

曹玲,徐士琦,杨雪艳,等.夏季东北冷涡气候特征及其对吉林省大豆生育期的影响[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(5):135-143.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2022.05.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



夏季东北冷涡气候特征及其对吉林省大豆生育期的影响

曹玲¹,徐士琦^{2,3,4},杨雪艳^{2,3*},刘柏鑫^{2,3},房一禾^{4,5},王航⁶,谷佳桐⁷

(1.吉林省气象服务中心,吉林 长春 130062;2.吉林省气候中心,吉林 长春 130062;3.长白山气象与气候变化吉林省重点实验室,吉林 长春 130062;4.东北冷涡研究重点开放实验室,辽宁 沈阳 110016;5.沈阳区域气候中心,辽宁 沈阳 110016;6.吉林省气象局,吉林 长春 130062;7.沈阳农业大学农学院,辽宁 沈阳 110161)

摘要:基于 NCEP/NCAR 再分析资料和国家气候中心 160 站月平均气温、降水资料,以及吉林省大豆生育期资料,从对农作物生育期天气气候有重要影响的东北冷涡活动入手,统计分析 1981—2018 年夏季(5—9 月)东北冷涡活动特征,初步分析吉林省大豆近年来生育期情况及其对不同类型东北冷涡(中涡、北涡)活动的响应。结果表明:东北冷涡为持续时间较长且较为频繁的系统,平均寿命 5 d 左右,夏季(5—9 月)冷涡活动占比三分之一以上,主要集中在 115°~130°E、40°~55°N 区域;冷涡活动 6 月最多、8 月最少。中涡对东北地区环流影响最显著,有利于鄂霍次克海地区位势高度增强,中高纬度环流经向特征明显,偏北冷空气向南输送;东北地区高度场以负距平为主,有利于北太平洋气流向东北地区输送。东北冷涡天数偏多时,吉林省大豆播种—开花期气温偏低、降水偏多、生育期间隔天数延长。从平均气温影响看,播种—出苗期榆树主要受北涡影响,延吉主要受中涡影响;出苗—开花期延吉同时受北涡和中涡影响;出苗—开花期的间隔日数榆树和桦甸主要受北涡影响。此外,榆树和延吉的降水量在播种—出苗期间主要受中涡影响,出苗—开花期间主要受北涡影响。

关键词:东北冷涡;气候特征;大豆;生育期;吉林省

中图分类号:S162.5

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2022)05-0135-09

东北冷涡是东亚中高纬度地区重要的天气系统之一,也是中国东北地区特有的天气系统^[1-2],生命期以 3~6 d 居多,其形成与东北地区特殊地形和一

定的环流形势有关。东北冷涡活动初期,扰动动能边界通量至关重要;当大量扰动动能转换成纬向平均动能时,东北冷涡减弱;随着扰动有效位能向扰动动能转换及边界通量作用的减弱,冷涡逐渐衰亡^[3]。20 世纪 80 年代陶诗言^[4]指出,东北冷涡是造成我国东北、华北地区暴雨或雷阵雨的主要环流形势。另有研究表明,东北冷涡活动的多寡是造成东北地区干旱、洪涝和低温冷害的重要因素^[5-8]。例如,1998 年夏季松嫩流域的暴雨洪涝灾害^[9],2009 年夏季的东北低温^[10]。

有关东北冷涡对气候的影响,前人在天气图和再分析资料的基础上开展了大量研究工作。东北冷涡作为天气系统,其频繁活动具有一定“气候效应”,

收稿日期:2021-06-01;修回日期:2021-10-17

基金项目:国家自然科学基金(41975101;41875119;42005037);中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2013Z03);中国气象局创新发展专项(CXFZ2021J022);中国气象局沈阳大气环境研究所联合开放基金课题(2021SYIAEKFM09,2022SYIAEKFZD04);中国气象局大气环境研究所研究项目(2020SYIAE08);吉林省气象局科研课题项目(201711)

作者简介:曹玲(1978—),女,高级工程师,主要从事气象服务和农业气象研究。E-mail:20340543@qq.com

通信作者:杨雪艳(1969—),女,正高级工程师,主要从事气候变化及预测研究。E-mail:jlsqxtybk@sina.com

东北冷涡强弱对江淮地区梅雨量有显著影响^[11]。初夏冷涡活动强,对应5月乌拉尔山阻塞高压、贝加尔湖阻塞高压和6月鄂霍次克海阻塞高压活动频繁;初夏东北冷涡降水具有显著“累积效应”,可总体反映东北地区降水异常分布特征^[12-13]。夏季东北冷涡活跃,东亚地区对流层保持深厚的偶极型位势高度异常,高空急流偏南并略有加强,低层西北太平洋反气旋和中纬度地区东风异常,局地水汽通量辐合增强,有利于降水偏多^[14]。

