm)在每个小区按对角线布点法取 $0\text{—}15 \text{ cm}$ 土壤样品 5 个,按将不同小区中所取土壤按处理编号混匀带回实验室测定。土壤全氮用开氏法消煮测定,全磷用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{--HCIO}_4$ 消煮钼锑抗比色法测定,碱解氮用碱解扩散法测定,有效磷用碳酸氢钠法测定,有效钾用乙酸铵提取法测定,有机质用重铬酸钾容量法测定^[13]。

1.5 数据处理与分析

依据取样调查密度换算成大田实际密度。杂草的物种多样性采用指数测定。

物种多样性 Shannon 指数

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中, S 为物种数,是单个处理中所包含的所有杂草类数; P_i 为第 i 种物种的比例多度, $P_i = \frac{n_i}{N}$, n_i 为第 i 个物种的个体数, N 为样方中所有物种总个体数。

$$\text{群落优势度 Simpson 指数 } D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

$$\text{群落均匀度 Pielou 指数 } J = \frac{H'}{\ln S}$$

$$\text{丰富度指数 Margalef 指数 } R = \frac{S - 1}{\ln N}$$

数据基本处理与统计分析采用 Excel 2003 和 SPSS 16.0;对土壤养分数据和杂草密度数据进行的冗余分析采用 Canoco4.5;绘图采用 Origin8.5。

2 结果与分析

2.1 长期不同施肥对土壤养分的影响

测定结果表明(表 1),农田土壤养分含量差异显著,且两年趋势一致。以 2012 年为例,所有处理土壤全氮含量均比初始土壤值有所增加,增幅在 $7.69\%\text{—}46.8\%$,以 MNPK 处理全氮含量最高,且施用有机肥处理增加的幅度比仅无机肥处理高;不施磷的 CN、CNK 处理,土壤总磷含量与初始土壤持平,各施磷处理土壤总磷、Olsen-P 含量都有明显提高,含量最高的 MPK 处理,较初始土壤全 P 和 Olsen-P 分别提高了 248.83% 和 659.52% ,说明施用磷肥能导致土壤磷的积累;各个处理有效钾含量与初始值比都有不同程度的降低,以 CPK 处理为最高,CNK 次之;施肥也导致土壤有机质含量的增加,并以 NPK 处理最高。

表 1 不同施肥处理土壤养分的差异性分析

Table 1 Soil nutrient content in different fertilization treatments

年份 Year	处理 Treatment	全氮 Total-N / (g/kg)	全磷 Total-P / (mg/kg)	碱解氮 Available-N / (mg/kg)	有效磷 Olsen-P / (mg/kg)	有效钾 Available-K / (mg/kg)	有机质 SOM / (g/kg)
2011	C0	1.49e	424.44f	131.47d	2.03f	66.50cd	28.84d
	CN	1.61de	428.92f	135.71cd	1.48f	53.94cde	28.70d
	CNP	1.86bc	1014.68d	148.83abcd	18.82d	48.42de	31.16abcd
	CNK	1.61de	440.55f	138.83bcd	2.95f	95.25b	29.14cd
	CNPK	1.84bc	965.45d	157.08abc	18.85d	62.38cde	30.86abcd
	CPK	1.76cd	1296.84c	151.37abcd	36.64c	119.51a	30.23bcd
	M0	1.91abc	956.83d	162.74a	18.79d	47.52e	30.16bcd
	MN	1.94abc	733.39e	159.66ab	10.07e	51.76cde	32.42ab
	MNP	2.03ab	2142.70b	164.87a	52.20b	52.17cde	33.61a

续表

年份 Year	处理 Treatment	全氮 Total-N / (g/kg)	全磷 Total-P / (mg/kg)	碱解氮 Available-N / (mg/kg)	有效磷 Olsen-P / (mg/kg)	有效钾 Available-K / (mg/kg)	有机质 SOM / (g/kg)
2012	MNK	1.97ab	770.83e	161.09ab	9.61e	67.79c	29.62bcd
	MNPK	2.07a	2123.65b	164.83a	53.55b	67.47c	33.65a
	MPK	2.10a	2996.63a	152.16abcd	65.28a	90.32b	32.10abc
	C0	1.53g	341.60f	129.88e	2.20g	78.00d	28.79f
	CN	1.65fg	368.59f	146.14de	3.83fg	71.85de	28.86ef
	CNP	1.74ef	775.96cd	165.33c	15.55d	64.79ef	31.99bc
	CNK	1.63fg	395.93f	159.07cd	1.86g	118.35b	29.03def
	CNPK	1.80de	757.45d	169.47c	14.41de	77.82d	31.73bcd
	CPK	1.71ef	923.83c	160.05cd	32.71c	150.39a	30.45cdef
	M0	1.82cde	651.37de	171.15bc	15.14d	59.46f	31.65bede
	MN	1.88bcd	648.96de	187.17ab	8.93f	54.71f	33.21abc
	MNP	1.98ab	1190.69b	188.82a	60.02a	56.02f	33.98ab
	MNK	1.94bc	566.65e	172.13bc	9.25ef	71.26de	30.78cdef
	MNPK	2.10a	1322.67b	171.62bc	54.01b	73.76de	35.17a
	MPK	1.94bc	1493.74a	137.23e	63.80a	92.81c	32.03bc

同列不同字母表示不同处理间的显著差异 ($P < 0.05$) C0(不施肥)、CN(单施氮肥)、CNP(氮磷肥配施)、CNK(氮钾肥配施)、CPK(磷钾肥配施)、CNPK(氮磷钾肥配施);M0(单施有机肥)、MN(有机肥配施氮肥)、MNP(有机肥配施氮磷肥)、MNK(有机肥配施氮钾肥)、MPK(有机肥配施磷钾肥)、MNPK(有机肥配施氮磷钾肥)

