

DOI: 10.5846/stxb201403240525

李超, 刘怀, 郭文超. 降水对新疆马铃薯甲虫分布的影响研究. 生态学报, 2016, 36(8): - .

Li C, Liu H, Guo W C, Cheng D F, Zhang Y H, Tuerxun · Ahemaiti. Effects of precipitation on the distribution of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, in Xinjiang. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(8): - .

降水对新疆马铃薯甲虫分布的影响研究

李 超², 刘 怀^{1,*}, 郭文超³, 程登发⁴, 张云慧⁴, 吐尔逊·阿合买提³

1. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715

2. 广东省昆虫研究所, 广东省农业害虫综合治理重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广州 510260

3. 新疆农业科学院植物保护研究所, 乌鲁木齐 830000

4. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193

摘要:为明确降水在中国新疆地区对马铃薯甲虫分布的影响,揭示制约马铃薯甲虫分布扩散的关键环境因子,为马铃薯甲虫的持续防控和综合治理提供理论依据。该研究结合新疆历史降水数据,对马铃薯甲虫现有分布区内的降水时空格局展开分析,比较了马铃薯甲虫危害程度与降水时空格局的关系。结果表明:马铃薯甲虫现主要分布于新疆年降水量在 150 mm 以上地区,早期定殖的地区降水量大于后期定殖区,其扩散方向为自西向东,同时年降水量也逐渐减少。马铃薯甲虫危害程度也随着经度增加而递减,早期发现马铃薯甲虫的地区受危害程度较重。降水量减少导致的水分缺乏对马铃薯甲虫的分布扩散具有一定的制约作用。

关键词:马铃薯甲虫;分布;年降水量;空间格局;定殖

Effects of precipitation on the distribution of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, in Xinjiang

LI Chao², LIU Huai^{1,*}, GUO Wenchao³, CHENG Dengfa⁴, ZHANG Yunhui⁴, Tuerxun · Ahemaiti³

1. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

2. Guangdong Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China

3. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830000, China

4. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS) Beijing 100193, China

Abstract: The Colorado potato beetle (CPB) *Leptinotarsa decemlineata* is a major destructive pest of potato crops worldwide. It has dispersed from Kazakhstan into Xinjiang Uygur Autonomous Region (Xinjiang) of China. The dispersal mechanism of an invasive species and its interactions with abiotic and biotic variables of the new environment are critical determinants of spatial pattern and invasion rate. We investigated the relationship between precipitation and the distribution pattern of CPB using ArcGIS spatial analysis tools. Annual and monthly (April to September) precipitation in CPB-colonized and non-colonized regions were analyzed. The climate data were obtained from the website of China Meteorological Data Sharing Service System. Based on the current distribution of CPB in China, we surveyed the occurrence and distribution of CPB in commercial potato fields across 35 cities/counties in northern Xinjiang for a five-year period, from 2008 to 2012. In each city/county, 2—3 villages with potato cultivation were randomly selected for the field survey, and in

基金项目:植物病虫害生物学国家重点实验室开放基金 (SKLOF201413);公益性行业(农业)科研专项(2011030262, 201503323-16)

收稿日期:2014-03-24; **修订日期:**2015-12-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuhuai@swu.edu.com.cn

each village, 2—3 fields were sampled. CPB occurrence data were categorized into five levels: no occurrence (Level 0), light occurrence (Level 1), medium occurrence (Level 2), heavy occurrence (Level 3), and very heavy occurrence (Level 4). From the study results, the annual precipitation was above 150 mm in CPB colonized regions; the regions where CPB affected plants during the preliminary growth stages, such as in Ili Prefecture, had higher rainfall than regions where CPB affected plants in the later, established stage. When correlating CPB colonization with the direction of CPB spread from west to east, we found that annual precipitation was lower where CPB colonization was high. When the CPB spread reached the eastern front of the current distribution in Mori County, the annual precipitation was less than 150 mm, the same as that in the eastern part of Barkol County, Hami Prefecture of Eastern Xinjiang. Further, the precipitation in Southern Xinjiang was less than that in Northern Xinjiang. In the central region of the Tarim Basin, no precipitation was noted for the whole year. Thus, in regions with different CPB damage levels, the precipitation also differed. A linear relationship was noted between the damage level and longitudinal CPB occurrence, where the CPB damage levels decreased with increasing longitude. In addition, less damage was noted in regions with CPB occurrence in later plant stages than in early plant stages. Higher precipitation was noted in Level 2 and 3 regions than in Level 1 and 4 regions. A significant difference was noted between monthly precipitation in the Level 2 and 3 regions and Level 1 and 4 regions from April to September. These months were the main period of CPB damage in Xinjiang. Thus, reduced rainfall leads to a lack of moisture, which plays a role in restricting the spread of CPB. Therefore, our study results show the necessity of strengthening inspection and quarantine measures to prevent CPB from spreading eastward by artificial transmission. In addition, our results highlight the importance of the protection of potatoes and other Solanaceae crops.

