

农田及生态补偿区甲虫群落结构的差异

艾尼瓦尔·吐米尔¹, 马合木提·哈力克¹, Tomas FRANK²

(1. 新疆大学生命科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 瑞士伯尔尼大学生物系, 伯尔尼, CH-3021 瑞士)

摘要:为了调查冬麦田和不同年龄生态补偿区甲虫群落结构和物种多样性,从 2003 年 7 到 10 月和 2004 年 5 到 6 月在瑞士农业区周围不同景观中进行了实地调查,并采用对应及典范对应分析方法,对冬麦田和 1~4a 不同年龄阶段的野花地中的甲虫群落结构及物种多样性进行了比较系统的研究。结果,共捕甲虫 6009 只,分别属于 150 种,25 科,其中,麦田共计 38 种 445 个体,1~4a 不同年龄的野花地中分别计 46 种,2760 个体,81 种,1325 个体,73 种,668 个体,75 种,811 个体。根据食性,植食性种类有 98 种 (65.33%),5189 个体 (86.35%)、肉食性种类有 40 种 (26.67%),240 个体 (3.99%)、食菌性种类有 10 种 (6.67%),578 个体 (9.62%)、食腐性种类有 2 种 (1.33%),2 个体 (0.03%)。冬麦田中栖息的甲虫种类及其物种丰富度和多度与 1~4a 不同年龄阶段的野花地有明显差异。这主要由于冬麦田中植物种类多样性低和植被结构简单而导致的。在不同演替阶段野花地中甲虫群落物种的丰富度一般在 1~3a 型野花地之间有差异。1 年型野花地具有比较典型的甲虫群落结构,不同演替阶段的野花地对甲虫群落的定居,扩散及其演替过程中具有非常重要的作用。对甲虫提供丰富的食物资源和栖息,繁殖场所。因此,人为在农业区建立生态补偿区,有利于提高无脊椎动物和昆虫多样性,对物种保护方面具有重要意义。

关键词:甲虫群落;生态补偿区;冬麦田;物种组成

文章编号:1000-0933(2005)09-2284-07 中图分类号:Q968,S185 文献标识码:A

Beetles communities structure differences between farmland and ecological compensation area

Anwar TUMUR¹, Mahmut HALIK¹, Tomas FRANK² (1. College of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, 830046, Urumqi, Xinjiang, China; 2. Institute of Zoology, University of Bern, Bern, Switzerland, CH-3021). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (9): 2284~2290.

Abstract: In order to assess the beetle communities structure and species diversity in winter-wheat and different aged ecological compensation area, field studies were conducted in July-October 2003 and May-June 2004 in the wildflower areas in Bern, Switzerland. In total, we recorded 6009 individual beetles representing 150 species of 25 families in these areas. Of these, we recorded a total of 445 individuals of 38 species in winter-wheat fields, 2760 individuals of 46 species in 1-year old wildflower area, 1325 individuals of 81 species in 2-year old wildflower area, 668 individuals of 73 species in 3-year old wildflower area, 811 individuals of 75 species in 4-year old wildflower area. According to their feeding style, 5189 individuals (86.35%) were phytophagous, 240 (3.99%) were zoophagous, 578 (9.62%) were mycetophagous, and 2 (0.03%) were detritophagous. With regard to the total number of species, 98 (65.33%) were phytophagous, 40 (26.67%) were zoophagous, 10 (6.67%) were mycetophagous, and 2 (1.33%) were detritophagous. Winter-wheat fields were inhabited by a special beetle community, but they had significantly lower beetle abundance than 1-year old wildflower areas as well as significantly lower species richness than 2- to 4-year old wildflower areas. The most likely reasons were the very few plant species and the low vegetation structure. According to the succession of wildflower areas, the only significant difference in abundance and species richness of

基金项目:中国留学基金管理委员会和瑞士联邦奖学金委员会的资助项目

收稿日期:2004-08-28; **修订日期:**2005-04-11

作者简介:艾尼瓦尔·吐米尔(1970~),男,维吾尔族,新疆阿克苏人,博士生,副教授,主要从事动物生态学教学和研究. E-mail: anwar-tumur@hotmail.com

Foundation item: China Scholarship Council and the Swiss Federal Commission for Scholarship for Foreign Students

Received date: 2004-08-28; **Accepted date:** 2005-04-11

Biography: Anwar TUMUR, Ph. D. candidate, Associate professor, mainly engaged in ecological teaching and research. E-mail: anwar-tumur@hotmail.com

beetles was the higher abundance of 1-year old wildflower areas compared to 3-year old ones. One-year old wildflower areas had a unique beetle community compared to the older stages, which comprised very similar beetle assemblages. We conclude that both 1-year old wildflower areas and 2- to 4-years old ones are valuable for the survival of beetles in modern agricultural landscape. At the same time, we support the establishment of ecological compensation areas to promote the diversity and abundance of beetles in cultivated landscape.

Key words: beetles community; ecological compensation area; winter wheat; species composition

合理的农业生态环境管理计划对于恢复和提高农业区生物多样性具有巨大潜力^[1~4]。自 1988 年以来,瑞士为了提高农业景观生物物种多样性,开始建立了生态补偿区(Ecological compensatioan area)。生态补偿区的类型较多,主要包括杂草(野花地)带,草原带,灌木带和果树带等,占总耕地面积的 7%左右。由于生态补偿区中不使用化肥、农药、杀虫剂等化学物质,因此,有利于生物的栖息和繁殖,为生物种类提供丰富的食物资源,从而促进了植物种类和无脊椎动物多样性的增加^[2,5,6],同时增加鸟类和兽类物种多样性^[7~13]。

野花地一般是指在农田之间或农田内人工播种混合植物种类的地带,保持 2~6a 不等^[7,8,13]。野花地不仅美化环境,增加景观类型,同时由于其中含有丰富的植物和动物种类,又连接自然和半自然人工景观,因此被认为是非常重要的生态补偿区类型。在瑞士 Klettgau 等地的长期研究结果表明,一般在野花地中可出现 230 多种植物^[9,14,15]。可给许多昆虫提供食物资源和过冬区域,比如,在野花地中步甲虫和食草型甲虫的种类数量比农田多。最近的研究也表明,野花地中步甲虫的食物条件改善,其繁殖能力有逐步提高的趋势^[15,16]。

