

大气CO₂浓度和气温升高对麦田节肢动物群落的影响

刘 帅¹ 李保平¹ 孟 玲^{1*} 张旭辉² 潘根兴²

1 (南京农业大学植物保护学院/农作物生物灾害综合治理教育部重点实验室, 南京 210095)

2 (南京农业大学资源与环境学院, 南京 210095)

摘要: 为了预测气候变化对麦田节肢动物群落多样性的影响, 本研究在麦田开放环境中设置4种处理, 分别是高温(高于当时气温2℃和当前CO₂浓度)、高CO₂浓度(500 μL/L和当时气温)、高温+高CO₂浓度和对照(当前CO₂浓度和气温)等, 采用定期随机抽样方法调查节肢动物群落的多样性, 用经典的多样性指数对整体节肢动物群落以及不同食性节肢动物群落多样性进行分析。共采到节肢动物3纲10目42科52种。仅“高温”和“高温+高CO₂”处理显著增大节肢动物群落的均匀度, 其余处理均无显著影响。“高温+高CO₂”处理的影响随小麦生长发育期不同而略有差异, 在苗期可增大Shannon-Wiener多样性指数, 而在后期使该指数减小; “高温+高CO₂”与“高温”处理的群落多样性较为相似。对不同食性节肢动物群落分析表明, 与对照相比, 植食性昆虫群落在“高CO₂”下丰富度显著增大; 寄生性昆虫群落的多度在“高温”下显著增大; 腐食性等节肢动物群落的多度在“高CO₂+高温”和“高温”处理下有所增大、均匀度在“高温”下略降低, 但均未达统计上的显著水平; 捕食性节肢动物群落不受影响。本研究说明, CO₂浓度和气温升高不同程度地影响麦田节肢动物群落的物种多样性, 两类因素同时升高与各自单独升高的影响不完全一致。

关键词: 植食性昆虫多样性, 天敌昆虫多样性, FACE, 增温, 气候变化

Effects of elevated CO₂ and increased temperature on wheat field arthropod community

Shuai Liu¹, Baoping Li¹, Ling Meng^{1*}, Xuhui Zhang², Genxing Pan²

1 College of Plant Protection/Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests, Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095

2 College of Natural Resources, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095

Abstract: To project arthropod community response to climate change in wheat fields, a field survey of arthropods over the growing season was made in the plots under a factorial combination of two CO₂ (ambient and 500 μL/L) and two temperature (ambient and +2℃) treatments. The survey collected 52 species, 42 families, 10 orders, and 3 classes. Analyses of overall arthropod community showed a significant increase in evenness due to “Elevated CO₂ + Increased temperature” treatment. Elevated CO₂ and increased temperature treatments had varying impacts on species diversity parameters within the wheat growing season. The “Elevated CO₂ + Increased temperature” treatment increased the Shannon-Wiener index slightly during the early growing season, but decreased it later in the season. Species diversity was most similar between the “Elevated CO₂ + Increased temperature” and the “Increased temperature” treatment. The analysis of arthropod communities by trophic level showed that the “Elevated CO₂” increased herbivorous insect richness and the “Increased temperature” increased parasitoid abundances, compared with the control. The treatments did not affect detritivorous and predaceous arthropod communities. The results of this study suggest that elevated CO₂ and increased temperature can affect arthropod diversity in wheat fields, and the effects may vary be-

收稿日期: 2013-10-11; 接受日期: 2014-01-14

基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAC19B01)和国家公益性行业(农业)科研专项(200903003、201103002)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: ml@njau.edu.cn

tween both elevated CO₂ and increased temperature and individual elevation of either CO₂ and temperature.