2.2 长期不同施肥对杂草密度的影响

试验结果表明各时期处理间的杂草密度差异显

著(图1),苗期杂草密度最大的C0处理比密度最小的CNPK高293.99%,拔节期杂草密度最大的C0处

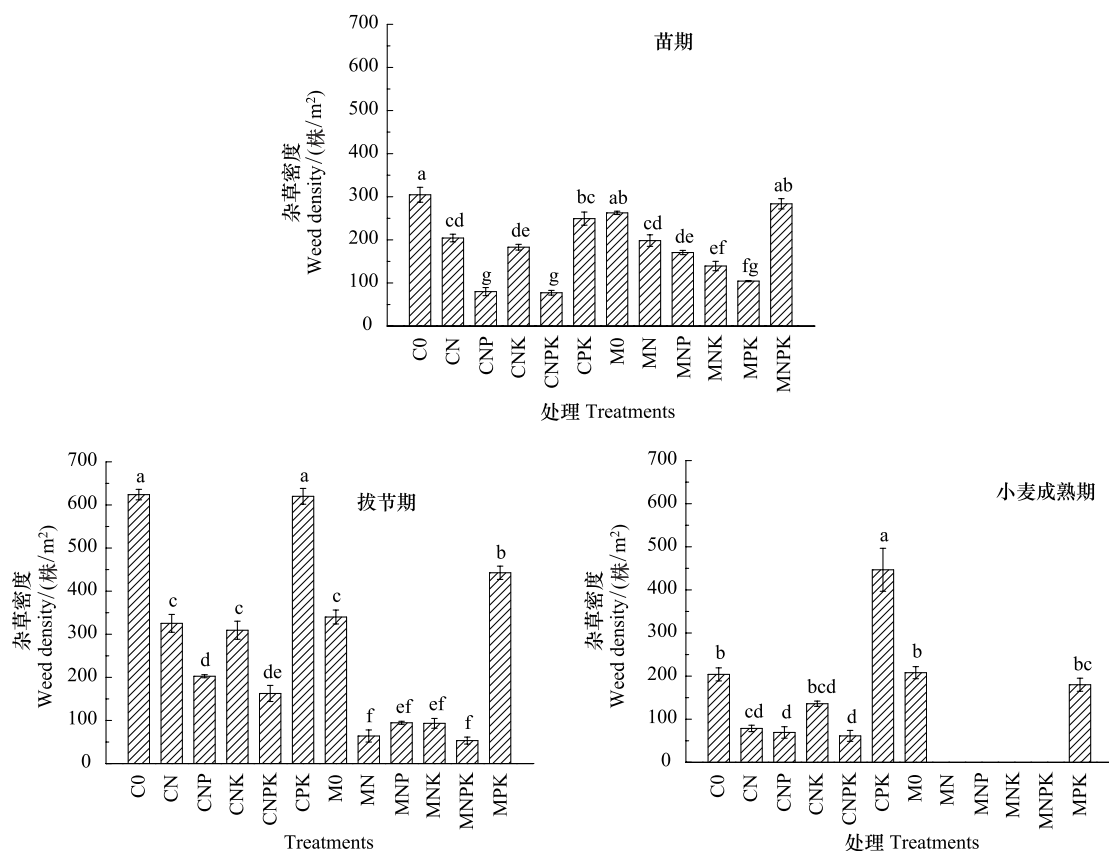


图1 长期施肥处理下小麦苗期、拔节期、成熟期杂草的密度

Fig.1 Weed density under long-term different fertilization treatments at wheat seeding, jointing and ripening stage

理比密度最小的 MNPK 处理高 1070.07%。随着小麦生育期,农田杂草密度也有变化,各个处理拔节期的杂草平均密度最高,比最低的成熟期高出 140.76%,这与小麦生育阶段对杂草竞争优势的变化有关。在小麦各个时期均以 C0(不施肥)、CPK(磷钾肥配施)、M0(单施有机肥)、MPK(有机肥配施氮磷肥)这 4 个不施氮肥处理的杂草密度为最高。在小麦苗期 MN(有机肥配施氮肥)、MNP(有机肥配施氮磷肥)、MNK(有机肥配施氮钾肥)、MNPK(有机肥配施氮磷钾肥)这 4 个有机肥处理的杂草密度多于 CN(单施氮肥)、CNP(氮磷肥配施)、CNK(氮钾肥配施)、CNPK(氮磷钾肥配施)4 个化肥处理,而拔节期和成熟期则低于这些化肥处理,尤其是在小麦成熟期 MN(有机肥配施氮肥)、MNP(有机肥配施氮磷肥)、MNK(有机肥配施氮钾肥)、MNPK(有机肥配施氮磷钾肥)这 4 个有机肥处理中基本没有杂草,这主要是苗期小麦竞争优势弱,施有机肥的处理土壤养分含量高,杂草生长旺盛,而到小麦拔节后至成熟这个阶段,施入有机肥的小麦长势好,竞争优势明显,导致有机肥区杂草密度下降。可见,施入氮肥和有机肥能有效减少杂草的密度。

2.3 长期不同施肥对小麦生育期田间杂草物种组成的影响

调查结果显示(表 2—表 4),在小麦不同生育阶段,杂草的种类组成及优势种均有一定的变化。小麦苗期共调查到杂草 16 种,隶属于 8 科,其中小飞蓬、看麦娘、大巢菜、稻槎菜分别占 19.32%、16.13%、15.68%、13.65%,是小麦苗期的主要优势杂草种群;小麦拔节期共调查到杂草 11 种,隶属于 7 科,其中大巢菜、看麦娘、稻槎菜、通泉草分别占 33.53%、14.97%、13.33%、12.28%,是本时期的主要优势杂草种群;小麦成熟期共调查到杂草 11 种,隶属于 9 科,其中通泉草、蔺草、大巢菜、小飞蓬分别占 25.48%、17.04%、15.52%、15.04%,是小麦成熟期的主要优势杂草种群。因此小飞蓬、看麦娘、大巢菜、稻槎菜、通泉草、蔺草是本地区小麦生长期的主要杂草类型。小麦拔节期比苗期减少的主要是冬季冻死的泥花草、石龙尾、耳叶水苋、水苋菜和节节菜等残留的稻田杂草,是拔节期杂草种类减少的主要原因;小麦成熟期相比拔节期,减少的杂草类型有:鼠麴草、泥胡菜、山苦荬、牛繁缕和附地菜,增加的杂草类型有:野胡萝卜、蔺草、萤蔺和半边莲,这主要是成熟期小麦的竞争优势明显,麦季杂草也成熟死亡,同时一些稻季杂草开始生长,这和杂草在长期与稻麦竞争过程中所形成的生长机制有关。