近年来,有关气候异常对作物生长和产量影响的研究逐渐成为热点^[15-16]。东北地区作为我国大豆、玉米、水稻等农作物的主要生产基地,春、夏季节的水热条件是生产工作顺利开展的的前提^[17-20]。相应东北冷涡的气候特征如何?冷涡出现位置对东北地区气候影响差异如何?以往针对气候变化对玉米等粮食作物影响研究较多^[21-22],针对大豆相关研究相对较少。吉林省大豆生长对气候变化如何响应?与冷涡活动是否有关?本文从气候学角度统计1981—2018年5—9月东北冷涡活动特征及对东北气候的影响,结合吉林省大豆生育期特征,给出吉林省大豆生育期情况及对东北冷涡异常活动的响应,为吉林省粮食安全生产以及实现稳产高产提供参考。

1 资料与方法

资料包括:(1)1981—2018年国家气候中心160站月平均气温、降水资料;(2)同时期NCEP/NCAR逐日00时(UTC)、逐月500 hPa高度场和850 hPa风场再分析资料^[23],数据水平分辨率 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$;(3)农作物资料选用同时期吉林省大豆生育期观测数据。吉林省大豆主产区代表站点(图1)包括榆树(126.52°E,44.85°N)、桦甸(126.75°E,42.98°N)和延吉(129.50°E,42.87°N)。历年作物发育期观测按《农业气象观测规范》^[24]进行,保持观测方法的一致性。

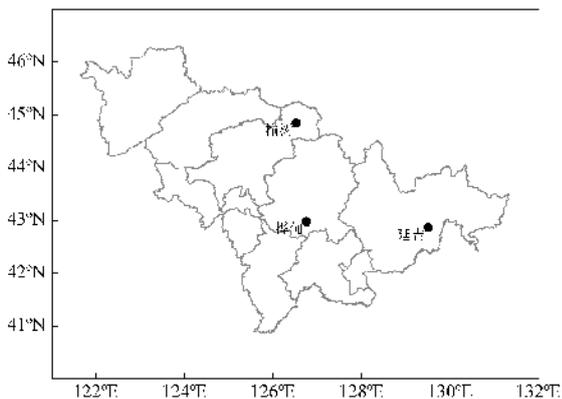


图1 吉林省大豆主产区代表站点地理分布

研究方法包括相关分析、合成分析等统计方法。东北冷涡^[1]定义:(1)在500 hPa天气图上至少能分析出一条闭合等高线,并有冷涡中心或明显冷槽配合的低压环流系统;(2)冷涡出现在115°~145°E、35°~60°N;(3)冷涡在上述区域内的生命史 ≥ 3 d。按照东北冷涡出现纬度位置将其划分为3种类型:北涡(50°~60°N)、中涡(40°~47.5°N)和南涡(35°~37.5°N)。

2 冷涡时空分布特征

1981—2018年5—9月东北冷涡活动共发生490次,累积2298 d,占总天数的39.5%,冷涡活动平均寿命为4.7 d,年均冷涡为12.9次(约60.5 d)。由此可知,东北冷涡是东亚地区持续时间较长、活动较频繁的系统,夏季(5—9月)冷涡活动占比三分之一以上,是对东北地区天气气候有较大影响的天气系统。

图2为不同月份东北冷涡日数空间分布,5—9月冷涡活动集中区位于115°~130°E、40°~55°N;其中5月(图2a)主要分布在小兴安岭以北的黑河一带,6月(图2b)主要分布在大兴安岭东麓及东北平原一带,7、9月(图2c、2e)主要在大兴安岭一带,8月(图2d)主要在大兴安岭—小兴安岭一带。

1981—2018年5—9月各月冷涡天数年际变化(图3)表明,6月东北冷涡活动天数最多,达602 d,平均15.8 d/a;8月冷涡天数最少,为347 d,平均9.1 d/a;5、7、9月平均活动天数分别为13.2、12.6、9.7 d/a。从冷涡活动过程来看,6月冷涡过程次数最多,达113次,年均出现3次;8月冷涡次数最少,共78次,年均2次;5、7、9月年均次数分别为2.7、2.6、2.1次/a。5—9月平均每次冷涡过程持续4~5 d,与孙力等^[9]研究结果(夏季4.07 d)基本一致。5—7月冷涡过程最多,最多冷涡日数分别为23、25、23 d。除9月外,其他月份冷涡天数均有增多趋势。由此可知,冷涡在春末夏初影响最大,其天数和频次逐年增加。