Key words: phytophagous insect diversity, carnivorous arthropod diversity, FACE, increased temperature, climate change

大气 CO₂ 浓度升高是气候变化的重要特征之一 (IPCC, 2007), 其引起的温室效应将导致全球变暖 (Klironomos *et al.*, 2005)。研究表明, 大气 CO₂ 浓度升高可通过影响植物生理生化特性而间接影响植食者的取食、生长发育和生殖等生活史特征 (孟玲和李保平, 2005; 戈峰和陈法军, 2006; Massad & Dyer, 2010); 气温升高不仅对植食性昆虫的生活史特性产生重要影响 (Bale *et al.*, 2002), 而且可影响节肢动物发生的世代数 (Yamamura & Kiritani, 1998)。更为重要的发现是, CO₂ 浓度和气温同时升高对昆虫个体生物学的影响, 可能不同于其中任何一个因素单独升高所产生的影响 (Zvereva & Kozlov, 2006)。

然而, 迄今开展的研究绝大多数是在封闭的室内 (如人工气候箱) 或半开放的室外 (如顶端开口气室) 进行, 仅有少数在开放式模拟系统中进行, 而开放式系统多数仅控制 CO₂ 浓度, 即 FACE 系统 (free-air CO₂ enrichment) (Nösberger *et al.*, 2006), 只有 1 项研究同时模拟 CO₂ 浓度和气温升高对草原上昆虫群落的影响 (Villalpando *et al.*, 2009)。另外, 对 CO₂ 浓度升高的研究多集中于对节肢动物个体生活史特征的影响, 罕有对种群乃至群落的研究 (主要原因是难以开展野外模拟试验)。虽然了解气候变化对个体生物学的影响有助于预测对种群数量动态的影响, 但难以推测其对群落的影响, 因为群落表现远非个体集合表现的简单函数 (Mittelbach, 2012)。迄今, 仅有少数几项在野外模拟 CO₂ 浓度升高对节肢动物群落组成和结构影响的研究 (Sanders *et al.*, 2004; Hillstrom & Lindroth, 2008)。这些初步研究说明, CO₂ 浓度和气温升高可能不同程度地影响节肢动物群落的多样性特征, 显然需要更多研究来揭示影响的范围和程度。

本研究模拟 CO₂ 浓度和气温升高, 调查其对麦田节肢动物群落多样性的影响, 以期预测未来大气 CO₂ 浓度和气温升高下麦田节肢动物群落的演变趋势提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 麦田气候变化模拟小区

气温和 CO₂ 浓度模拟区位于江苏省常熟市古里

镇麦-稻轮作田 (31°30' N, 120°33' E), 试验区面积约 1.3 ha, 已连续耕种 50 余年, 代表了江苏省大部分农田土壤类型; 属于亚热带季风气候, 年均降水量 1,100–1,200 mm, 年均气温 16℃, 年日照时间 >2,000 h, 无霜期 >230 d。根据 IPCC (2007) 预测的 21 世纪中期 CO₂ 浓度和气温升高的幅度, 采用因子设计设置 4 个处理, 即“对照” (当时气温和当前 CO₂ 浓度)、“高温” (高于当时气温 2℃ 和当前 CO₂ 浓度)、“高 CO₂” (500 μL/L 和当时气温) 和“高 CO₂+高温”, 每处理有 3 个重复小区 (圈), 共 12 个处理圈; 按照随机区组排列, 间距 90 m。每个处理圈为近似圆形, 直径约 8 m, 面积约 45 m²; 高 CO₂ 处理通过 CO₂ 储气罐经高压后向圈内喷气, 使 CO₂ 浓度维持在 500 μL/L 水平; 高温处理通过圈上方架设的红外灯加热, 12 个灯以等边六角形排成 2 圈, 维持高于环境气温 2℃ 的水平; CO₂ 浓度和气温升高处理均通过电脑自动控制, 对照为当前大气 CO₂ 浓度和气温, 设施与升高水平处理相同 (Zhang *et al.*, 2014)。