有关生态补偿区特别是野花地中生物物种多样性及其生态效应方面的研究报道较多^[2,7,8,17,18~21]。但是对不同年龄野花地中甲虫群落结构研究极少。Mosimann 报道在 1~4a 不同年龄的野花地中步行虫种类的丰富度和生物量随着野花地年龄的增加而明显增加^①。

本研究的主要目的是,(1)查明冬麦田和 1~4a 不同年龄的野花地中甲虫物种丰富度和多样性的差异(2)比较冬麦田和 1~4a 不同年龄的野花地中甲虫群落的相似性(3)研究影响甲虫群落的主要环境因素及其对不同甲虫种类个体的影响。

1 材料和方法

1.1 研究地点 2003 年 7 月到 10 月和 2004 年 5 月到 6 月,在瑞士 Bern 和 Solothurn 周围的农区进行。海拔高度 483~654m,研究区大小 0.22~2.7hm²。研究主要在冬麦田和 1~4a 不同年龄的野花地中进行。野花地主要是人工播种的混合野草种类,主要播种在农田之间,宽度一般大于 3m,不使用化肥和杀虫剂。在研究的野花地中共发现的植物种类有 25 种。

在 1 年生野花地中花苣 *Fagopyrum esculentum* 占优势,同时生长荠菜 *Capsella bursa pastoris*;在 2 年生野花地中沙斯塔雏菊 *Leucanthemum vulgare* 占优;在 3 年生和 4 年生野花地中沙斯塔雏菊和香矢车菊 *Centaurea cyanus* 一起占优势地位。在 2 年生和 4 年生野花地中具有高覆盖度的植物种类是西洋蓍 *Achillea millefolium* 和香矢车菊。在冬麦田繁缕 *Stellaria media* 和桃叶蓼 *Polygonum persicaria* 占优势。

1.2 取样方法 在 2003 年 7~10 月和 2004 年 5~6 月之间采集昆虫标本。采集时间为 10:00 和 17:00 之间,平均气温 15℃左右,天气晴朗,植被干燥,离田缘 3m 处选择 80m 长的样带进行取样。用昆虫网(Sweep net)扫捕甲虫,昆虫网的直径 40cm,每个样方中采集 4 次,扫捕 25 次后清理 1 次。采集的标本用乙醚来处理保存,在实验室进行鉴定。

为了确定植物群落和甲虫群落之间的关系,对花的多度、植被结构、植物物种丰富度、植物生物量、野花地大小和样地周围 15m 景观特征等参数进行了分析。花的多度用 30cm×30cm 正方形样点中按以下等级记录:0=0 个花、1=1~25 个花、2=26~50 个花、3=51~75 个花、4=76~100 个花、5=>100 个花/900cm²。对甲虫群落进行取样的每个样方中设置 5 个 4m×4m 的样点,对植物物种数量进行直接统计。对点样法进行略改并根据 Künlizz 的方法测量植被结构特征^②。测量植物生物量时在 10 个随机样方中设计 60cm×30cm 的样点采集植物地上部分,在 50℃干燥、称重^[18]。每个样地周围 150m 范围的景观特征和野花地大小被记录,一般周围自然景观根据特征可分为以下两种不同的类型:自然景观(草地、野花地、杂草带、苹果园、树篱、森林地带等)和半自然景观(包括耕地、道路和各种住房等),根据以上数据进行统计分析。

1.3 数据分析 应用 SPSS11.0 统计软件,采用单向方差分析方法(One way-ANOVA)比较不同景观的甲虫物种丰富度和

① Mosimann C. Diversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in relation to habitat age. Diploma Thesis, Institute of Zoology, University of Bern, 2002

② Künlizz. Early succession of bug communities (Insecta: Heteroptera) in wildflower areas. Diploma Thesis, Institute of Zoology, University of Bern, 2002

多度。用 Turkey-test 分析多种因素之间的关系。用对应分析 (Correspondence analysis, CA) 方法比较冬麦田和不同年龄的野花地甲虫群落相似性。用典范对应分析 (Canonical correspondence analysis, CCA) 方法分析环境参数与甲虫群落之间的关系。

3 结果与讨论

3.1 甲虫物种组成 本研究共捕甲虫 6009 只, 分别属于 150 种, 25 科。见表 1。

表 1 属于不同科的甲虫个体和物种数量组成
Table 1 Beetle families with total numbers of individuals and species collected in the 20 study sites

科 Family	物种 Species	个体 Individuals	科 Family	物种 Species	个体 Individuals
窃蠹科 Anobiidae	1	1	牙蠹科 Hydrophilidae	1	1
梨形象科 Apionidae	11	387	薪甲科 Lathridiidae	3	563
花萤科 Cantharidae	5	53	囊花科 Malachiidae	3	5
步甲科 Carabidae	14	43	拟花蚤科 Melyridae	2	2
冠螺科 Cassididae	1	58	花蚤科 Mordellidae	6	42
天牛科 Cerambycidae	2	4	尾甲科 Nitidulidae	3	2049
叶甲科 Chrysomelidae	22	1640	嘿撈科 Oedemeridae	4	401
瓢虫科 Coccinellidae	7	111	捕蠹科 Phalacridae	4	10
隐食甲科 Cryptophagidae	4	10	金子科 Scarabaeidae	1	1
象甲科 Curculionidae	23	525	小蠹科 Scolytidae	3	5
皮蠹科 Dermestidae	3	4	锯谷盗科 Silvanidae	1	1
叩甲科 Elateridae	6	41	隐翅虫科 Staphylinidae	19	50
铁甲科 Hispidae	1	2			
总计 Total				150	6009