Key Words: *Leptinotarsa decemlineata*; distribution; annual precipitation; spatial pattern; colonization

马铃薯甲虫 [*Leptinotarsa decemlineata* (Say)] , 隶属鞘翅目, 叶甲科, 是国际公认的毁灭性检疫害虫, 也是中国对外重大检疫对象和重要外来入侵物种之一^[1-3]。上世纪 90 年代初由哈萨克斯坦传入中国新疆北部地区以来, 该虫一直持续自西向东传播扩散, 目前已在新疆北部大部分地区广泛分布^[4-5]。马铃薯甲虫主要以成虫和幼虫危害茄科作物, 其中最嗜栽培寄主植物是马铃薯, 其次是天仙子和茄子^[6]。马铃薯甲虫带来的危害通常是毁灭性的, 给马铃薯生产造成严重的经济损失, 一般可减产 30%—50%, 严重时达 90%^[7-8]。洪波等对中国新疆地区马铃薯甲虫田间种群的空间分布型展开研究, 提出了序贯抽样方法^[9-10]。在马铃薯甲虫空间大尺度分布的研究方面, 国内外学者也已开展了广泛的适生区和潜在分布方面的研究^[11-13]。同时, 对影响马铃薯甲虫分布扩散的生态环境因子^[14], 如温度^[15]、河流^[16]等开展了相关研究。

中国新疆地区农业种植的特点是典型的“灌溉农业”。农业种植区域主要分布于新疆天山北坡的绿洲地带, 降水与河流为该地区的农业种植提供了主要水源。近年来, 全球变暖所带来的境外输入水汽量的增加导致新疆年降水量总体上呈增加的趋势^[17-21]。马铃薯甲虫发育的适宜相对湿度为 60%—75%, 即需要一定的降雨条件或者地面径流、地下水等水分条件。新疆地区独特的降水分布特征, 对马铃薯甲虫的空间分布带来何种影响? 本研究基于新疆地区历史降水资料的分析, 利用 ArcGIS 软件对新疆地区降水的时空分布格局与马铃薯甲虫分布的关系进行了研究。旨在明确制约马铃薯甲虫分布扩散的关键环境因子, 为马铃薯甲虫的综合治理提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

山脉与盆地相间排列盆地与高山环抱、喻称“三山夹二盆”。北部阿尔泰山, 南部为昆仑山系; 天山横亘于新疆中部, 把新疆分为南北两半, 南部是塔里木盆地, 北部是准噶尔盆地。习惯上称天山以南为南疆, 天山以北为北疆, 把哈密、吐鲁番盆地以东疆。新疆远离海洋, 深居内陆, 四周有高山阻隔, 海洋水汽不易到达, 形

成明显的温带大陆性气候。气温变化大,日照时间长(年日照时间达 2500—3500 h),降水量少,空气干燥。新疆年平均降水量为 150 mm 左右,但各地降水量相差很大,南疆的气温高于北疆,北疆的降水量高于南疆^[18]。

1.2 数据来源

降水数据来自于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn>)的中国地面气候资料日值数据集,由各省上报的全国地面月报信息化文件根据《全国地面气候资料(1955—2012)统计方法》及《地面气象观测规范》有关规定,进行整编统计而得。