3 冷涡天数与大气环流的关系

东北冷涡发生的位置不同,对应的东北亚大气环流存在较大差异。与中涡和北涡相比,南涡位于东北地区南部,对东北地区气候及农作物影响较小。因此,主要分析中涡和北涡。

图4为中涡、北涡天数与500 hPa高度场和850 hPa风场的相关系数分布。中涡和北涡活动天数与500 hPa高度场在我国东北地区呈现显著负相

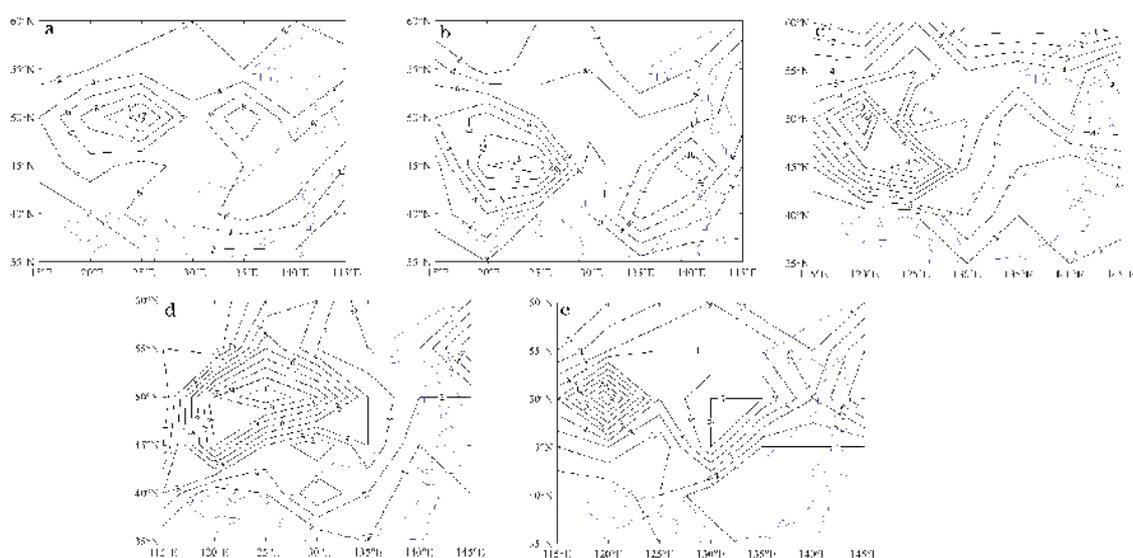


图2 1981—2018年东北冷涡天数的空间分布
(a为5月,b为6月,c为7月,d为8月,e为9月;单位:d)

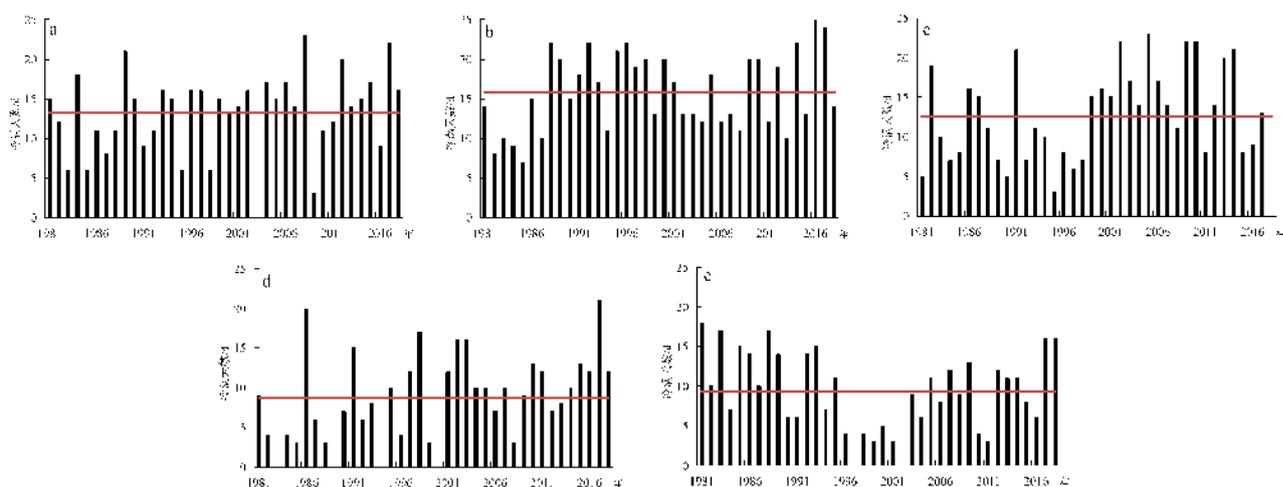


图3 1981—2018年东北冷涡天数的年际变化
(a为5月,b为6月,c为7月,d为8月,e为9月;单位:d)