从表 1 看到属于不同科的甲虫个体数和物种数之间均有明显差异, 其中以下 3 个科的个体数和物种数均占优势, 它们分别是叶甲科 Chrysomelidae (1640 个个体, 22 种), 象甲科 Curculionidae (525 个个体, 23 种), 梨形象科 Apionidae (387 个个体, 11 种)。另外尾甲科 Nitidulidae (2049 个个体, 3 种), 薪甲科 Lathridiidae (563 个个体, 3 种), 嘿撈科 Oedemeridae (401 个个体, 4 种) 等 3 个科的甲虫个体数量多但是物种数量少。其余隐翅虫科 Styphylinidae (50 个个体, 19 种) 和步甲科 Carabidae (43 个个体, 14 种)。瓢虫科 Coccinellidae (111 个个体, 7 种) 中间类型。

3.2 不同景观中的甲虫物种丰富度

本研究中, 在冬麦田采集的甲虫有 38 种 445 个个体, 1~4a 不同年龄的野花地中分别有 46 种 2760 个体, 81 种 1325 个体, 73 种 668 个体和 75 种 811 个体, 见表 2。

表 2 5 种不同景观中甲虫总物种和个体数量和属于 4 种不同食型类型物种和个体的百分比

Table 2 Numbers and percentages of phytophagous, zoophagous, mycetophagous, detritophagous and total beetle species and individuals in winter wheat fields (ww), 1-year-old weed strip areas (wa 1), 2-year-old weed strip areas (wa 2), 3-year-old weed strip areas (wa 3), 4-year-old weed strip areas (wa 4)

景观类型 Habitat type	植食性 Phytophagous		肉食性 Zoophagous		食菌性 Mycetophagous		食腐性 Detritophagous	
	物种数 Sp.	(%)	物种数 Sp.	(%)	物种数 Sp.	(%)	物种数 Sp.	(%)
	(个体数 Ind.)		(个体数 Ind.)		(个体数 Ind.)		(个体数 Ind.)	
冬麦田 ww	21(322)	55.26(2.36)	16(57)	42.11(12.81)	1(66)	2.63(14.83)	0(0)	0(0)
1 年生野花地 wa 1	35(2595)	76.09(94.02)	6(46)	13.04(1.67)	5(119)	10.87(4.31)	0(0)	0(0)
2 年生野花地 wa 2	56(1088)	69.14(82.11)	20(65)	24.69(4.91)	5(172)	6.17(12.98)	0(0)	0(0)
3 年生野花地 wa 3	51(483)	69.86(72.31)	16(43)	21.92(6.44)	4(140)	5.48(20.96)	2(2)	2.74 (0.3)
4 年生野花地 wa 4	57(701)	76.00(86.44)	15(29)	20.00(3.58)	3(81)	4.00(9.99)	0(0)	0(0)

从表 2 可以看到, 在冬麦田甲虫物种及个体数量比其他景观低, 这主要与农田中施用化肥、杀虫剂和采用重型机械导致栖息环境破坏、植被减少等因素有关。相比农田, 其他景观具有植物种类多, 食物丰富, 能给甲虫提供栖息、隐蔽、繁殖、过冬等场所的特征, 因此, 甲虫群落结构复杂, 物种多样性性高。冬麦田和 1~4a 不同生野花地中常见的 46 种甲虫种类的个体数量, 见表 3。

从甲虫食物种类来分析, 在 1 年生野花地中的植食性甲虫个体数量比冬麦田和 3 年生野花地的个体数量高, 2~4a 不同年龄的野花地中植食性甲虫物种数量比冬麦田高, 但是在不同景观中的肉食性甲虫个体和物种数量之间没有显著性差异, 见图

1. 从甲虫群落食物链关系来分析, 植食性种类(86%)和个体数量(65%)比肉食性种类(4%)和个体(27%)多, 这种结果与 Siemann 等的研究结果一致, 同时符合在食物链中随着营养级的增加能量不断减少而捕食者数量比被食者数量少的捕食者和被食者关系的假设^[21]。

表 3 冬麦田和 1 至 4 年不同野花地中常见 46 种甲虫个体数量和总数

Table 3 Individual numbers of the 46 most abundant beetle species for winter wheat fields (ww), 1-year-old weed strip areas (wa 1), 2-year-old weed strip areas (wa 2), 3-year-old weed strip areas (wa 3), 4-year-old weed strip areas (wa 4) and total