1.3 马铃薯甲虫虫情调查方法

马铃薯甲虫发生期虫情普查选择北疆地区已有马铃薯甲虫分布的县(市)进行,每县(市)选择有代表性的乡镇 2—3 个,每个乡镇选择 2—3 块寄主田进行普查。在每一田块内,调查选用对角线抽样的方法,根据马铃薯田田块面积的大小调查不同株数。4 hm²以下地块取 10 个调查点,每点连续调查 10 株,4 hm²以上地块取 20 个调查点,每点连续调查 5 株(马铃薯甲虫疫情监测规程)。在每个采样点,分别记录马铃薯甲虫成虫,卵块(不计算一龄幼虫在孵化的卵的数量),一龄(L1),二龄(L2),三龄(L3),和四龄(L4)幼虫的数量,并换算成百株虫量。百株虫量以相对成虫数量(EAN)表示,相对成虫数量指潜在的成虫数量,包括所有的未成熟的马铃薯甲虫个体(卵和幼虫),具体计算方法见参考文献[24]。

危害程度分为五级,零级(没有发生);1 级(轻度发生:百株相对成虫数量小于 600);2 级(中度发生:百株相对成虫数量 600—1200);3 级(重度发生:百株相对成虫数量 1200—2400);4 级(非常严重危害:百株相对成虫数量大于 2400)。每个调查点的地理坐标使用 Garmin(Olathe, KS, USA)的 60CX 手持 GPS 装置记录经纬度坐标,采集完成后调查点地理数据导入 ArcGIS9.2(ESRI, 2006 年)进行地图绘制和分析。

1.4 数据分析和统计

为分析降雨影响,提取了 1955—2012 年降雨量日值数据,并制作了年均降水量和 4—9 月新疆地区降水量统计数据。应用 ArcGIS 软件中的地统计学模块进行空间降水插值。根据前人研究结果,在局部地区的分析上,反距离加权插值方法得到的结果较为理想^[22]。故本研究也采用反距离加权法进行插值,并应用 ArcGIS9.2(ESRI, 2006 年)绘制了对应的降雨分布图。同时运用 SPSS 统计软件分别对 4—9 月新疆马铃薯甲虫定殖区和非定殖区内的月降水量进行 t-test 检验。

2 结果与分析

2.1 新疆年降水空间分布特征

新疆地区年降水量地域差异明显,北疆地区降水量大,而南疆地区降水稀少(图 1)。其中北疆的伊犁地区降水量最为充沛,年降水量达 200 mm 以上,包括察布查尔县、霍城县、伊宁县和伊宁市全境,尼勒克县、巩留县、特克斯县和昭苏县的西北区域部。同时与该区域相邻的博乐地区的博乐市、温泉县以及精河县的西部地区年降水量也较大。上述区域均为马铃薯甲虫早期定殖区域。在马铃薯甲虫定殖区内,除乌鲁木齐市南部地区,吉木萨尔县、奇台县和木垒县外,其他县市的年降水量均在 150 mm 以上。越过天山山脉向南,年降水量开始逐渐减少,其中以南疆塔里木盆地中心的沙漠区域降水量最低,年降水量在 20 mm 以下。南疆其他地区中,

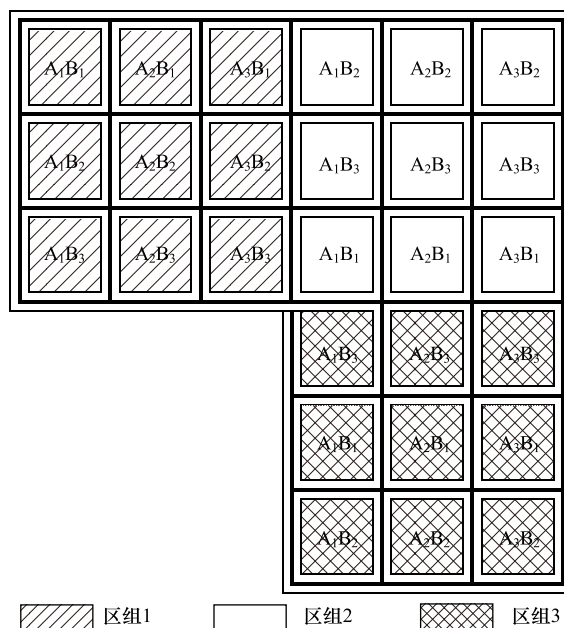


图 1 新疆年降水量分布图(1955—2012)

Fig. 1 Spatial pattern of annual precipitation in Xinjiang (1955—2012)