表 2 小麦苗期不同肥料处理条件下杂草密度/(株/m²)

Table 2 Weed density under different fertilization treatments in wheat seeding

杂草种类 Species	化肥处理 Chemical fertilizer treatment group						有机肥处理 Manure treatment group					
	C0	CN	CNP	CNK	CNPk	CPK	M0	MN	MNP	MNK	MNPK	MPK
菊科 Asteraceae												
鼠麴草 <i>Gnaphalium affine</i>	18a	9bc	0d	13ab	1d	4cd	0d	0d	0d	0d	5cd	0d
稻槎菜 <i>Lapsana apogonoides</i>	49b	64a	4de	47b	3e	11de	45b	16cd	28c	10de	16cd	15de
泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>	8bc	9bc	4c	15bc	11bc	6c	30a	13bc	4c	13bc	5c	19ab
小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	35cd	27def	19ef	24def	12f	20ef	32de	81a	47bc	53b	30de	56b
山苦荬 <i>Ixeris denticulata</i>	3ab	1bc	1bc	2ab	4a	2ab	0c	0c	0c	0c	0c	0c
玄参科 Scrophulariaceae												
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	20bcd	4e	13cde	9de	4e	55a	33b	7de	15cde	4e	4e	25bc
泥花草 <i>Lindernia antipoda</i>	7ab	1b	1b	6ab	2ab	7ab	4ab	9a	4ab	0b	4ab	0b
石龙尾 <i>Limnophila sessiliflora</i>	2ab	5a	2ab	1b	4a	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b
千屈菜科 Lythraceae												
耳叶水苋 <i>Ammannia arenaria</i>	56a	7bc	3bc	8bc	3bc	11b	8bc	0c	0c	0c	0c	0c
水苋菜 <i>Ammannia baccifera</i>	3b	1c	3b	3b	3b	15a	0c	0c	0c	0c	0c	0c
节节菜 <i>Rotala indica</i>	0b	1b	1b	1b	1b	4a	0b	0b	0b	0b	0b	0b
豆科 Leguminosae												
大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	57b	37c	10ef	25cde	9ef	75ab	36cd	0f	0f	16def	0f	89a
牻牛儿苗科 Geraniaceae												

续表

杂草种类 Species	化肥处理 Chemical fertilizer treatment group						有机肥处理 Manure treatment group					
	C0	CN	CNP	CNK	CNPK	CPK	M0	MN	MNP	MNK	MNPK	MPK
野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	19b	16b	9bcd	13bc	4cd	8bcd	13bc	0d	0d	10bcd	8bcd	36a
禾本科 Gramineae												
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i> Sobol	15d	9d	8d	6d	13d	29c	62a	42bc	73a	31bc	33bc	43b
石竹科 Caryophyllaceae												
牛繁缕 <i>Malachium aquaticum</i>	2b	1b	0b	1b	2b	1b	0b	10a	0b	0b	0b	0b
紫草科 Boraginaceae												
附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>	11b	12b	1c	10b	1c	1c	0c	22a	0c	0c	0c	0c

同行不同字母表示不同处理间的显著差异 ($P<0.05$)表 3 小麦拔节期不同肥料处理条件下杂草密度/(株/m²)

Table 3 Weed density under different fertilization treatments at jointing stage of wheat

杂草种类 Species	化肥处理 Chemical fertilizer treatment group						有机肥处理 Manure treatment group					
	C0	CN	CNP	CNK	CNPK	CPK	M0	MN	MNP	MNK	MNPK	MPK
菊科 Asteraceae												
鼠麴草 <i>Gnaphalium affine</i>	48a	4c	0c	29b	3c	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0c
稻槎菜 <i>Lapsana apogonoides</i>	93b	131a	12d	115ab	9d	8d	49c	5d	4d	4d	4d	9d
泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>	25ab	11cd	12bcd	27a	5d	24abc	16abc	7d	7d	15abc	5d	12bcd
小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	29a	4c	7bc	11abc	24ab	5bc	28a	0c	27a	7bc	13abc	16abc
山苦荬 <i>Ixeris denticulata</i>	8a	8a	3a	8a	5a	0a	7a	7a	1a	3a	0a	4a
玄参科 Scrophulariaceae												
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	140a	9b	19b	17b	17b	136a	25b	16b	5b	15b	0b	9b
豆科 Leguminosae												
大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	203b	88cd	13ef	47e	48de	293a	109c	0f	0f	12ef	5f	299a
牻牛儿苗科 Geraniaceae												
野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	25bcd	16bcd	24bcd	15bcd	15bcd	19bcd	33b	9cd	7cd	28bc	3d	59a
禾本科 Gramineae												
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	11de	21cde	109a	8de	31cde	132a	68b	17de	44bc	7e	17de	33cd
石竹科 Caryophyllaceae												
牛繁缕 <i>Malachium aquaticum</i>	0a	0a	0a	0a	5a	3a	4a	3a	0a	4a	5a	1a
紫草科 Boraginaceae												
附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>	41a	33a	4b	33a	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0b

表 4 小麦成熟期不同肥料处理条件下杂草密度/(株/m²)

Table 4 Weed density under different fertilization treatments during wheat ripening stage