1.2 调查方法

野外调查于 2013 年 3–6 月小麦生长季节进行, 每隔 10 d 抽样调查 1 次, 用机动抽吸式 VORTIS 昆虫采样器 (英国 BUKARD 公司生产) 采样, 该采样器可高效采集草本植物上的节肢动物 (Stewart & Wright, 1995)。为避免边际效应, 采样点位于“十”字型线上的圆心到圈边缘的中间, 共计 4 个点。每点抽吸面积约 0.25 m², 抽吸时间约 20 s。由于采样点间距较小, 采样器噪声和气流可能干扰其他采样点的昆虫, 导致采样点之间数据难以达到独立重复的要求, 为此, 将 4 个采样点数据合并作为 1 个抽样点 (1 m²) 的样本。为避免天气的影响, 采集于晴天 10:00–14:00 进行, 如遇阴雨天, 顺延。

将采集的标本带回实验室, 首先鉴定到科 (黄其林等, 1984; 冯鍾琪, 1990), 然后利用各类群分类学专著鉴定到属或种, 未鉴定到种的标本作为未定种带入群落进行分析。

为揭示群落结构的特征, 根据物种的食性将节肢动物划分为: 植食性昆虫、捕食性节肢动物、寄生性昆虫和腐食性节肢动物等, 判断物种食性的依据来自于文献报道, 对于没有生物学研究的物种,

根据其所在科或亚科的生物学特征进行推测。

1.3 数据分析

分别计算群落的 Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Pielou 均匀度指数 (E)、Simpson 优势集中性指数 (C) (张孝曦, 2001) 和 Jaccard 相似性系数 (C_j) (马克平, 1994), 并根据不同处理间的相似性系数进行聚类分析。公式如下:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

$$E = H' / \ln S \quad (2)$$

$$C = H' / H_{\max} = -\sum P_i = \sum (N_i / N)^2 \quad (3)$$

$$C_j = j / (a + b - j) \quad (4)$$

式中, P_i 为第 i 个物种个体数占总个体数的比例; S 为群落中的物种总数; H_{\max} 为最大多样性指数; N_i 为群落中第 i 个物种的个体数; N 为群落中所有物种的个体总数; a 为 A 群落物种数, b 为 B 群落物种数, j 为两群落共有物种数

用方差分析分别比较多样性指数在对照与其他各处理间均值的差异, 采用 5% 概率水平作为推断差异的标准。数据分析用 R 统计软件 (R Development Core Team, 2014)。

2 结果

2.1 麦田节肢动物群落多样性及季节动态

调查共获得节肢动物 3 纲 10 目 42 科 52 种, 其中昆虫纲 7 目 35 科 41 种, 蛛形纲 2 目 6 科 10 种, 弹尾纲 1 目 1 科 1 种。按食性划分, 捕食性节肢动物 18 种, 寄生性昆虫 7 种, 植食性昆虫 19 种, 腐食性节肢动物 8 种 (附表 1)。

不同处理下节肢动物群落的多样性指数见表 1。除“高温”、“高 CO_2 +高温”处理下群落均匀度显著高于对照外, 多样性指数、优势度指数、丰富度和多度等参数在不同处理间没有显著差异 (表 1)。根据 Jaccard 相似性系数进行聚类分析, 可将“高 CO_2 +高温”与“高温”处理归为一类 (相似性系数为 0.643), 而“对照”与“高 CO_2 ”处理归为另一类 (0.625)。

不同处理下节肢动物群落多样性的季节动态见图 1, 各多样性指数在不同时段受处理因素的影响程度而异: (1) 在小麦生长苗期 (4 月 6 日之前), “高 CO_2 +高温”处理下节肢动物群落的多样性指数略大于其他处理, 但优势集中性指数略低, “对照”的多