靠近山区的地方降水较多,如阿克苏西北地区和克州地区。新疆地区的降水的空间分布格局为:北疆地区降水多于南疆地区,西北地区多于东南地区。

2.2 马铃薯甲虫害分布状况与危害程度

根据调查结果,马铃薯甲虫已在新疆北部地区 46 个县(市)中的 36 个县市发生危害。没有发生马铃薯甲虫危害的县市为:克拉玛依市、和布克赛尔县、巴里坤县、伊吾市、哈密市、吐鲁番市、鄯善县、托克逊县、青河县和富蕴县。其中福海县仅在 2008 年有发现,后期调查未发现。受制于荒漠,山脉等新疆地区典型的天然屏障,或当地非农业种植地区,缺乏马铃薯寄主植物的县市在本研究调查中也未发现,如乌苏市和克拉玛依市(表 1)。

表 1 马铃薯甲虫害分布(新疆,2011)
Table 1 Distribution of Colorado potato beetle(CPB) occurrence in Xinjiang

地区 Region	编号 No.	县(市) City/County	发生程度 Level of occurrence	地区 Region	编号 No.	县(市) City/County	发生程度 Level of occurrence
伊犁州	1	昭苏县	2	阿勒泰地区	24	吉木乃县	3
	2	特克斯县	3		25	布尔津县	1
	3	巩留县	2		26	福海县 2	1
	4	新源县	1		27	富蕴县 3	0
	5	尼勒克县	3		28	青河县 3	0
	6	察布查尔县	2	昌吉州	29	玛纳斯县	4
	7	伊宁县	3		30	呼图壁县	4
	8	伊宁市	3		31	昌吉市	1
	9	霍城县	3		32	阜康市	4
	10	奎屯市 1			33	吉木萨尔县	2
巴州地区	11	和静县 2			34	奇台县	4
博州地区	12	温泉县	3		35	木垒县	2
	13	博乐市	2	新疆生产建设兵团	36	石河子市	1
	14	精河县	2		37	五家渠市	
塔城地区	15	塔城市	4	克拉玛依市	38	克拉玛依市 1	0
	16	额敏县	4	乌鲁木齐地区	39	乌鲁木齐县	3
	17	托里县	4		40	乌鲁木齐市	2
	18	裕民县	3	吐鲁番地区	41	吐鲁番市 3	0
	19	沙湾县	1		42	鄯善县 3	0
	20	和布克赛尔县 3	0		43	托克逊县 3	0
	21	乌苏市 1		哈密地区	44	哈密市 3	0
阿勒泰地区	22	哈巴河县	2		45	巴里坤县 3	0
	23	阿勒泰市	1		46	伊吾县 3	0

空白区域表明马铃薯甲虫的危害情况未知,零表示没有马铃薯甲虫分布;1. 非农业种植区,缺乏马铃薯甲虫的寄主植物;2. 本研究中调查未发现,但其他研究曾有报道补充参考文献序号;3. 本研究中调查未发现,也没有其他前人有过相关报道马铃薯甲虫发生

2.3 新疆马铃薯甲虫发生与降水的关系

在新疆北部的马铃薯甲虫发生区域内,伊犁河谷地区的霍城县和塔城地区的塔城市是马铃薯甲虫最早入侵的地区,马铃薯甲虫发生的时间是 1992 年,上述两地年降水量较大,均在 200 mm 以上。随着时间的推移,马铃薯甲虫一路自西向东扩散,同时随着地理位置逐渐向东,年降水量开始逐渐减少(图 2),年降水量与地理位置的经度呈线性相关(图 3),相关系数为 $r=-0.9637$ 。在马铃薯甲虫发生期(4—9 月)月降水量与经度也均呈线性相关,相关系数分别为:4 月, $r=-0.8670$;5 月 $r=-0.96789$; 6 月, $r=-0.96282$;7 月, $r=-0.92455$;8 月, $r=-0.8727$;9 月, $r=-0.9365$ 。马铃薯甲虫危害程度也随着经度增加而递减,早期发现马铃薯甲虫的地区受危害程度较重。