杂草种类 Species	化肥处理 Chemical fertilizer treatment group						有机肥处理 Manure treatment group					
	C0	CN	CNP	CNK	CNPK	CPK	M0	MN	MNP	MNK	MNPK	MPK
菊科 Asteraceae												
稻槎菜 <i>Lapsana apogonoides</i>	11a	1b	0b	0b	0b	1b	0b	0b	0b	0b	0b	0b
小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	44b	23bcd	0d	17bcd	3cd	28bc	20bcd	0d	0d	0d	0d	75a
玄参科 Scrophulariaceae												
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	35b	8b	21b	8b	8b	136a	116a	0b	0b	0b	0b	23b
豆科 Leguminosae												
大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	39bc	13cd	3d	41b	3d	81a	0d	0d	0d	0d	0d	36bc
牻牛儿苗科 Geraniaceae												
野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	13bc	9bc	0c	33a	4bc	3bc	8bc	0c	0c	0c	0c	16b
禾本科 Gramineae												

续表

杂草种类 Species	化肥处理 Chemical fertilizer treatment group						有机肥处理 Manure treatment group					
	C0	CN	CNP	CNK	CNPK	CPK	M0	MN	MNP	MNK	MNPK	MPK
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	5c	0c	35a	0c	19b	5c	5c	0c	0c	0c	0c	0c
蒺藜 <i>Beckmannia syzigachne</i>	4c	1c	7c	0c	16bc	163a	33b	0c	0c	0c	0c	17bc
伞形科 Umbelliferae												
野胡萝卜 <i>Daucus carota</i>	1a	0a	0a	5a	0a	0a	4a	0a	0a	0a	0a	0a
桔梗科 Campanulaceae												
半边莲 <i>Lobelia chinensis</i>	12a	0a	0a	0a	0a	15a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
莎草科 Cyperaceae												
萤蔺 <i>Scirpus juncoides</i>	39a	4b	0b	0b	4b	1b	12b	0b	0b	0b	0b	3b

2.4 长期不同施肥对杂草的群落多样性特征的影响

长期不同施肥处理下杂草群落多样性差异显著(表5—表7),各多样性指数在不同时期变化趋势一致,总体来说,施入有机肥使多样性指数下降,尤其是杂草的物种数和 Margalef 指数。在小麦苗期, CNPK 处理的 Shannon 指数和 Simpson 指数最高,除了 M0 处理,施入有机肥的各个处理显著低于各个化肥处理;Pielou 指数在各个不同施肥处理间差异不显著。在小麦拔节期的 Shannon 指数和 Simpson 指数, CNPK 处理的也是最高, MPK 则是最低,显著低于其余各个处理, CPK、CNP 和 MNP 这 3 个处理也处于较低水平,其余各个处理差异不显著;Pielou 指数 MPK 最低,其余各个有机肥处理都处于较高水平。在小麦成熟期,4 个有机肥处理中没有出现杂

草, Shannon 指数、Simpson 指数以及 Margalef 指数 C0 处理最高, CNP 处理最低, Pielou 指数则是 CPK 和 M0 处理显著低于其余各个处理。可见,施入有机肥降低了麦季杂草的群落多样性指数,在小麦生长的不同时期 C0 处理以及均衡施肥的 CNPK 处理群落多样性指数能维持在一个较高的水平。

2.5 麦田杂草分布与土壤养分因子的关系

采用冗余分析(RDA)对所调查的 12 个不同处理的杂草分布和土壤环境养分指标进行空间分析,箭头表示土壤环境因子,12 个实心正方形代表不同施肥处理,空心三角形代表不同类型的杂草。RDA 排序图(图 2)从整体上反映了不同时期麦田杂草分布与土壤养分因子间的关系,同时也反映出不同杂草种类对生态环境要求的相似程度。

表 5 长期不同施肥处理下小麦苗期杂草群落结构特征

Table 5 Community structure features of weed under long-term different fertilization treatments in wheat seedling (mean±SE)

处理 Treatment		物种数(S) Number of species	Simpson 指数(D) Simpson index	Shannon 指数(H') Shannon index	丰富度指数(R) Richness index	均匀度指数(J) Evenness index
化肥处理 Chemical fertilizer treatment group	C0	14.667±0.333a	0.875±0.004ab	2.281±0.031ab	2.390±0.039b	0.850±0.012abcde
	CN	13.667±0.882ab	0.832±0.001bc	2.109±0.014bc	2.381±0.163b	0.808±0.015cde
	CNP	12.000±0.577b	0.865±0.007ab	2.209±0.066ab	2.521±0.132ab	0.889±0.01abc
	CNK	14.333±0.882ab	0.870±0.001ab	2.301±0.023ab	2.558±0.152ab	0.866±0.015abcd
	CNPK	14.000±0.577ab	0.886±0.008a	2.375±0.036a	2.992±0.104a	0.901±0.022ab
	CPK	14.333±0.667ab	0.829±0.005bc	2.105±0.019bc	2.42±0.138b	0.792±0.017de
有机肥处理 Manure treatment group	M0	9.000±0c	0.847±0.009abc	1.987±0.046c	1.436±0.004c	0.904±0.021ab
	MN	8.000±0cd	0.758±0.017d	1.699±0.048d	1.325±0.016c	0.817±0.023bcde
	MNP	6.000±0d	0.702±0.016f	1.381±0.056e	0.973±0.005c	0.771±0.031e
	MNK	7.000±0cd	0.764±0.012d	1.659±0.022d	1.217±0.019c	0.853±0.012abcde
	MNPK	7.667±0.333cd	0.778±0.011d	1.698±0.055d	1.435±0.075c	0.834±0.009abcde
	MPK	7.000±0cd	0.805±0.011cd	1.775±0.033d	1.063±0.008c	0.912±0.017a

同列不同字母表示不同处理间的显著差异(P<0.05)

表 6 长期不同施肥处理下小麦拔节期杂草群落结构特征

Table 6 Community structure features of weed under long-term different fertilization treatments at jointing stage of wheat (mean±SE)