度略大于其他处理, 物种丰富度没有明显差异; (2) 在小麦生长的后期, “高 CO_2 +高温”处理下群落的多样性指数和均匀度略低、优势集中性指数和多度略高。

2.2 不同营养层节肢动物群落的多样性

不同食性的节肢动物群落的多样性指数见表 2。与对照相比: (1) “高 CO_2 ”处理可显著增大植食性昆虫群落的物种丰富度; (2) “高温”可显著增大寄生性昆虫群落的多度; (3) 腐食性节肢动物的多度在“高 CO_2 +高温”、“高 CO_2 ”和“高温”处理下均略高, “高温”下的均匀度略低, 但均未达到统计上的显著水平。 (4) 捕食性节肢动物群落的多度、丰富度和均匀度在不同处理间均没有显著差异。

3 讨论

本研究在大田开放式增温和 CO_2 浓度升高的条件下调查了节肢动物群落多样性的变化, 结果表明, 仅“高 CO_2 +高温”和“高温”处理下显著提高群落的均匀度, 但不影响物种丰富度等其他多样性参数。Villalpando 等 (2009) 的增温试验研究发现, 增温使昆虫群落的物种丰富度减小。这或许说明, 某一气候要素的单独变化对昆虫群落的影响可能不同于多个气候要素共同变化的影响, 从而支持 Zvereva 和 Kozlov (2006) 所得出的结论——单独升高 CO_2 浓度或升温处理下获得的研究结论不同于 CO_2 浓度与温度同时升高处理下的结论。本研究对不同处理间群落相似性的分析说明, CO_2 浓度与气温同时升高对群落多样性的影响与仅气温升高的影响较为近似, 而与仅 CO_2 浓度升高的影响差异较大。由此说明, 当用过去那些仅 CO_2 浓度升高对节肢动物群落影响的研究结论时应慎重, 同时也说明气温与 CO_2 浓度同时升高对于研究气候变化的影响具有重要意义。

虽然增温和 CO_2 浓度升高处理对整体节肢动物的物种丰富度没有影响, 但对不同食性节肢动物群落的进一步分析表明, 植食性、寄生性和腐食性等昆虫群落的多样性特征不同程度地受到增温和 CO_2 浓度升高处理的影响, 但捕食性节肢动物群落的物种多样性特征不受影响。类似的现象也出现于 CO_2 浓度升高对森林 (Sanders *et al.*, 2004) 和草原 (朱慧, 2012) 上节肢动物群落影响的研究中。这些研究说明, 不同食性的节肢动物对气候变化的响应不同, 植食性昆虫除受增温的直接影响外, 还受 CO_2 浓度

表1 不同气候因素处理下麦田节肢动物群落的多样性指数
Table 1 Diversity indices of arthropod community in wheat field under different treatments

处理 Treatment	多样性指数 Diversity index (<i>H'</i>)	优势集中性指数 Dominant index (<i>C</i>)	均匀度指数 Evenness index (<i>E</i>)	丰富度 Richness (<i>S</i>)	多度 Abundance
对照 (CK)	2.0209	0.2904	0.5831	32	857
高CO ₂ Elevated CO ₂	2.2452	0.2226	0.6421	33	773
高CO ₂ + 高温 Elevated CO ₂ + Increased temperature	2.3468	0.1531	0.6601	35	892
高温 Increased temperature	2.3938	0.1506	0.6788	34	902