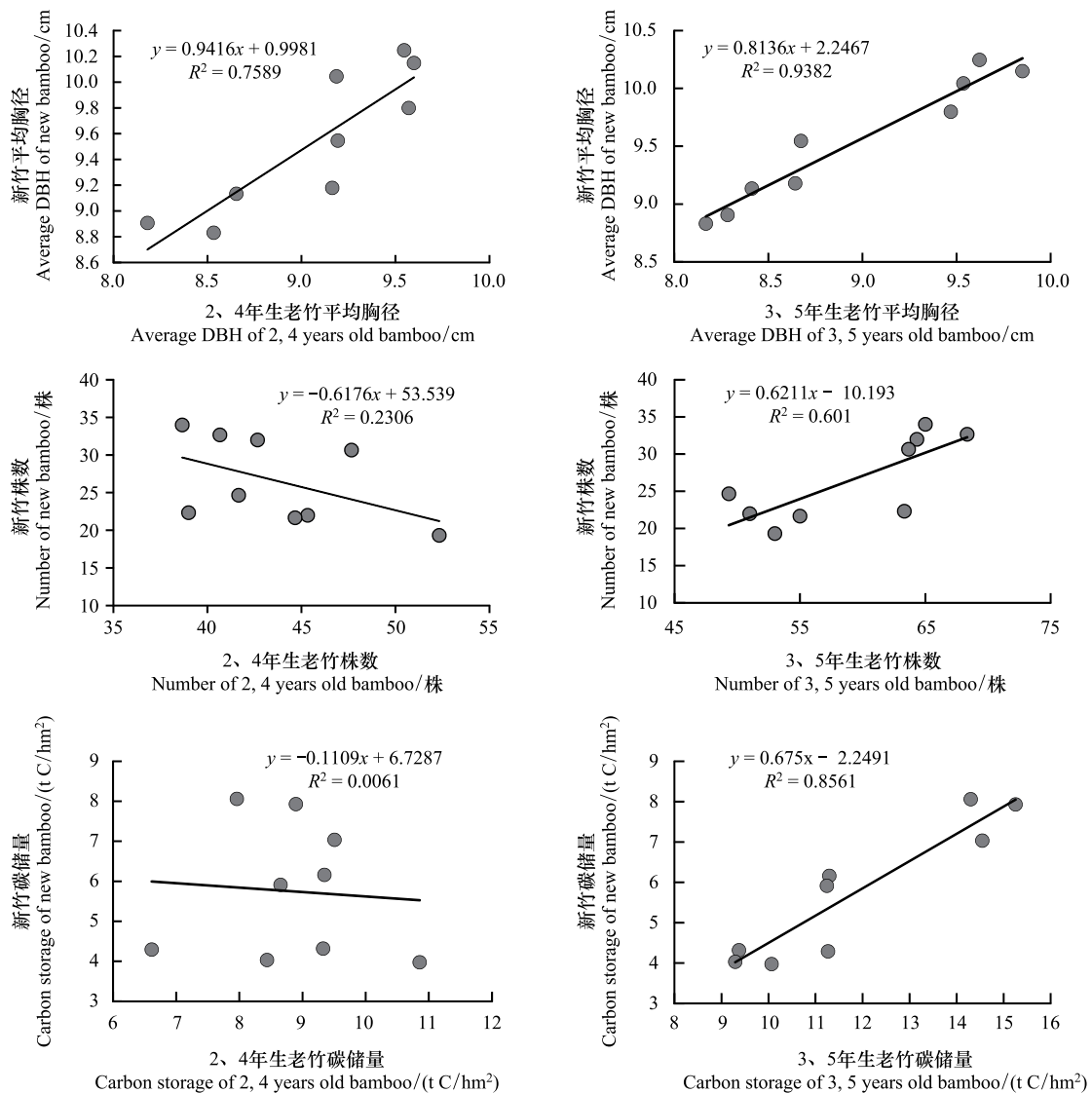


图2 新疆马铃薯甲虫发生与年降水空间分布格局的关系(1955—2012)

Fig.2 The relationship of CPB occurrence and annual precipitation in Xinjiang from 1955 to 2012

2.4 马铃薯甲虫虫害危害程度与降水的关系

马铃薯甲虫的危害程度与月降水量也存在着一定的关系(图4)。危害级别2和危害级别3的地区,月降水量较大,并显著高于危害级别1和危害级别4的地区($P < 0.05$),但危害级别1和危害级别3的地区之间,月降水量差异不显著,危害级别1和危害级别4的地区之间也无显著差异。马铃薯甲虫在新疆的整个发生期内(4—9月)的月降水量均符合上述规律。