物种 Species	科 Family	冬麦 ww	1 年生野 花地 wa1	2 年生野 花地 wa2	3 年生野 花地 wa3	4 年生野 花地 wa4	总计 Total
<i>Adrastus pallens</i> F.	叩甲科 Elateridae	0	13	1	0	0	14
<i>Altica</i> sp. Müll.	叶甲科 Chrysomelidae	0	1	4	10	17	32
<i>Anotylus tetracarinatus</i> Block	隐翅虫科 Staphylinidae	1	0	10	1	0	12
<i>Apion apricans</i> Hbst.	角象科 Apionidae	0	0	0	1	45	46
<i>Apion flavipes</i> Payk.	角象科 Apionidae	1	0	211	10	22	244
<i>Apion malvae</i> F.	角象科 Apionidae	0	0	2	12	2	16
<i>Apion radiolus</i> Marsh.	角象科 Apionidae	0	0	1	12	6	19
<i>Apion seniculus</i> Kby.	角象科 Apionidae	1	0	4	6	3	14
<i>Apion veriens</i> Hbst.	角象科 Apionidae	1	0	30	2	1	34
<i>Cantharia lateralis</i> L.	角象科 Cantharidae	12	0	0	0	0	12
<i>Cantharia rufa</i> L.	花萤科 Cantharidae	7	0	11	4	1	23
<i>Cantharia rubiginosa</i> Müll.	冠螺科 Cassididae	0	0	2	14	42	58
<i>Ceutorhynchus assimilis</i> Payk.	象甲科 Curculionidae	1	91	1	2	3	98
<i>Ceutorhynchus erysimi</i> F.	象甲科 Curculionidae	1	14	0	1	0	16
<i>Chaetocnema concinna</i> Marsh.	叶甲科 Chrysomelidae	5	21	6	0	4	36
<i>Chaetocnema hortensis</i> Fourcr.	叶甲科 Chrysomelidae	5	4	5	7	5	26
<i>Chrysomela hyperici</i> Forst.	叶甲科 Chrysomelidae	0	0	0	4	10	14
<i>Chrysomela varians</i> Schall.	叶甲科 Chrysomelidae	0	0	0	11	19	30
<i>Cleopus solani</i> F.	象甲科 Curculionidae	0	1	69	0	3	73
<i>Coccinella septempunctata</i> L.	瓢虫科 Coccinellidae	1	12	9	7	1	30
<i>Corticarina gibbosa</i> Hbst.	薪甲科 Lathridiidae	66	114	166	137	78	561
<i>Diachromus germanus</i> L.	步甲科 Carabidae	0	0	1	8	1	10
<i>Gastroidea polygona</i> L.	叶甲科 Chrysomelidae	0	9	4	0	0	13
<i>Lema lichens</i> Voet	叶甲科 Chrysomelidae	39	5	1	0	0	45
<i>Lema nelanopus</i> L.	叶甲科 Chrysomelidae	235	69	5	11	26	346
<i>Longitarsus anchusae</i> Payk.	叶甲科 Chrysomelidae	0	0	32	0	0	32
<i>Longitarsus nasturtii</i> F.	叶甲科 Chrysomelidae	0	0	133	0	2	135
<i>Longitarsus succineus</i> Foudr.	叶甲科 Chrysomelidae	0	0	8	4	28	40
<i>Meligethes</i> sp. Steph.	尾甲科 Nitidulidae	16	1384	403	186	55	2044
<i>Mordellistena pumila</i> Gyll	花蚤科 Mordellidae	0	0	0	7	3	10
<i>Mordellistena secreta</i> Horék	花蚤科 Mordellidae	0	0	0	4	20	24
<i>Neosirocalus floralis</i> Payk.	象甲科 Curculionidae	0	109	17	3	0	129
<i>Oedemera femorata</i> Scop.	嘿撈科 Oedemeridae	0	0	1	3	11	15
<i>Oedemera lurida</i> Marsh.	嘿撈科 Oedemeridae	0	0	13	93	235	341
<i>Oedemera virescens</i> L.	嘿撈科 Oedemeridae	0	0	0	11	25	36
<i>Phyllotreta atra</i> F.	叶甲科 Chrysomelidae	0	13	0	0	1	14
<i>Phyllotreta undulata</i> Kutsch.	叶甲科 Chrysomelidae	2	542	1	2	2	549
<i>Phyllotreta vittata</i> F.	叶甲科 Chrysomelidae	0	275	0	0	0	275
<i>Podagrica fuscicornis</i> L.	叶甲科 Chrysomelidae	0	0	1	10	13	24
<i>Propylaea quatuordecimpunctata</i> L.	叶甲科 Coccinellidae	16	24	13	10	10	73
<i>Pseudathous niger</i> L.	叩甲科 Elateridae	3	4	7	4	3	21
<i>Rhagonycha fulva</i> Scop.	花萤科 Cantharidae	0	5	4	1	3	13
<i>Sitona flavescens</i> Marsh.	象甲科 Curculionidae	2	9	41	2	5	59
<i>Sitona lineatus</i> L.	象甲科 Curculionidae	2	2	34	1	19	58
<i>Sitona suturalis</i> Steph.	象甲科 Curculionidae 象甲科	1	5	8	2	3	19
<i>Tychius piciristris</i> F.	Curculionidae	0	1	7	15	8	31

3. 3 不同景观中的环境参数变化 主要环境参数和甲虫群落之间的 ANOVA 分析结果表明, 冬麦田花的多度比处于不同年龄阶段的野花地低, 野花地中 1 年生野花地的花多度比 3 年生和 4 年生高, 2 年生野花地的花多度比 4 年生高(图 2a); 从植被结构看, 野花地的植被结构比冬麦田的复杂, 特别是在 2 年和 4 年生野花地的植被结构和冬麦田植被结构之间的差异非常显著(图 2b)。1 年生野花地植物物种丰富度比其他野花地高, 2 年型野花地比冬麦田高, 这主要与野花地逐年出现优势植物种类, 群落丰富度开始减少等因素有关(图 2c)。从生物量角度分析, 冬麦田植物生物量明显地高于 1~3 年生野花地植物生物量, 这主