关。由图4a可知,当5月冷涡位于 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$,东北地区大部及其以东的日本海—西太平洋地区均呈负距平特征,其北部贝加尔湖—鄂霍次克海一带为异常显著正距平;欧洲—鄂霍次克海地区环流特征呈“+ - +”分布特征,东北地区环流自北向南表现为“+ - +”分布。即5月中涡出现有利于欧洲地区和贝加尔湖—鄂霍次克海地区的高度场增强,而乌拉尔山地区高度场减弱,东北地区大部由负距平高度场控制,西太平洋副热带高压增强;对应850 hPa风场表现为来自太平洋和日本海的气流向东北地区输送。

由图4b可知,5月冷涡位于 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$,500 hPa中高纬环流场上自西向东呈“- + -”的分布形势,环流经向型特征明显,即欧洲高度场和贝加尔湖—鄂霍次克海地区高度场减弱,乌拉尔山地区高度场增强,

东北地区北部由负距平高度场控制;对应850 hPa风场表现为东北地区以偏北气流为主,有利于冷空气向南输送。

图4c、4d为6月中涡和北涡对应环流场。中涡有利于鄂霍次克海高度场增强,东北大部地区由负距平高度场控制,低层来自太平洋和日本海地区的气流向东北地区输送;北涡东北北部由高度场负距平控制,其南部为异常显著正距平场,东北地区以偏北气流为主。

7月(图4e、4f)冷涡对应环流型与6月相似,7月冷涡中心位置更偏东,北涡中高纬地区环流经向度更大。8月中涡(图4g)不显著,但其北部易出现显著高压中心,有利于低纬地区高度场增强;副高偏南有利于中涡活动,副高位置偏北有利于北涡活动,我

国东北地区大部分区域高度场特征以负距平为主,低层有北方气流向南输送、太平洋气流向东北地区输送,不利于西太平洋副热带高压增强。7—8月中涡副热带高压相对偏南,北涡副热带高压位置相对偏北。

9月两种类型冷涡(图4i、4j)较其他月在500 hPa高度场上的表现均不显著。中涡有利于其北部鄂霍次克海地区高度场增强,中高纬环流经向型明显,有

利于北方冷空气向南输送;东北大部为负距平,有利于北太平洋气流向东北地区输送。

4 冷涡活动对吉林省大豆生育期的影响

吉林省大豆播种时间通常在5月上、中旬,9月下旬收获,将5—9月视为研究区域内大豆的主要生长季。图5为1981—2018年榆树、桦甸和延吉站大豆生育期各阶段平均日期。其中,平均播种期为5月