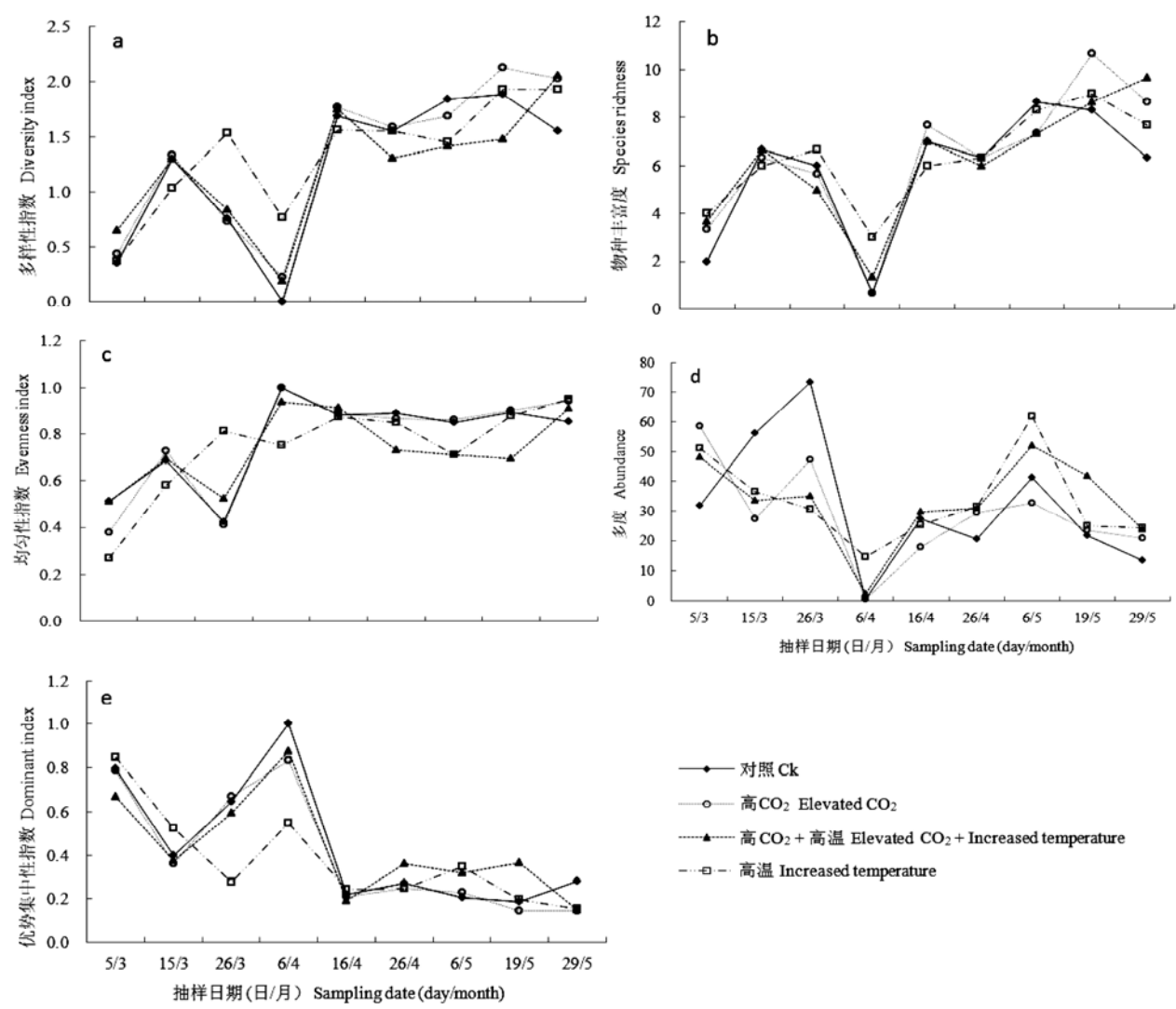


图1 不同气候因素处理下麦田节肢动物群落多样性参数的季节动态
Fig. 1 Seasonal dynamics in species diversity indices of arthropod communities in wheat fields under different climatic treatments

升高的强烈间接影响(孟玲和李保平, 2005; 戈峰和陈法军, 2006; Massad & Dyer, 2010); 寄生性昆虫由于同植食性昆虫寄主之间存在密切的关联, 也受到较大的影响(Stacey & Fellows, 2002; Jeffs & Lewis, 2013), 相比而言, 捕食性节肢动物受植物以及植食性昆虫的影响较小, 故其群落多样性受增温和CO₂浓度升高的影响也较小。