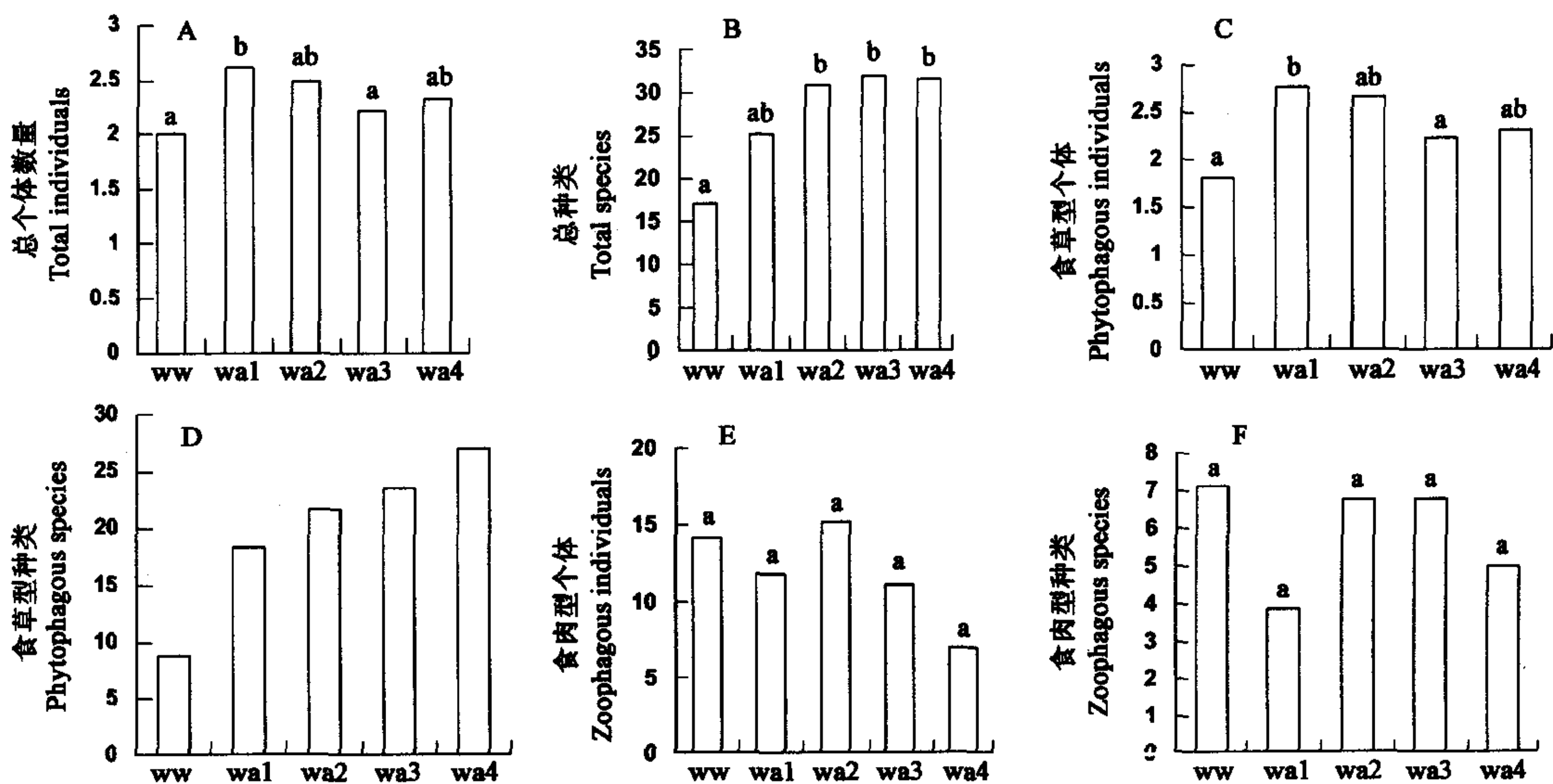


图1 冬麦田(ww),和1~4年生不同年龄野花地(wa 1~4)中甲虫物种和个体数量 Mean±SE

Fig. 1 Mean±SE of beetle individuals and species in winter wheat fields (ww), and 1~4 year-old wildflower areas (wa 1~4). Different letters above bars indicate significant differences between habitat types (Turkey-test, $p < 0.05$, $n = 20$); (a) Number of total beetle individuals (logarithmic transformed); ANOVA, $F = 5.469$, $p = 0.006$; (b) Number of total beetle species; $F = 4.752$, $p = 0.011$; (c) Number of phytophagous individuals (logarithmic transformed); $F = 5.658$, $p = 0.006$; (d) Number of phytophagous species $F = 6.111$, $p = 0.004$; (e) Number of zoophagous individuals $F = 1.397$, $p = 0.282$; (f) Number of zoophagous species $F = 3.341$, $p = 0.038$.

Different letters above bars indicate significant differences between habitat types (Turkey-test, $p < 0.05$, $n = 20$); (a) Number of total beetle individuals (logarithmic transformed); ANOVA, $F = 5.469$, $p = 0.006$; (b) Number of total beetle species; $F = 4.752$, $p = 0.011$; (c) Number of phytophagous individuals (logarithmic transformed); $F = 5.658$, $p = 0.006$; (d) Number of phytophagous species $F = 6.111$, $p = 0.004$; (e) Number of zoophagous individuals $F = 1.397$, $p = 0.282$; (f) Number of zoophagous species $F = 3.341$, $p = 0.038$.