处理 Treatment	物种数(S) Number of species	Simpson 指数(D) Simpson index	Shannon 指数(H') Shannon index	丰富度指数(R) Richness index	均匀度指数(J) Evenness index
化肥处理 Chemical fertilizer treatment group	C0 10.000±0a	0.803±0.013a	1.879±0.048ab	1.399±0.004abcd	0.816±0.021abcd
	CN 8.667±0.667abc	0.737±0.035abc	1.635±0.137abc	1.325±0.107abcd	0.758±0.046bcd
	CNP 7.667±0.333cd	0.666±0.03c	1.499±0.078bcd	1.255±0.064bcde	0.736±0.027cd
	CNK 10.000±0a	0.799±0.011a	1.902±0.058a	1.571±0.018ab	0.826±0.025abcd
	CNPK 9.333±0.333ab	0.817±0.016a	1.914±0.056a	1.642±0.068a	0.857±0.024abc
	CPK 7.333±0.333cde	0.678±0.002bc	1.354±0.016cd	0.985±0.049e	0.680±0.009de
有机肥处理 Manure treatment group	M0 8.333±0.333bc	0.807±0.013a	1.835±0.05ab	1.258±0.051bcde	0.867±0.025abc
	MN 5.667±0.333f	0.771±0.01abc	1.589±0.042abc	1.135±0.068cde	0.919±0.017a
	MNP 6.000±0ef	0.677±0.036bc	1.380±0.087cd	1.099±0.009de	0.770±0.048abcd
	MNK 7.333±0.333cde	0.809±0.016a	1.799±0.058ab	1.399±0.037abcd	0.904±0.028ab
	MNPK 6.667±0.333def	0.789±0.035ab	1.719±0.121abc	1.444±0.133abc	0.905±0.04ab
	MPK 8.000±0bcd	0.515±0.031d	1.148±0.072d	1.149±0.006cde	0.552±0.034e

表 7 长期不同施肥处理下小麦拔节期杂草群落结构特征

Table 7 Community structure features of weed under long-term different fertilization treatments during wheat ripening stage (mean±SE)

处理 Treatment	物种数(S) Number of species	Simpson 指数(D) Simpson index	Shannon 指数(H') Shannon index	丰富度指数(R) Richness index	均匀度指数(J) Evenness index
化肥处理 Chemical fertilizer treatment group	C0 8.667±0.333a	0.827±0.013a	1.895±0.053a	1.442±0.045a	0.879±0.027a
	CN 6.000±0.577abc	0.761±0.011ab	1.576±0.057ab	1.143±0.109ab	0.886±0.023a
	CNP 3.333±0.667c	0.586±0.089c	1.029±0.215c	0.550±0.153c	0.886±0.012a
	CNK 5.333±0.333bc	0.763±0.007ab	1.534±0.006ab	0.882±0.065bc	0.920±0.03a
	CNPK 5.333±0.333bc	0.716±0.011abc	1.434±0.003bc	1.069±0.068ab	0.861±0.029ab
	CPK 7.667±1.202ab	0.731±0.011abc	1.508±0.054ab	1.089±0.177ab	0.753±0.029bc
有机肥处理 Manure treatment	M0 8.000±0ab	0.644±0.012bc	1.433±0.029bc	1.313±0.016ab	0.689±0.014c
	MPK 6.333±0.333ab	0.737±0.025abc	1.569±0.058ab	1.027±0.049abc	0.852±0.028ab

在小麦苗期,第一、第二排序轴特征值分别为 0.409、0.214,土壤全 N、碱解 N、有机质与第一排序轴相关系数分别为-0.868、-0.869、-0.839;而第二排序轴与各养分因子相关性不大;小麦拔节期,第一、第二排序轴特征值分别为 0.496、0.166,土壤全 N、碱解 N、有机质与第一排序轴相关系数分别为-0.876、-0.914、-0.841;而第二排序轴与各养分因子相关性不大;小麦成熟期,第一、第二排序轴特征值分别为 0.500、0.103,土壤全 N、碱解 N、有机质与第一排序轴相关系数分别为-0.702、-0.765、-0.679;第二排序轴与各养分因子相关性也不大;综之,在小麦生长期间,影响麦田中杂草分布的土壤养分因子主要为氮和有机质。

3 幅排序图中处理分布趋势一致,C0 处理相对独立,与其余各个处理之间距离相对较远,CNP、CNPK 和 MNP、MNPK 两对处理之间的距离最近,各

个排序图中大部分杂草处于土壤肥力因子箭头的反方向,与土壤肥力因子呈负相关关系,耐贫瘠。土壤含氮量和有机质含量对杂草分布影响较大。

3 讨论与小结

长期肥料施用能提高土壤中相应营养元素的含量,作物的生长通常能抑制绝大部分杂草的发生,通过增加作物竞争优势和培育农田生境来综合治理杂草的方法越来越受到关注,施肥是最有效直接的措施,肥料在增加作物产量的同时能有效减少杂草密度^[14-17]。Moss 等在研究英国洛桑实验站麦田杂草群落时发现,土壤无机氮水平是决定部分杂草出现频率的关键因子^[18],本研究结果同样表明施入氮肥能显著减少麦田杂草密度,其主要原因可能是氮肥是增加小麦产量的主要养分因子,而小麦的旺盛生长能抑制绝大多数杂草的发生。施入有机肥使处理