本研究对增温和CO₂浓度升高处理下麦田节肢

表2 不同处理下麦田节肢动物不同群落的物种多样性指数
Table 2 Species diversity indices of different arthropod communities in wheat field under different climatic treatments

节肢动物群落 Arthropod community	对照 CK	高CO ₂ Elevated CO ₂	高CO ₂ +高温 Elevated CO ₂ + Increased temperature	高温 Increased temperature
植食性昆虫 Herbivorous insects				
多度 Abundance	57.0 ± 2.4	51.0 ± 3.7	68.0 ± 7.0	71.0 ± 3.5
丰富度 Richness	9.0 ± 0.3	10.0 ± 0.7*	10.0 ± 1.2	8.0 ± 0.1
均匀度 Evenness	0.84 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1
捕食性节肢动物 Predaceous arthropod				
多度 Abundance	23.0 ± 1.6	21.0 ± 3.8	22.0 ± 1.1	32.0 ± 1.9
丰富度 Richness	7.0 ± 0.2	6.0 ± 0.8	6.0 ± 0.5	7.0 ± 0.5
均匀度 Evenness	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1
寄生性昆虫 Parasitoids				
多度 Abundance	15.0 ± 2.1	35.0 ± 5.3	53.0 ± 3.0	54.0 ± 11.6*
丰富度 Richness	3.0 ± 0.2	3.0 ± 0.2	3.0 ± 0.4	4.0 ± 0.1
均匀度 Evenness	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1
腐食性节肢动物 Detritivorous arthropod				
多度 Abundance	191.0 ± 3.0	150.0 ± 4.5	154.0 ± 10.0	143.0 ± 3.9
丰富度 Richness	4.0 ± 0.2	4.0 ± 0.2	4.0 ± 0.2	4.0 ± 0.2
均匀度 Evenness	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.7 ± 0.1

代表在5%概率水平上存在显著差异。 indicates significant difference at the 5% level in comparison with the control.

动物多样性的季节变化调查发现, 苗期和后期的节肢动物群落多样性受到的影响不同, 但规律性不明显。这一方面说明单一季节的调查数据难以揭示其实际的影响, 另一方面说明气候变化对节肢动物群落物种多样性的影响很复杂, 需多年跟踪调查, 待积累长期数据后做深入探究。

致谢: 感谢南京农业大学胡春林先生帮助鉴定标本, 冯素芳和唐秀云同学在研究中给予帮助。

参考文献

Bale JS, Masters GJ, Hodkinson ID, Awmack C, Bezemer TM, Brown VK, Butterfield J, Buse A, Coulson JC, Farrar J, Good JEG, Harrington R, Hartley S, Jones TH, Lindroth RL, Press MC, Symrnioudis I, Watt AD, Whittaker JB (2002) Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, **8**, 1–16.

Feng ZQ (冯锺琪) (1990) *Spiders of China in Colour* (中国蜘蛛原色图鉴). Hunan Science and Technology Press, Changsha. (in Chinese)

Ge F (戈峰), Chen FJ (陈法军) (2006) Impacts of elevated CO₂ on insects. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **26**, 935–940. (in Chinese with English abstract)

Hillstrom ML, Lindroth RL (2008) Elevated atmospheric carbon dioxide and ozone alter forest insect abundance and community composition. *Insect Conservation and Diversity*, **1**, 233–241.

Huang QL (黄其林), Tian LX (田立新), Yang LF (杨莲芳)

(1984) *Identification Handbook of Agricultural Insects* (农业昆虫鉴定). Shanghai Science and Technology Press, Shanghai. (in Chinese)

IPCC (WGII) (2001) Climate Change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. In: *Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS). Cambridge University Press, Cambridge.

Jeffs CT, Lewis OT (2013) Effects of climate warming on host-parasitoid interactions. *Ecological Entomology*, **38**, 209–218.