3 结论与讨论

新疆是典型的干旱少雨区,约有76%的气象站测得的多年平均年降水量不超过200 mm,其中年降水量100 mm以下的占46%。马铃薯甲虫现有分布区内年降水量在150 mm以上,最早发现马铃薯甲虫定殖的地区降水量大,随着其自西向东扩散的方向,年降水量开始逐渐减少。木垒县以东及其巴里坤、哈密等东疆地区年降水量低于150 mm。南疆地区降水量更低。降水量减少导致的水分缺乏在马铃薯甲虫分布扩散中具有一定的制约作用。

大气湿度和降水对马铃薯甲虫生长发育影响的研究很少。一般认为马铃薯甲虫发育的适宜相对湿度为

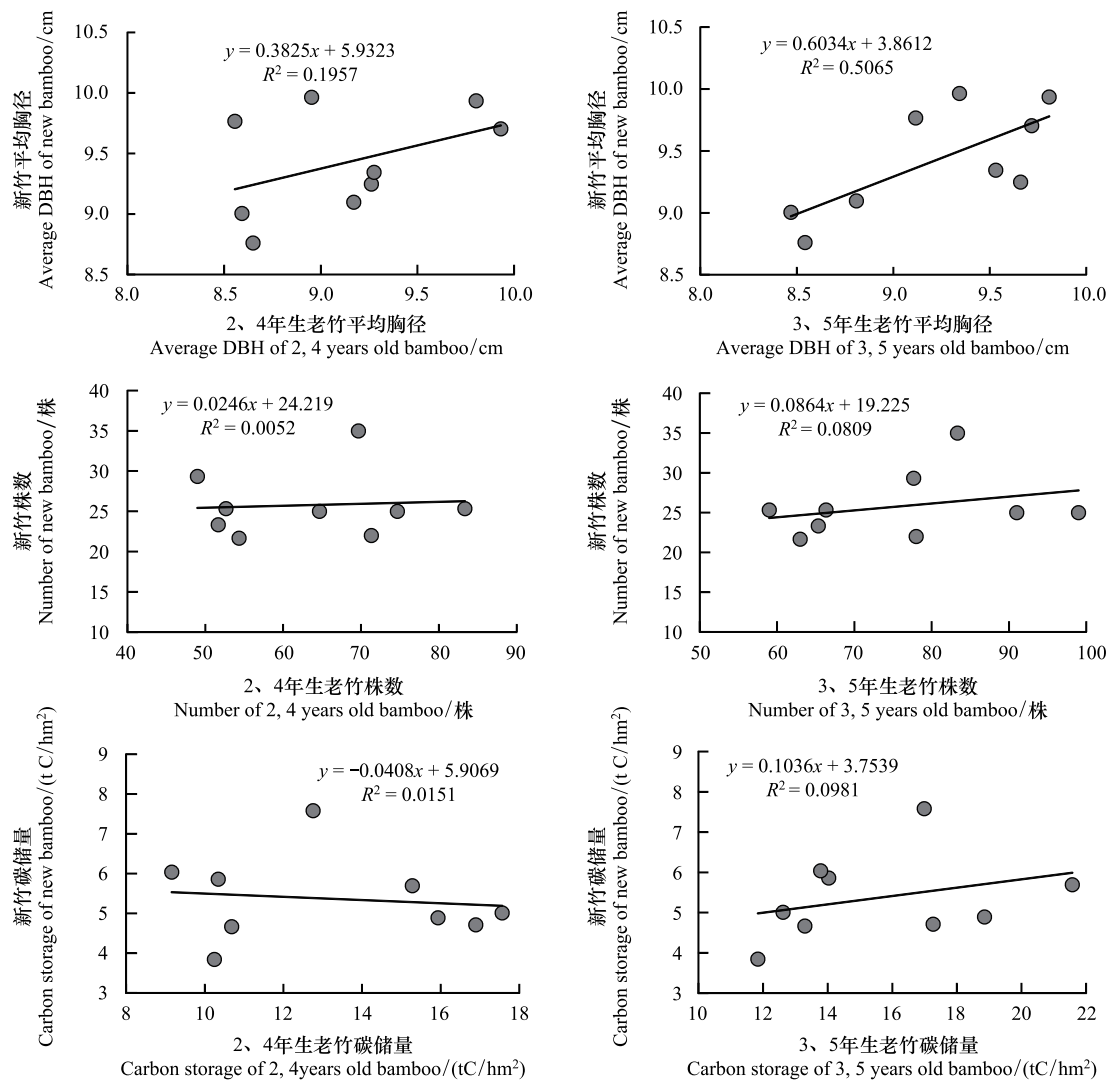


图3 降水量、危害级别与经度的关系

Fig.3 The decrease of precipitation and damage levels with moving to east in Northern Xinjiang

60%—75%RH。在年平均降水量为 600—1500 mm 的地区发育繁盛,如在加拿大安大略省,降水造成低龄幼虫和卵的死亡率分别只有 0%—35%和 4%。在马铃薯甲虫越冬过程中,土层水分含量是影响其越冬存活率的重要因素,马铃薯甲虫在干土壤中的死亡率低于湿土壤中的死亡率^[23]。