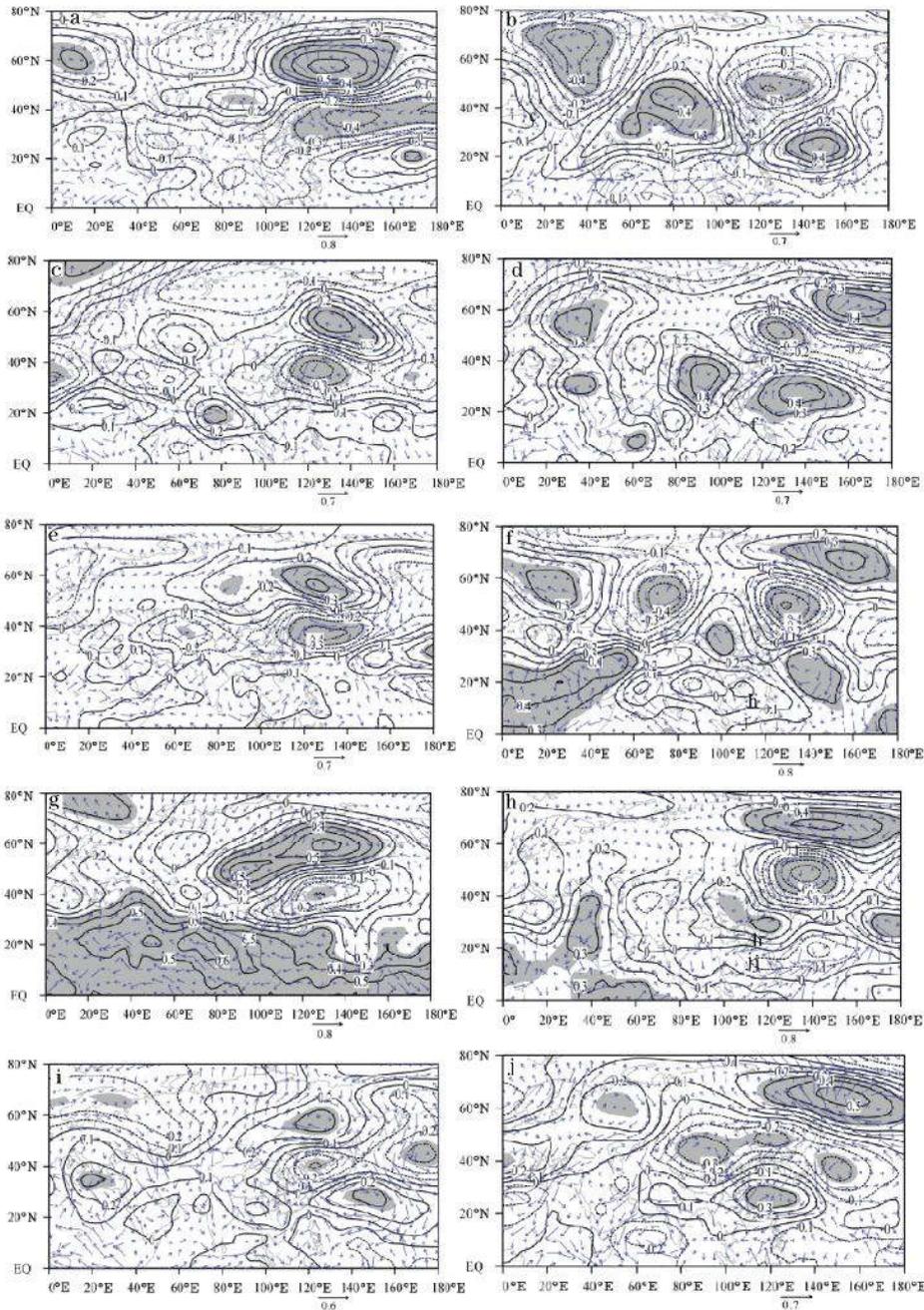


图4 5—9月中涡、北涡天数与同期500 hPa高度场(等值线)和850 hPa风场(箭头)的相关系数分布

(a、b为5月,c、d为6月,e、f为7月,g、h为8月,i、j为9月;a、c、e、g、i为中涡,b、d、f、h、j为北涡;阴影区表示通过0.05的显著性检验)

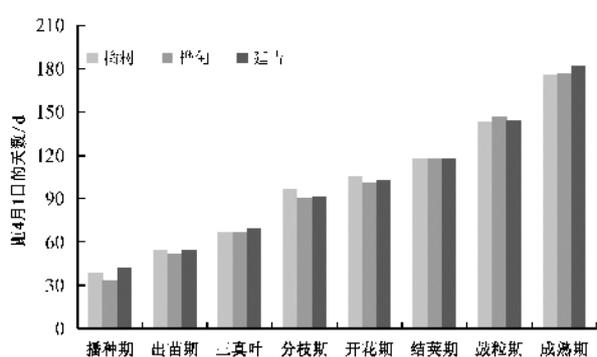


图5 吉林省大豆生育期各阶段的多年平均值

8日、平均开花期为7月12日,平均成熟期为9月25日。3站平均发育期相差3~6d,不同年份大豆的发育期差异可达7d左右。为进一步分析东北冷涡活动对大豆不同生育期的影响,本文对1981—2018年吉林省3个站点大豆主要生育阶段历年间隔日数、平均气温、降水量以及冷涡活动天数进行对比分析,3个站点从平均间隔日数看,播种—出苗期为延吉<榆树<桦甸,出苗—开花期为延吉<桦甸<榆树,开花—成熟期阶段为榆树<桦甸<延吉。

4.1 播种—出苗期

表1为3个站点历年大豆播种—出苗期间隔日数、平均气温及降水量与冷涡活动天数的相关系数,3个站点播种—出苗期降水量越大、平均气温越低(榆树除外),则间隔天数越长;同时冷涡活动时间越长,平均气温越低,降水量越大。冷涡持续活动对这一阶段间隔天数同步变化,呈正相关。总体来说,冷涡活动时间越长、平均气温越低、降水量越大,大豆播种—出苗期间隔时间越长。

表1 1981—2018年大豆播种—出苗期间隔日数、气象要素值和东北冷涡天数的相关系数

	榆树	桦甸	延吉
平均气温与间隔天数	0.26	-0.34**	-0.41**
降水量与间隔天数	0.55***	0.42***	0.46***
北涡天数与平均气温	-0.34**	-0.27	-0.19
中涡天数与平均气温	0.19	-0.21	-0.37**
北涡天数与降水量	0.16	0.24	0.31*
中涡天数与降水量	0.52***	0.24	0.35*
北涡天数与间隔天数	0.26	0.29*	0.44***
中涡天数与间隔天数	0.55***	-0.05	0.50***

注:*、**和***分别表示通过0.1、0.05和0.01的显著性水平检验。

从气温和降水对间隔时间影响上可知,桦甸和延吉站平均气温与间隔天数呈显著负相关,温度越低,间隔时间越长;3站降水量与间隔天数呈一致显著正相关,降水量越大,间隔天数越长。