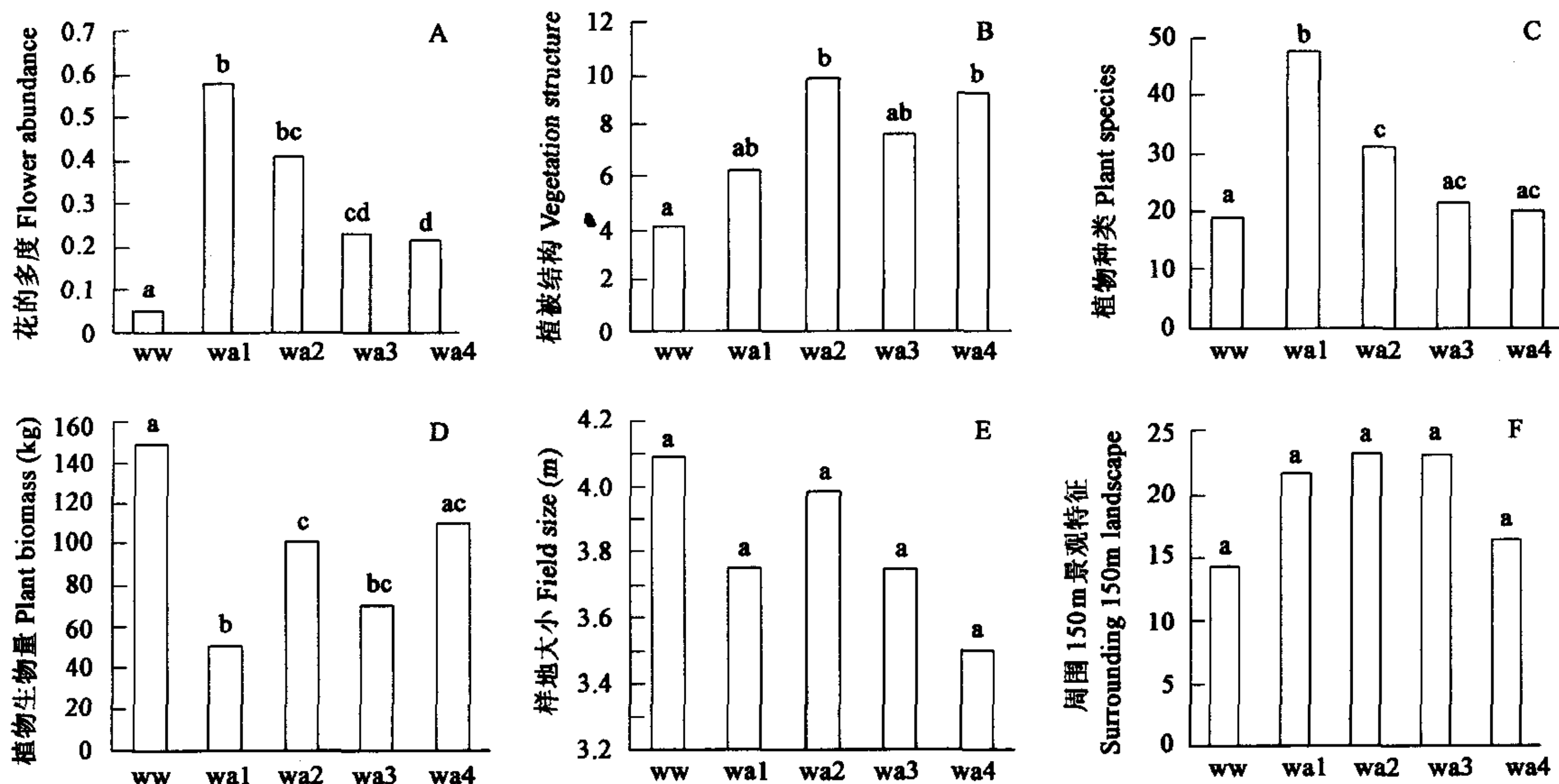


图2 冬麦田(ww),和1~4年生不同年龄野花地(wa 1~4)中环境参数的变化

Fig. 2 Mean±SE of the environmental variables in winter wheat fields (ww), and 1~4 year-old weed strip areas (wa 1~4). Different letters above bars indicate significant differences between habitat types (Turkey-test, $p < 0.05$, $n = 20$); (a) Flower abundance (logarithmic transformed); ANOVA, $F = 20.999$, $p = 0.001$; (b) Vegetation structure; $F = 5.698$, $p = 0.006$; (c) Plant species; $F = 15.673$, $p = 0.001$; (d) Plant biomass; $F = 16.540$, $p = 0.001$; (e) Field size (logarithmic transformed); $F = 2.733$, $p = 0.069$; (f) Natural landscape in the surrounding s of 150 m (arcsine transformed; $F = 0.915$, $p = 0.480$).

Different letters above bars indicate significant differences between habitat types (Turkey-test, $p < 0.05$, $n = 20$); (a) Flower abundance (logarithmic transformed); ANOVA, $F = 20.999$, $p = 0.001$; (b) Vegetation structure; $F = 5.698$, $p = 0.006$; (c) Plant species; $F = 15.673$, $p = 0.001$; (d) Plant biomass; $F = 16.540$, $p = 0.001$; (e) Filed size (logarithmic transformed); $F = 2.733$, $p = 0.069$; (f) Natural landscape in the surrounding s of 150 m (arcsine transformed; $F = 0.915$, $p = 0.480$).

要与农田中为了提高产量的技术措施如采用的播种等,2年生和4年生野花地植物生物量高于1年生野花地,这与植物个体增长,体重增加等因素有关(图2d),不同大小样方之间及野花地周围150m范围景观特征在不同景观类型之间没有显著差异,见图2e和f。

3.4 样方特征和环境参数对甲虫群落的影响 为了查明样方特征和环境因素对甲虫群落的影响,采用了对应分析(CA)和典范对应分析(CCA)方法。对应分析(CA)结果表明,甲虫群落在植物群落早期演替中的变化非常快,冬麦田甲虫群落结构明显区别于其他景观。在野花地中随着植物群落演替,逐步形成优势植物种类,植被结构分层明显,这种变化导致栖息在这些景观的甲虫群落结构和物种组成的变化,甲虫群落开始稳定,因此,发现在2~4年型野花地甲虫群落结果非常相似,特别是3~4年型野花地甲虫群落结构之间基本上没有差异,见图3。

典范对应分析(CCA)结果表明,在不同景观中甲虫群落结构和植物种类丰富度、植被结构和植物生物量等参数之间有相关性,其中植物物种丰富度含11.75%的信息量($F=2.34, p=0.006$),对甲虫群落的影响比较大,这主要是由于植物种类多,能为甲虫提供丰富的食物资源和栖息地,吸引甲虫物种。植被结构含10.73%信息量($F=2.36, p=0.006$),为甲虫产卵,休息,过冬等活动提供丰富的资源,具有比较大的潜力。植物生物量含9.71%的信息量($F=2.34, p=0.004$),对甲虫群落的影响也比较大,但是在农田中出现高生物量,低物种丰富度的结果这是与农田景观的特殊结构有关。同时植物物种丰富度和植物生物量之间有负相关关系,这主要是与冬麦田低物种丰富度,高生物量和野花地高物种丰富度,低生物量等因素有关。花的多度对甲虫群落的影响不大,但是与植

表4 典范对应分析(CCA)和 Monte Carlo 检验

Table 4 Canonical correspondence analysis (CCA) results of the forward selection with Monte Carlo permutation testing. For each environmental variable the p-value, the F-ratio and the percentage value of how much the variable contributes to the total inertia is given

环境变量 Environmental variables	P-值 P-value	F-比例 F-ratio	总惯量的百分比 Part of total inertia (%)
植物物种丰富度 Plant species richness	0.006	2.34	11.753
植被结构 Vegetation structure	0.006	2.36	10.731
植物生物量 Plant biomass	0.004	2.31	9.709
野花地周围 150m 景观特征 Surrounding 150 m	0.258	1.16	5.110
样地大小 Field size	0.514	0.92	4.088
花的多度 Flower abundance	0.724	0.80	3.557