因此,降水对马铃薯甲虫分布的影响主要是对其寄主植物分布的影响。研究发现马铃薯甲虫的传播和扩散在很大程度上受制于寄主的分布、越冬条件、地理阻隔等环境要素^[24]。此外,由于新疆特殊气候条件和地形地貌因素决定了马铃薯甲虫在新疆发生区的传播,实际上是被高大山脉屏障和荒漠构成的地理阻隔压缩在相对狭长的绿洲荒漠地带。荒漠与高大山脉之间的绿洲区,是新疆农业生产的主要区域,其寄主植物马铃薯也主要种植于山区,除在山前地带,绝大多数荒漠地区无马铃薯甲虫野生寄主的分布^[1]。由于其寄主植物相对单一,调查寄主植物上的危害是获取其分布区的唯一途径,同时,作为一种检疫性害虫,早期虫情的发现的数据难以获得,也在一定程度上制约了本研究的开展。

新疆农业是典型的“灌溉农业”,马铃薯甲虫发生区内河流分布密集。新疆耕地面积占全区土地面积的 2%左右,约 94%的农田靠引水灌溉,形成独特的荒漠绿洲灌溉农业。有文献曾报道马铃薯甲虫在通过风和海流进行传播时,成虫堕入海中后能在海水中存活一段时间,当成虫被抛上岸之后,又可重新恢复生命活动^[25]。河流对马铃薯甲虫的分布扩散具有一定的作用^[16]。在少数没有河流经过的乡镇,马铃薯甲虫的危害同样严

重,降水与灌溉是新疆农业种植的主要水来源,这两者共同作用对马铃薯甲虫发生与分布的影响需要进一步研究。

参考文献 (References):