从历年大豆生长期平均气温与冷涡活动关系可知,榆树站播种—出苗期的平均气温主要受北涡影响,北涡活动越多,播种—出苗期平均气温越低。延吉站播种—出苗期平均气温主要受中涡影响,中涡活动越多,播种—出苗期的平均气温越低。从历年大豆生长期降水量与冷涡天数关系可知,榆树站降水量受中涡影响显著,相关系数达0.52(通过0.01的显著性水平检验),延吉站降水量受冷涡活动影响显著,与北涡和中涡天数的相关系数分别为0.31和0.35,均通过0.01的显著性水平检验,北涡和中涡的持续活动均会增加延吉站的降水量。

冷涡活动对播种—出苗时间基本呈正相关,榆树站中涡活动对间隔天数影响最为显著,相关系数达0.55,通过0.01的显著性水平检验,中涡活动越多,生长期间隔天数越长;桦甸站间隔天数主要受北涡影响,二者相关系数为0.29,通过0.1的显著性水平检验;延吉站间隔天数与北涡和中涡天数均呈显著正相关,相关系数分别为0.44和0.50,均通过0.01的显著性水平检验,即北涡和中涡的长时间持续均会对延吉站大豆播种—出苗期的间隔时间延长起到正贡献。

在大豆播种—出苗期,冷涡活动异常对延吉站影响最为显著,榆树站次之,对桦甸站影响相对最小。

4.2 出苗—开花期

由表2可知,间隔天数与气温变化呈负相关,与降水变化呈显著正相关,即温度越低、降水越多,大豆出苗—开花期的间隔时间越长。这一阶段,北涡活动与平均气温呈正相关,中涡则相反,冷涡活动对降水的影响基本以正相关为主。冷涡活动与间隔天数呈正相关。延吉站平均温度既受中涡影响,又受北涡影响(相关系数分别为-0.32和0.30),即北涡天数多、中涡天数少,有利于出苗—开花期平均气温偏高。榆树站降水量受北涡影响显著,相关系数为0.44,通过0.01的显著性水平检验,此外,北涡活动还对延吉站降水量具有一定影响。

因此,冷涡活动与这一阶段间隔天数呈正相关,并以北涡影响更为显著。榆树站间隔天数均与冷涡活动存在显著相关,与北涡关系最为显著(相关系数为0.53,通过0.01的显著性水平检验),冷涡天数越

表2 1981—2018年大豆出苗—开花期间隔日数、气象要素值和东北冷涡天数的相关系数

	榆树	桦甸	延吉
平均气温与间隔天数	0.28*	-0.15	-0.17
降水量与间隔天数	0.53***	0.47***	0.23
北涡天数与平均气温	0.10	0.03	0.30*
中涡天数与平均气温	-0.17	-0.26	-0.32*
北涡天数与降水量	0.44***	0.18	0.27*
中涡天数与降水量	-0.01	-0.06	0.11
北涡天数与间隔天数	0.53***	0.33**	0.24
中涡天数与间隔天数	0.28*	0.19	0.12

注：*、** 和 *** 分别表示通过 0.1、0.05 和 0.01 的显著性水平检验。

多，间隔天数越长。桦甸站间隔天数主要受北涡影响，二者相关系数为 0.33，通过 0.05 的显著性水平检验。

具体到出苗—开花期大豆 3 个生长阶段出苗—三真叶、三真叶—分枝以及分枝—开花期冷涡活动 and 对应间隔天数、平均气温以及降水的相关关系，可知冷涡活动对大豆出苗—开花期各阶段影响的详细特征(表 3)。

降水和气温对 3 个阶段间隔天数影响以降水影响最为显著，3 个站 3 个阶段降水与间隔天数基本呈显著正相关，降水越多，间隔天数越长；气温则以负相关为主，温度越低，间隔时间越长。

这 3 个生长阶段冷涡活动与气温以负相关为主，与降水呈正相关。中涡活动对平均气温的影响呈现较为一致的负相关(除榆树分枝—开花期)，均通过显著性检验，冷涡对降水的影响亦为一致正相关，

但也存在个别差异。

冷涡活动对 3 个阶段的影响与对出苗—开花期的影响关系总体一致，冷涡活动与间隔天数均为正相关，在出苗—三真叶期，仅中涡活动对榆树间隔天数呈显著正相关，分枝—开花期冷涡活动对其间隔天数呈显著的正相关。

总体而言，在大豆出苗—开花期，冷涡活动对其间隔天数影响反映到具体的 3 个成长阶段总体呈现趋势一致。

4.3 开花—成熟期

开花—成熟期基本发生在 7 月中下旬及以后，东北地区逐渐由受中高纬环流系统影响转为受东亚夏季风影响，东北冷涡活动逐渐减弱或对东北天气气候影响逐渐减小。由 3 个站点历年大豆开花—成熟期间隔日数、平均气温及降水量与冷涡活动天数的相关关系(表 4)可知，在大豆开花—成熟期，从气温和降水对间隔时间影响上看，气温影响为负相关，降水影响仍然为显著正相关。但此阶段降水已不是由冷涡活动主导，冷涡活动与这一期间间隔天数、平均气温和降水的关系显著性明显减弱，冷涡活动对降水和气温的影响显著性均不高，除北涡对榆树和桦甸降水呈显著正相关外，其他关系均不显著。因此，冷涡活动对间隔天数的影响也呈现较弱的相关性特点，仅中涡对延吉这一时期间隔天数的影响呈显著正相关。