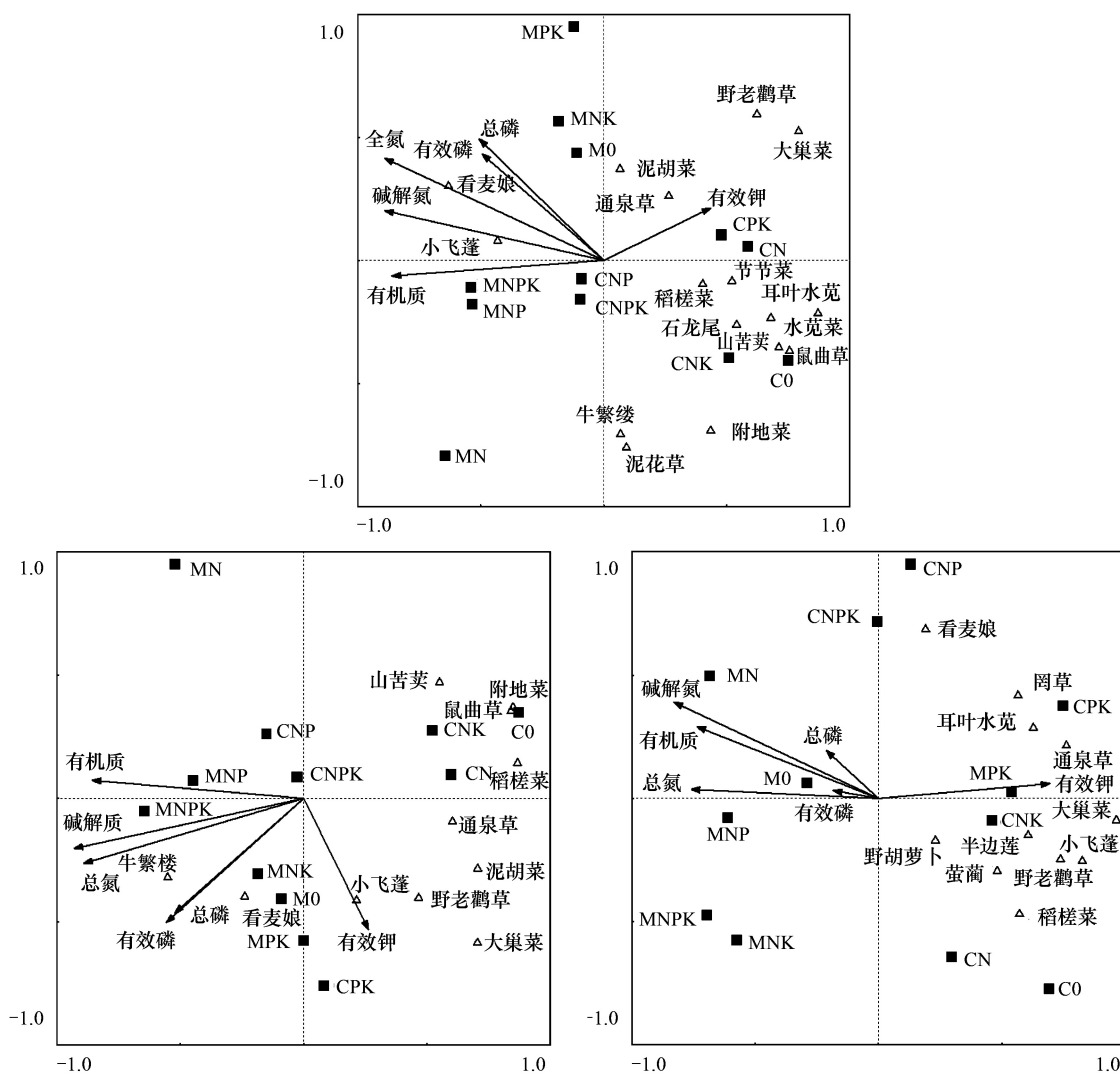


图2 小麦苗期、拔节期、成熟杂草分布与环境因子的 RDA 二维序列图

Fig.2 A two-dimensional graph of RDA ordination for weed and environment factor at wheat seeding, jointing and ripening stage

中杂草种类和密度都有不同程度的减少,氮肥及有机肥的施入通过改变小麦与杂草的竞争关系从而使麦田杂草密度显著减少,富营养土壤中形成的优势杂草种群能与小麦一起限制其余杂草生长,而贫瘠土壤限制作物生长,从而为杂草提供更多的水、热、光等资源和空间,同时小麦栽培过程一般都加入除草管理措施,因此结合农田杂草防除,通过合理施用氮肥、有机肥能更有效地减少麦田的杂草密度,提高小麦的竞争优势。

化肥、有机肥的投入能显著增加土壤中氮磷钾的含量,改变农田养分生境,影响农田生态系统的物种构成。本研究结果表明:不同施肥处理下杂草群落组成差异明显,施肥导致的土壤养分差异将影响农田杂草的种内和种间竞争,决定杂草的类型^[19-21]。

Yin 等^[22]在封丘旱地田间调查试验中发现了均衡施肥模式下杂草群落多样性指数增加,作物产量增加。本研究结果也显示在小麦生长的不同时期 C0 处理以及均衡施肥的 CNPK 处理群落多样性指数都能维持在一个较高的水平。生态系统的功能由系统中物种的种类及数量决定,不同物种间对不同养分的需求差异性越大,系统中养分的保留会越多^[23-25], Wardle 等在研究中发现多样性高的系统能更好的应对环境变化^[26-27],均衡施肥的处理相对其余处理更能形成稳定的系统,保持农田的生产力和稳定性。

Katharine 的研究则表明土壤氮素减少能加大杂草种内竞争,磷则更多的影响种间竞争^[28],不同施肥措施影响本试验区麦田杂草的分布,RDA 结果显示土壤有机质及氮含量是影响杂草分布的主要环境

因子,化肥和有机肥的施用直接改变土壤理化性状,不同类型化肥有机肥的配施在提高作物竞争优势的同时影响不同杂草的种内和种间竞争,导致在不同的处理间杂草分异差异显著。适宜的养分管理能改善作物与杂草之间的竞争关系,在降低杂草对作物产量影响的同时保持一定可控制杂草的生物多样性,使整个稻麦生产系统提高生产力趋于稳定。