Klironomos JN, Allen MF, Rilling MC, Allen MF, Rillig MC, Piotrowski J, Nejad SM, Wolfe BE, Powell JR (2005) Abrupt rise in atmospheric CO₂ overestimates community response in a model plant–soil system. *Nature*, **433**, 621–624.

Ma KP (马克平) (1994) The methods of biotic community diversity measurement. In: *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies* (生物多样性研究的原理与方法) (ed. Biodiversity Committee of the Chinese Academy of Sciences (中国科学院生物多样性委员会), pp. 141–165. China Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)

Massad TJ, Dyer LA (2010) A meta-analysis of the effects of global environmental change on plant–herbivore interactions. *Arthropod–Plant Interactions*, **4**, 181–188.

Meng L (孟玲), Li BP (李保平) (2005) Effects of elevated carbon dioxide on insect–plant interactions. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **24**, 200–205. (in Chinese with English abstract)

Mittelbach GG (2012) *Community Ecology*. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts.

Nösberger J, Long SP, Norby RJ, Stitt M, Hendrey GR, Blum

- H (2006) *Managed Ecosystems and CO₂: Case Studies, Processes, and Perspectives*. Springer Press, Berlin.
- R Core Team (2014) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Sanders NJ, Belote RT, Weltzin J (2004) Multitrophic effects of elevated atmospheric CO₂ on understory plant and arthropod communities. *Environmental Entomology*, **33**, 1609–1616.
- Stacey DA, Fellows MDE (2002) Influence of elevated CO₂ on interspecific interactions at higher trophic levels. *Global Change Biology*, **8**, 668–678.
- Stewart AJA, Wright AF (1995) A new inexpensive suction apparatus for sampling arthropods in grassland. *Ecological Entomology*, **20**, 98–102.
- Villalpando SN, Williams R, Norby RJ (2009) Elevated air temperature alters an old-field insect community in a multi-factor climate change experiment. *Global Change Biology*, **15**, 930–942.
- Yamamura K, Kiritani K (1998) A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. *Applied Entomology and Zoology*, **33**, 289–298.
- Zhang XX (张孝曦) (2001) *Insect Ecology and Pest Prediction* (昆虫生态及预测预报). China Agriculture Press, Beijing. (in Chinese)
- Zhang Y, Chen XM, Zhang CC, Pan GX, Zhang XH (2014) Availability of soil nitrogen and phosphorus under elevated [CO₂] and temperature in the Taihu Lake region, China. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **177**, 343–348.
- Zhu H (朱慧) (2012) *The Relationships Between Plant Diversity and Insect Diversity in Response to Grazing and Climate Change on Grasslands* (气候变化和放牧对草地植物与昆虫多样性关系的作用). PhD dissertation, Northeast Normal University, Changchun. (in Chinese with English abstract)
- Zvereva EL, Kozlov MV (2006) Consequences of simultaneous elevation of carbon dioxide and temperature for plant–herbivore interactions: a meta-analysis. *Global Change Biology*, **12**, 27–41.