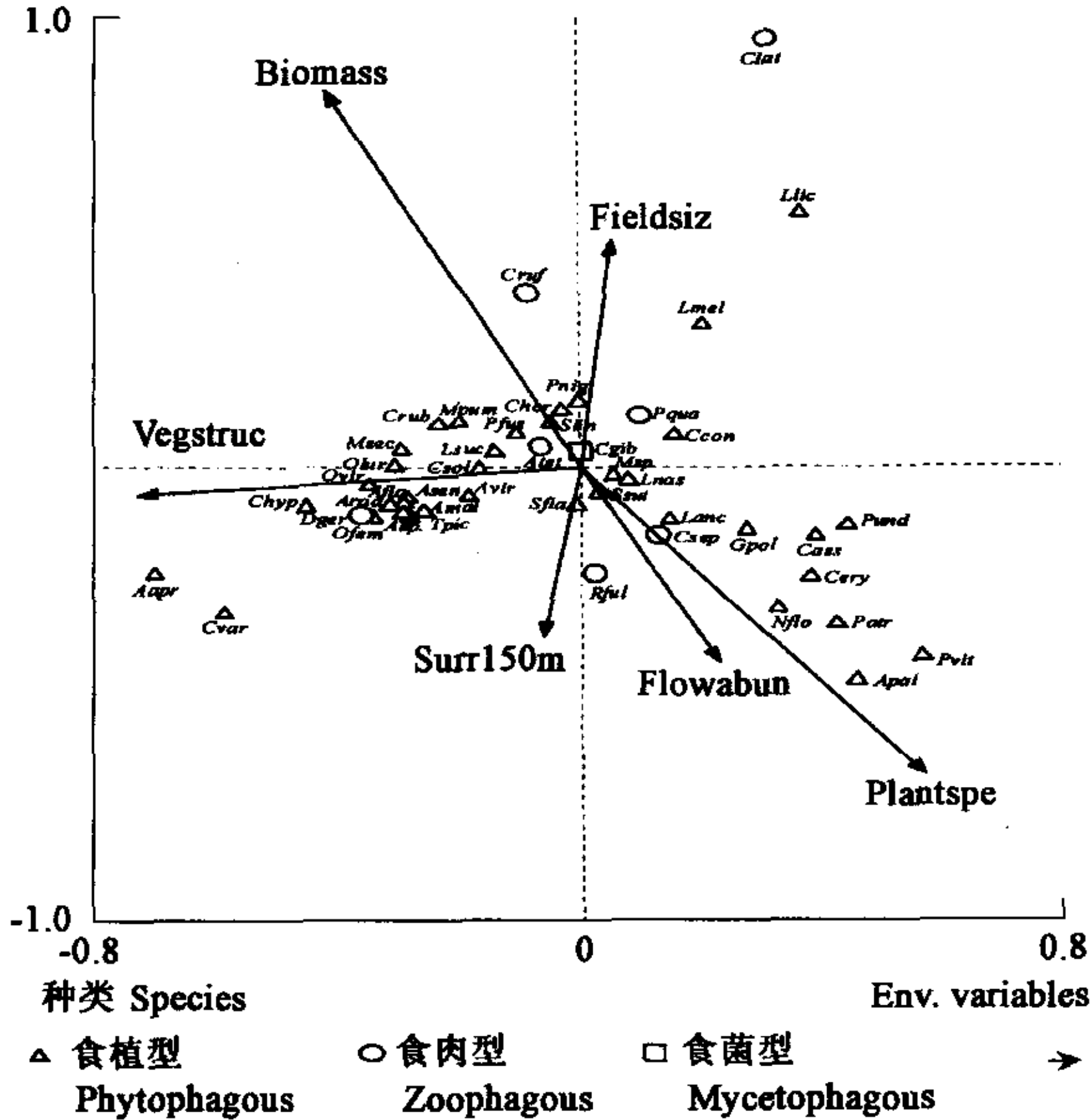
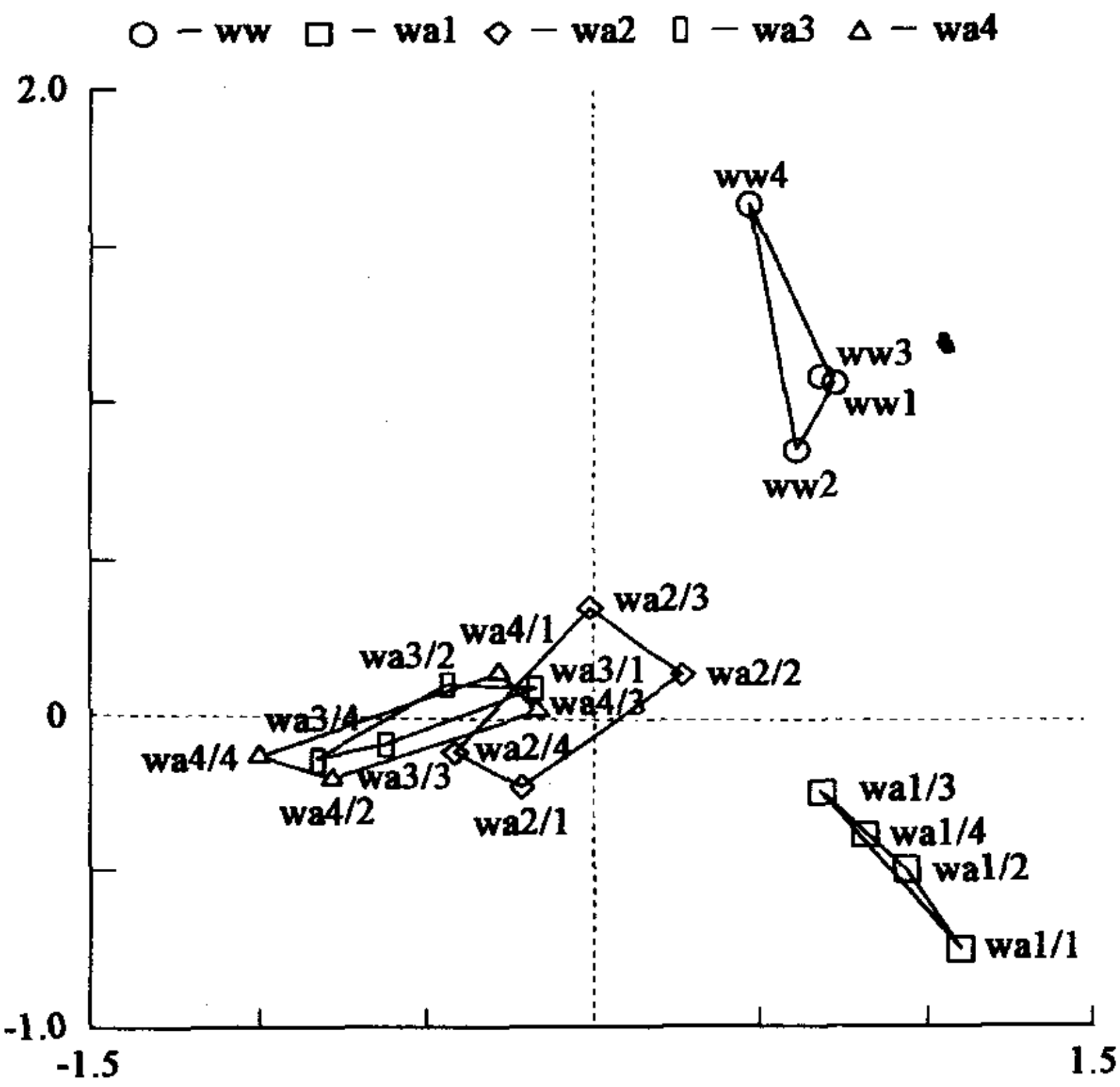