4 结论

氮肥和有机肥的施入不同程度导致田间杂草总密度的下降,且有机肥的施用对杂草密度的控制效果更加显著。杂草密度随着小麦生育进程总体呈现先增加后减少的变化趋势,MN、MNP、MNK、MNPk 4个则呈持续下降的特征,至小麦成熟期杂草基本消失,杂草种类在小麦苗期最多,越冬过后不同施肥处理中有不同程度的减少。施入有机肥使麦季杂草的群落多样性指数下降,尤其是杂草的物种数和丰富度指数,均衡施肥的处理中农田生态系统的生物多样性维持在较高的水平,化学氮磷钾肥的配合施用有利于形成生产力高、群落结构稳定的系统。土壤含氮量和有机质含量是对麦季杂草分布影响最大的两个土壤养分因素,土壤有效钾含量对杂草分布影响则最小。

致谢:感谢南京农业大学杂草研究室的强胜老师、扬州大学金银根老师以及袁术忠老师在杂草辨认鉴定上给予的帮助,感谢扬州大学农学院徐辰武老师、顾世良老师在文章数据处理分析过程中给予的帮助。

References:

- [1] Fenn M E, Poth M A, Aber J D, Baron J S, Bormann B T, Johnson D W, Lemly A D, McNulty S G, Ryan D F, Stottleyer R. Nitrogen excess in north American ecosystems: Predisposing factors, ecosystem responses, and management strategies. *Ecological Applications*, 1998, 8(3): 706-733.
- [2] Anderson R L, Tanaka D L, Black A L, Schweizer E E. Weed community and species response to crop rotation, tillage, and nitrogen fertility. *Weed Technology*, 1998, 12(3): 531-536.
- [3] Li R H, Qiang S, Qiu D S, Chu Q H, Pan G X. Effect of long-term fertilization regimes on weed communities in paddy fields under rice-oilseed rape cropping system. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7): 3236-3243.
- [4] Derksen D A, Anderson R L, Blackshaw R E, Maxwell B. Weed dynamics and management strategies for cropping systems in the northern great plains. *Agronomy Journal*, 2002, 94(2): 174-185.
- [5] Li R H, Qiang S, Qiu D S, Chu Q H, Pan G X. Effects of long-term different fertilization regimes on the diversity of weed communities in oilseed rape fields under rice-oilseed rape cropping system. *Biological Diversity*, 2008, 16(2): 118-125.
- [6] Neve P, Vila-Aiub M, Roux F. Evolutionary-thinking in agricultural weed management. *New Phytologist*, 2009, 184(4): 783-793.
- [7] Hamid R, Frouddin A M. Long-term effects of crop rotation and fertilizers on weed community in spring barley. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2009, 33: 315-323.
- [8] Boguzas V, Marcinkeviciene A, Kairyte A. Quantitative and qualitative evaluation of weed seed bank in organic farming. *Agronomy Research*, 2004, 2(1): 13-22.
- [9] Zhu W D, Tu S X, Wei F X. Effect of fertilizer application on the occurrence and damage of weed in wheat field. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1998, 25(4): 364-368.
- [10] Major J, Steiner C, Ditommaso A, Falcão N P S, Lehmann J. Weed composition and cover after three years of soil fertility management in the central Brazilian Amazon: Compost, fertilizer, manure and charcoal applications. *Weed Biology and Management*, 2005, 5(2): 69-76.
- [11] Everaarts A P. Response of weeds to the method of fertilizer application on low-fertility acid soils in Suriname. *Weed Research*, 1992, 32(5): 391-397.
- [12] Tang H Y. Farmland Weed Color Atlas in China. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1989.
- [13] Lu R K. Methods of Soil and Agriculture Chemical Analysis. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.
- [14] Blackshaw R E. Application method of nitrogen fertilizer affects weed growth and competition with winter wheat. *Weed Biology and Management*, 2004, 4(2): 103-113.
- [15] Tarek A E. Chemical fertilizers could offer a real solution for minimizing over consumption of herbicides for controlling weeds in faba bean (*vicia faba* L.). *Trends in Applied Sciences Research*, 2008, 3(2): 142-153.
- [16] Grant C A, Derksen D A, Blackshaw R E, Entz T, Janzen H H. Differential response of weed and crop species to potassium and sulphur fertilizers. *Canadian journal of Plant Science*, 2007, 87(2): 293-296.
- [17] Shen M X, Yang L Z, Yao Y M, Wu D D, Wang J G, Guo R L, Yin S X. Long-term effects of fertilizer managements on crop yields and organic carbon storage of a typical rice-wheat agroecosystem of China. *Biology and Fertility of Soils*, 2007, 44(1): 187-200.
- [18] Moss S R, Storkey J, Cussans J W, Perryman S A M, Hewitt M V. The broadbalk long-term experiment at Rothamsted: what has it told us about weeds? *Weed Science*, 2004, 52(5): 864-873.
- [19] Conn J S. Weed seed bank affected by tillage intensity for barley in

- Alaska. Soil and Tillage Research, 2006, 90(1/2): 156-161.
- [20] Gough L, Grace J B, Taylor K L. The relationship between species richness and community biomass: the importance of environmental variables. *Oikos*, 1994, 70(2): 271-279.
- [21] Huenneke L F, Hamburg S P, Koide R, Mooney H A, Vitousek P M. Effects of soil resources on plant invasion and community structure in Californian serpentine grassland. *Ecology*, 1990, 71(2): 478-491.
- [22] Yin L C, Cai Z C, Zhong W H. Changes in weed community diversity of maize crops due to long-term fertilization. *Crop Protection*, 2006, 25(9): 910-914.
- [23] Tilman D, Lehman C L, Thomson K T. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1997, 94(5): 1857-1861.
- [24] Estes J A, Terborgh J, Brashares J S, Power M E, Berger J, Bond W J, Carpenter S R, Essington T E, Holt R D, Jackson J B, Marquis R J, Oksanen L, Oksanen T, Paine R T, Pikitch E K, Ripple W J, Sandin S A, Scheffer M, Schoener T W, Shurin J B, Sinclair A R, Soule M E, Virtanen R, Wardle D A. Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 2011, 333(6040): 301-306.
- [25] Huston M A, Aarssen L W, Austin M P, Cade B S, Fridley J D, Garnier E, Grime J P, Hodgson J, Lauenroth W K, Thompson K, Vandermeer J H, Wardle D A. No consistent effect of plant diversity on productivity. *Science*, 2000, 289(5483): 1255-1255.
- [26] Wardle D A, Bardgett R D, Callaway R M, Van der Putten W H. Terrestrial ecosystem responses to species gains and losses. *Science*, 2011, 332(6035): 1273-1277.
- [27] Wardle D A. Statistical analyses of soil quality. *Science*, 1994, 264(5156): 281-282.
- [28] Suding K N, LeJeune K D, Seastedt T R. Competitive impacts and responses of an invasive weed: dependencies on nitrogen and phosphorus availability. *Oecologia*, 2004, 141(3): 526-535.