(责任编辑: 戈峰 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附表1 麦田节肢动物种类名录

Table S1 A list of arthropod species in the wheat field

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2013-219-1.pdf>

附表 1 麦田节肢动物种类

Table S1 Arthropod species in the wheat field

	种 Species
蛛形纲 Arachnida	
皿蛛科 Linyphiidae	隆背微蛛 <i>Erigone prominens</i> 草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>
蟹蛛科 Thomisidae	三突花蛛 <i>Misumenops tricuspidatus</i>
球腹蛛科 Theridiidae	八斑球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i>
圆蛛科 Araneidae	灰斑新圆蛛 <i>Neoscona griseomaculata</i> 大腹圆蛛 <i>Araneus ventricosus</i> 黄褐新圆蛛 <i>Neoscone doenitzi</i>
肖蛸科 Tetragnathidae	卵腹肖蛸 <i>Tetragnatha shkokiana</i> 鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>
叶螨科 Tetranychidae	麦叶爪螨 <i>Pentfaleus major</i>
弹尾纲 Collembola	
长角跳虫科 Entomobryidae	长角跳虫 <i>Entomobrya</i> sp.
昆虫纲 Insecta	
剑角蝗科 Acrididae	中华剑角蝗 <i>Acrida cinerea</i>
宽蝽科 Veliidae	宽蝽 <i>Microvelia donglasi</i>
盲蝽科 Miridae	赤须盲蝽 <i>Trigonotylus ruficornis</i>
长蝽科 Lygaeidae	大眼长蝽 <i>Geocoris pallidipennis</i>
缘蝽科 Coreidae	平肩棘缘蝽 <i>Cletus tenuis</i>
叶蝉科 Cicadellidae	大青叶蝉 <i>Cicadella viridis</i> 电光叶蝉 <i>Inazuma dorsalis</i> 黑尾叶蝉 <i>Nephotettix bipunctatus</i> 条沙叶蝉 <i>Psammotettix striatus</i>
飞虱科 Delphacidae	灰飞虱 <i>Laodelphax striatellus</i>
蚜科 Aphididae	麦长管蚜 <i>Sitobion avenae</i> 禾谷缢管蚜 <i>Rhopalosiphum padi</i>
草蛉科 Chrysopidae	大草蛉 <i>Chrysopa septempunctata</i>
隐翅虫科 Staphylinidae	小黄立突眼隐翅虫 <i>Stenus.dissimilis</i>
蛛甲科 Ptinidae	蛛甲 1 种
花萤科 Cantharidae	花萤 1 种
瓢甲科 Coccinellidae	四星瓢虫 <i>Hyperaspis repensis</i> 黑襟毛瓢虫 <i>Scymnus hoffmanni</i> 龟纹瓢虫 <i>Propylea japonica</i> 七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i>
叶甲科 Chrysomelinae	黄曲条跳甲 <i>Phyllotreta striolata</i>
螟蛾科 Pyralidae	印度谷螟 <i>Plodia interpunctella</i>
夜蛾科 Noctuidae	黏虫 <i>Mythimna separata</i>
瘿蚊科 Cecidomyiidae	麦红吸浆虫 <i>Sitodiplosis mosellana</i>
库蚊科 Culicidae	库蚊 1 种
摇蚊科 Chironomidae	稻摇蚊 <i>Chironomus oryzae</i>
蛾蠓科 Psychodidae	蛾蠓 1 种
长足虻科 Dolichopodidae	长足虻 1 种
舞虻科 Empididae	舞虻 1 种
食蚜蝇科 Syrphidae	黑带食蚜蝇 <i>Episyrphus balteata</i>
鼓翅蝇科 Sepsidae	鼓翅蝇 1 种
秆蝇科 Chloropidae	麦黄秆蝇 <i>Chlorops mugivora</i>
蚤蝇科 Phoridae	蚤蝇 1 种
花蝇科 Anthomyiidae	灰地种蝇 <i>Delia platura</i>
姬蜂科 Ichneumonidae	食蚜蝇姬蜂 <i>Diplozon laetatorius</i>

刘帅,李保平,孟玲,张旭辉,潘根兴. 大气 CO₂ 浓度和气温升高对麦田节肢动物群落的影响. 生物多样性, 2014, 22(4): 502-507.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9880>

	种 Species
茧蜂科 Braconidae	螟蛉绒茧蜂 <i>Apanteles ruficrus</i>
蚜茧蜂科 Aphidiidae	麦蚜茧蜂 <i>Ephedrus plagialor</i>
瘦蜂科 Cynipidae	瘦蜂 1 种
蚜小蜂科 Aphelinidae	蚜小蜂 <i>Aphytis</i> sp.
缨小蜂科 Mymaridae	叶蝉柄翅小蜂 <i>Lymaenon longicrus</i>
柄腹细蜂科 Heloridae	柄腹细蜂 1 种