- [1] 郭文超, 吐尔逊, 许建军, 刘建, 何江, 李晶, 马德成, 王俊. 马铃薯甲虫识别及其在新疆的分布、传播和危害. 新疆农业科学, 2010, 47(5): 906-909.
- [2] Alyokhin A, Baker M, Mota-Sanchez D, Dively G, Grafius E. Colorado potato beetle resistance to insecticides. American Journal of Potato Research, 2008, 85(6): 395-413.
- [3] Alyokhin A. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, 2009, 3(S1): 10-19.
- [4] 郭文超, 吐尔逊, 许咏梅, 刘建, 许建军, 王佩玲, 何江, 夏正汉, 付文君, 景新跃, 张冬梅. 马铃薯甲虫持续防控技术研究与应用. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 197-203.
- [5] 郭文超, 谭万忠, 张青文. 重大外来入侵害虫马铃薯甲虫生物学、生态学与综合防控. 北京: 科学出版社, 2013.
- [6] 李超, 程登发, 郭文超, 刘怀, 张云慧, 孙京瑞. 不同寄主植物对马铃薯甲虫的引诱作用. 生态学报, 2013, 33(8): 2410-2415.
- [7] 王俊, 王登元, 候洪. 新疆马铃薯甲虫发生与防治现状. 新疆农业科技, 2008, (3): 60-60.
- [8] 李红, 秦晓辉, 赛丽蔓. 博州地区马铃薯甲虫发生特点与综合防治技术. 中国蔬菜, 2007, (7): 55-56.
- [9] 王利军, 郭文超, 徐建军, 肖利凤, 韩振忠, 张建萍. 马铃薯甲虫空间分布型及抽样技术研究. 环境昆虫学报, 2011, 33(2): 147-153.
- [10] 洪波, 张云慧, 李超, 吐尔逊, 陈林, 程登发. 马铃薯甲虫空间分布型及序贯抽样. 植物保护学报, 2010, 37(3): 206-210.
- [11] 洪波. 基于 GIS 的有害生物空间分布预测系统研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [12] Jeffree C, Jeffree E. Redistribution of the potential geographical ranges of mistletoe and Colorado beetle in Europe in response to the temperature component of climate change. Functional Ecology, 1996, 10: 562-577.
- [13] Baker R H A, Sansford C E, Jarvis C H, Cannon R J C, MacLeod A, Walters K F A. The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pests under current and future climates. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2000, 82(1/3): 57-71.
- [14] 梁忆冰, 林伟, 王跃进, 徐亮, 翟图娜, 陆平, 克依木, 张兰. 生态因子在马铃薯甲虫地理分布中的作用. 植物检疫, 1999, 13(5): 257-262.
- [15] 李超, 程登发, 刘怀, 张云慧, 孙京瑞. 温度对马铃薯甲虫分布的影响——以新疆吐鲁番地区夏季高温对其羽化的影响为例. 中国农业科学, 2013, 46(4): 737-744.
- [16] 李超, 张智, 郭文超, 张云慧, 孙京瑞, 程登发, 刘怀. 基于 GIS 的马铃薯甲虫扩散与河流关系研究——以新疆沙湾县为例. 生态学报, 2011, 31(21): 6488-6494.
- [17] 蓝永超, 沈永平, 苏宏超, 文军, 吴素芬, 魏荣庆. 全球变暖情景下新疆降水的变化. 干旱区资源与环境, 2008, 22(10): 66-71.
- [18] 李江风. 新疆气候. 北京: 气象出版社, 1991.
- [19] 王英, 曹明奎, 陶波, 李克让. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征. 地理研究, 2006, 25(6): 1031-1040.
- [20] 王娇. 新疆降水的环流背景场及水汽输送 [D]. 兰州: 兰州大学, 2006.
- [21] 张英, 温跨达. 新疆降水丰, 旱特点及水资源的稳定度. 干旱区资源与环境, 1992, 6(2): 80-84.
- [22] 傅德平, 赵志敏, 苏静, 吕光辉. 基于 GIS 的新疆降水空间插值方法分析. 水土保持研究, 2008, 15(6): 35-37.
- [23] Kung K S, Milner M, Wyman J A, Feldman J, Nordheim E. Survival of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) after exposure to subzero thermal shocks during diapause. Journal of Economic Entomology, 1992, 85(5): 1695-1700.
- [24] Liu N, Li Y C, Zhang R Z. Invasion of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, in China: dispersal, occurrence, and economic impact. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2012, 143(3): 207-217.
- [25] 张生芳. 马铃薯甲虫. 植物检疫, 1988, 2(1): 59-68.

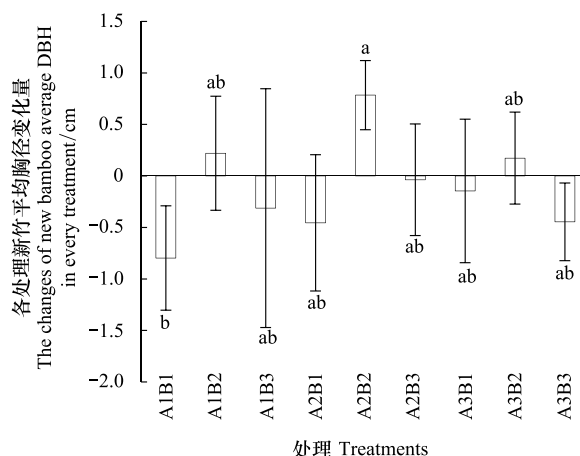


图4 马铃薯甲虫危害级别与月降水量之间的关系

Fig.4 The relationship between the damage levels of CPB and monthly precipitation