图3 冬麦田(ww),和1~4年生不同年龄野花地(wa 1~4) 甲虫群落相似性的比较,对应分析图

Fig.3 Corresponding analysis (CA) ordination diagram to compare the similarity of beetle communities between winter wheat fields (ww), and 1-to 4-year-old weed strip areas(wa 1~4)

Each habitat type is enveloped to make similarities among habitat types more apparent. Study sites are marked by numbers following the designation for the habitat type (e.g. wa 1/1)

图4 典范对应分析图

Fig.4 Canonical corresponding analysis (CCA) ordination diagram 表明花多度,植被结构,植物物种,植物生物量和样方大小及周围景观对46种常见甲虫物种的影响 showing the influence of flower abundance (Flowabun), vegetation structure (Vegstruc), plant species (Plantspe), plant biomass (Biomass), field size (Fieldsiz) and natural landscape in the surrounding of 150m (Surr 150m) on the 46 most abundant beetle species

物物种丰富之间有正相关关系。样地大小一般对甲虫群落的影响不大,但是随着样地大小的变化植物群落结构,物种多样性和丰富度也出现变化,甚至比较小面积的野花地也能提高耕地生物多样性^[2]。野花地周围 150m 景观特征对甲虫群落结构没有明显的影响,这可能与甲虫生活习性和甲虫的活动范围的大小等因素有关,见图 4 和表 4。

References:

- [1] Belyea L R, Lancaster J. Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos*, 1999, **86**(3): 402~416.
- [2] Nentwig W. Zerstörung des Lebensraums und Ausrottung von Arten. In: Brockhaus. ed. *Mensch Natur Technik, Band: Lebensraum Erde*. F. A. Brockhaus, Leipzig. 2000: 540~605.
- [3] Nentwig W. Management of biodiversity in agro-ecosystems. *Basic Applied Ecology*, 2003, **4**(2): 105~106.
- [4] Peter D, Martin K O. Regional biodiversity in agricultural landscape the contribution of semi natural habitat islands. *Basic Applied Ecology*, 2003, **4**(2): 129~138.
- [5] Oesau P. *OASIS*. New York: Chelsea Associates INC, 1985. (44): 142~142.
- [6] Siemann E, Tilman D, Haarstad J, et al. Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *American Naturalist*, 1998, **152**(5): 738~750.
- [7] Nentwig W. Augmentation of beneficial arthropods by strip-management 2. Successional strips in a winter wheat field. *Journal of Plant Diseases Protection*, 1989, **96**: 89~99.
- [8] Nentwig W, Heidger C. Augmentation of beneficial arthropods by strip-management 3. Artificial introduction of a spider species, which preys on wheat pest insects. *Entomophaga*, 1989, **34**: 511~522.
- [9] Bacher S, Schwab F. Effect of Herbivore Density, Timing of Attack, and Plant Community on Performance of Creeping Thistle, *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Asteraceae). *Bio-control Science Technology*, 2000, **10**: 343~352.
- [10] Frank T. Influence of slug herbivory on the vegetation development in an experimental wildflower strip. *Basic Applied Ecology*, 2003, **4**: 139~147.
- [11] Tillman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 1994, **367**(6461): 363~365.
- [12] Tilman D, Downing JA, Wedin DA. Does diversity beget stability - reply. *Nature*, 1994, **371** (6493): 114 ~116.
- [13] Günter M. Anlage und Pflege von mehrjährigen Buntbrachen unter den Rahmenbedingungen des schweizerischen Ackerbaugesbietes. *Agrarökologie*, 2000, **37**: 1~154.
- [14] Baur B, Joshi J, Schmid B, et al. Variation in species richness of plants and diverse groups of invertebrates in three calcareous grasslands of the Swiss Jura mountains. *Revue Suisse de Zoologie*, 1996, **103** (4): 801~833.
- [15] Barone M, Frank T. Habitat age increases reproduction and nutritional condition in a generalist arthropod predator. *Oecologia*, 2003: **135**: 78~83.
- [16] Sotherton NW. The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. *Annals of Applied Biology*, 1984, **105** (3): 423~429.
- [17] Zangger A, Lys J A, Nentwig W. Increasing the availability of food and the reproduction of poecilus cupreus in a cereal field strip management. *Entomological Experimental Application*, 1994, **71**(2): 111~120.
- [18] Frank T, Nentwig W. Ground dwelling spiders (Araneae) in sown weed strips and adjacent fields. *Acta Oecologica*, 1995, **16**: 179~193.
- [19] Keller M, Kollmann J. Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation sites. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 1999, **72**(1): 87~99.
- [20] Lethmayer C, Nentwig W, Frank T. Effects of weed strips on the occurrence of noxious coleopteran species (Nitidulidae, Chrysomelidae, Curculionidae). *Journal of Plant Diseases Protection*, 1997, **104**: 75~92.
- [21] Siemann E, Tilman D, Haarstad J, et al. Experimental test of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *American Naturalist*, 1998, **109**(2): 294~302.