由开花—成熟期内的开花—结荚、结荚—鼓粒以及鼓粒—成熟期冷涡活动和相应间隔天数、平均气温以及降水的相关关系(表 5)可知，冷涡活动对这一时期的影响特征更加清晰，仅在开花—结荚期降水对间隔天数呈显著正相关，北涡活动有利于降水

表3 1981—2018年大豆出苗—开花期不同阶段间隔日数、气象要素值和东北冷涡天数的相关系数

	出苗—三真叶			三真叶—分枝			分枝—开花		
	榆树	桦甸	延吉	榆树	桦甸	延吉	榆树	桦甸	延吉
平均气温与间隔天数	-0.34**	-0.2	0.2	-0.23	-0.07	-0.08	0.1	0.03	-0.07
降水量与间隔天数	0.5***	0.41***	0.16	0.59***	0.39**	0.49***	0.58***	0.57***	0.49***
北涡天数与平均气温	0.04	-0.12	-0.41***	-0.14	0.12	0.07	0.10	0.26	0.12
中涡天数与平均气温	-0.29*	-0.62***	-0.56***	-0.33**	-0.37*	-0.41***	0.03	-0.32**	-0.52***
北涡天数与降水量	0.51***	0.03	0.50***	0.42***	0.26	0.47***	0.59***	0.47***	0.17
中涡天数与降水量	0.16	0.23	0.70***	0.31	0.15	0.49***	0.31*	0.31*	0.28*
北涡天数与间隔天数	0.26	0.18	0.09	0.49***	0.28*	0.17	0.65***	0.65***	-0.17
中涡天数与间隔天数	0.55***	0.31	-0.03	0.39**	0.17	0.29*	0.52***	0.39**	0.44***

注：*、** 和 *** 分别表示通过 0.1、0.05 和 0.01 的显著性水平检验。

表4 1981—2018年大豆开花—成熟期间隔日数、气象要素值和东北冷涡天数的相关系数

	榆树	桦甸	延吉
平均气温与间隔天数	-0.06	-0.22	-0.06
降水量与间隔天数	0.66***	0.46***	0.22
北涡天数与平均气温	0.02	-0.10	0.14
中涡天数与平均气温	-0.20	-0.11	-0.01
北涡天数与降水量	0.27*	0.34**	-0.06
中涡天数与降水量	0.13	0.20	0.08
北涡天数与间隔天数	0.16	0.01	0.15
中涡天数与间隔天数	0	0.12	0.39**

注: *、** 和 *** 分别表示通过 0.1、0.05 和 0.01 的显著性水平检验。

量的增加,进而使得此阶段间隔天数增长。在结荚—鼓粒、鼓粒—成熟期,冷涡活动与相应大豆指标除在鼓粒—成熟期中涡对榆树和桦甸降水呈显著正相关外均无显著相关。这验证了从初夏到盛夏阶段冷涡活动对东北气温和降水影响的变化情况。

冷涡活动主要对吉林省大豆播种—出苗期和出苗—开花期的间隔天数、平均气温和降水量影响较大。冷涡活动使气温降低、降水偏大,进而间隔时间偏长。播种—开花期主要集中在5月上旬—7月中旬,此阶段东北冷涡活动最为活跃,表明东北冷涡作为影响东北地区的关键环流系统,其异常活动对东北天气气候有着十分重要的影响。

5 结论与讨论

以吉林省大豆生长发育期为研究对象,研究气

温和降水对生育期不同阶段的差异性影响。通过分析东北冷涡活动,给出冷涡活动对气温和降水的不同影响,最终得出冷涡活动对吉林省大豆不同生长阶段的影响。

(1)东北冷涡是一个持续时间较长且较为频繁的天气系统,平均寿命可达5 d。在夏季(5—9月)冷涡活动占到三分之一以上,主要出现在115°~130°E、40°~55°N。冷涡活动在6月最多、8月最少;5—8月冷涡活动呈增多趋势。

(2)冷涡活动位置不同对大气环流的影响亦不同,中涡对东北地区环流影响最为显著。中涡活动有利于其北部鄂霍次克海地区高度场增强,中高纬度环流经向型明显,有利于北方冷空气向南输送;东北大部为高度场负距平区,有利于北太平洋气流向东北地区输送。