参考文献:

- [3] 李儒海, 强胜, 邱多生, 储秋华, 潘根兴. 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*, 2008, 28(7): 3236-3243.
- [5] 李儒海, 强胜, 邱多生, 储秋华, 潘根兴. 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*, 2008, 16(2): 118-125.
- [9] 朱文达, 涂书新, 魏福香. 施肥对麦田杂草发生、生长及危害的影响. *植物保护学报*, 1998, 25(4): 364-368.
- [12] 唐洪元. 中国农田杂草彩色图谱. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.7 Apr., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands HE Yixin, WU Ning, ZHU Qiu'an, et al (1615)
- Altitudinal distribution rule of *Picea schrenkiana* forest's soil organic carbon and its influencing factors Aminem ELI, CHANG Shunli, ZHANG Yutao, et al (1626)

Autecology & Fundamentals

- Daily stem radial variation of *Pinus koraiensis* and its response to meteorological parameters in Xiaoxing'an mountain LI Xinghuan, LIU Ruipeng, MAO Zijun, et al (1635)
- Effects of logging residues on surface soil biochemical properties and enzymatic activity WU Bobo, GUO Jianfen, WU Junjun, et al (1645)
- Characteristics of soil macroaggregates under typical forests in Pangquangou Nature Reserve BAI Xiumei, HAN Youzhi, GUO Hanqing (1654)
- Modeling tree crown structure of Simao pine (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) natural forest OU Guanglong, XIAO Yifa, WANG Junfeng, et al (1663)
- Influence of magnesium deficiency and excess on chlorophyll fluorescence characteristics of Newhall navel orange leaves LING Lili, HUANG Yi, PENG Liangzhi, et al (1672)
- Seed foraging and dispersal of Chinese yew (*Taxus chinensis* var. *mairei*) by frugivorous birds within patchy habitats LI Ning, WANG Zheng, LU Changhu, et al (1681)
- Interactions between heavy metal lead and two freshwater algae LIU Lu, YAN Hao, LI Cheng, et al (1690)
- Annual variations of the primary productivity and its size-fractioned structure in culture ponds of *Apostichopus japonicus* Selenka JIANG Senhao, ZHOU Yibing, TANG Boping, et al (1698)
- Growth and photosynthetic activity of *Microcystis* colonies after gut passage through silver carp and bighead carp WANG Yinping, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (1707)
- Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli* YOU Changyan, YANG Yu, HU Fei, et al (1716)

Population, Community and Ecosystem

- Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China LIN Liu, JIN Yanfei, CHEN Dekun, et al (1725)
- Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China LI Fan, XU Bingqing, MA Yuanqing, et al (1736)
- Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field JIANG Min, SHEN Mingxing, SHEN Xinpeng, et al (1746)
- Ecological process of water transformation in furrow and ridge mulching system in oat field under extreme drought scenario ZHOU Hong, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (1757)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Simulations and analysis on the effects of landscape pattern change on flood and low flow based on SWAT model LIN Bingqing, CHEN Xingwei, CHEN Ying, et al (1772)
- Phenological variation of alpine grasses (Gramineae) in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China during the last 20 years XU Weixin, XIN Yuanchun, ZHANG Juan, et al (1781)
- Landscape aesthetics in different areas of Lijiang City GUO Xianhua, ZHAO Qianjun, CUI Shenghui, et al (1794)
- Temporal and spatial pattern of *Scenedesmus* in the river web of the Pearl River Delta, China WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (1800)

- Spatiotemporal dynamics of bacterial abundance and related environmental parameters in Lake Bosten WANG Bowen, TANG Xiangming, GAO Guang, et al (1812)
- Scale domain recognition for land use spatial fractal feature based on genetic algorithm WU Hao, LI Yan, SHI Wenzhong, et al (1822)
- Relationships of stable carbon isotope of *Abies faxoniana* tree-rings to climate in sub-alpine forest in Western Sichuan JIN Xiang, XU Qing, LIU Shirong, et al (1831)
- An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources in the northwestern Pacific Ocean FENG Yongjiu, CHEN Xinjun, YANG Mingxia, et al (1841)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Spatial differentiation research of non-use value WTP based on the residents' ecological cognition: taking the sanjiang plain as a case GAO Qin, AO Changlin, CHEN Hongguang, et al (1851)
- Contamination characteristics in surface water and coastal groundwater of Hunhe River CUI Jian, DU Jizhong, WANG Xiaoguang (1860)
- Social ecological system and vulnerability driving mechanism analysis YU Zhongyuan, LI Bo, ZHANG Xinshi (1870)
- Research Notes**
- Effects of iso-osmotic $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and NaCl stress on growth and physiological characteristics of cucumber seedlings ZHOU Heng, GUO Shirong, SHAO Huijuan, et al (1880)
- View Point**
- The discussion about the designation and content of ecological conservation and construction SHEN Guofang (1891)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 魏辅文

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 7 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 7 (April, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元