(3)冷涡活动主要对吉林省大豆播种—出苗期和出苗—开花期的间隔天数、平均气温和降水量有较大影响。冷涡活动时间越长使得平均气温越低、降水量越大,进而延长大豆不同生育期间隔时间。对于播种—出苗期,榆树站平均气温主要受北涡影响,延吉站平均气温主要受中涡影响,榆树和延吉站降水主要受中涡影响。对于出苗—开花期,延吉站平均气温受中涡和北涡共同影响,榆树和延吉站降水主要受北涡影响,榆树和桦甸间隔天数主要受北涡影响。

农业是对气候变化响应最敏感的行业之一^[25],吉林省大豆播种—开花期主要集中在5月上旬—7月中旬,是东北冷涡最为活跃和对东北气候影响最大的时期,冷涡活动异常导致东北天气气候异常,进一步影响大豆的生育期。一般情况下冷涡降水对大豆生长发育比较有利,但低温易造成大豆生育期延迟。

表5 1981—2018年大豆开花—成熟期不同阶段间隔日数、气象要素值和东北冷涡天数间的相关系数

	开花—结荚			结荚—鼓粒			鼓粒—成熟		
	榆树	桦甸	延吉	榆树	桦甸	延吉	榆树	桦甸	延吉
平均气温与间隔天数	-0.23	0.19	-0.17	-0.1	-0.12	0.19	0.2	-0.07	-0.27
降水量与间隔天数	0.70***	0.53***	0.36**	0.45***	0.48***	0.25	0.2	0.36**	-0.13
北涡天数与平均气温	-0.18	0.01	-0.08	-0.23	0.10	-0.24	-0.08	-0.02	0.14
中涡天数与平均气温	-0.48***	-0.41***	0.39**	-0.03	-0.17	0.10	-0.04	-0.09	0.29*
北涡天数与降水量	0.19	0.40**	0.32**	0.05	0.18	0.10	0.13	0.25	-0.12
中涡天数与降水量	0.39**	0.14	0.01	0.06	0.09	0.25	0.43***	0.50***	0.17
北涡天数与间隔天数	0.25	0.22	0.01	-0.17	0.10	0.24	0.07	0.13	-0.15
中涡天数与间隔天数	0.38**	0.20	0.29*	0.05	0.14	0.01	-0.03	0.12	-0.28*

注: *、** 和 *** 分别表示通过 0.1、0.05 和 0.01 的显著性水平检验。

东部延吉等地既受北涡影响又受中涡影响,在低温年份,可造成出苗—开花期延长,因此要积极采取栽培措施,在允许播种的温度条件下适时早播,避免因生育期延长造成减产;北部榆树等区域地理位置偏北,受北涡影响较多,气候冷凉,可适当选择早熟抗寒品种,做好种子的精选和播种前的晾晒工作,控制最佳播种深度,做好田间管理,避免因冷涡天气造成贪青晚熟乃至减产。东北气候异常除受到东北冷涡影响外,还受到东北气旋、内蒙古气旋等多种天气系统的综合影响,本文仅初步分析冷涡异常活动对吉林省大豆生育期气候和间隔天数的影响;此外,不同农作物本身由于品种、熟制等因素的差异,对气候变化的响应均有不同,上述问题还有待进一步深入研究。

致谢: 感谢吉林省气象科学研究所袁福香研究员的悉心指导!

参考文献:

- [1] 孙力,郑秀雅,王琪.东北冷涡的时空分布特征及其与东亚大型环流系统之间的关系[J].应用气象学报,1994,5(3):297-303.
- [2] 孙力.东北冷涡持续活动的分析研究[J].大气科学,1997,21(3):297-307.
- [3] 孙力.一次东北冷涡发展过程中的能量学研究[J].气象学报,1998,56(3):349-361.
- [4] 陶诗言.中国之暴雨[M].北京:科学出版社,1980:225.
- [5] GAO J,GAO H.Influence of the northeast cold vortex on flooding in northeast china in summer 2013[J].Journal of Meteorological Research,2018,32(2):172-180.
- [6] FANG Y H,CHEN K Q,CHEN H S,et al.The remote responses of early summer cold vortex precipitation in northeastern China to the precedent sea surface temperatures[J].Atmospheric Research,2018,214(DEC):399-409.
- [7] GONG Z Q,FENG T C,FANG Y H,et al.Objective identification research on cold vortex and mid-summer rainy periods in Northeast China[J].Chinese Physical B,2015,24(4):049204.
- [8] 李爽,丁治英,戴萍,等.东北冷涡的最新研究进展[J].干旱气象,2016,34(1):13-19.
- [9] 孙力,安刚.1998年松嫩流域东北冷涡大暴雨过程的诊断分析[J].大气科学,2001,25(3):342-354.
- [10] 沈柏竹,刘实,廉毅,等.2009年中国东北夏季低温及其与前期海气系统变化的联系[J].气象学报,2011,69(2):320-333.
- [11] 何金海,吴志伟,江志红,等.东北冷涡的“气候效应”及其对梅雨的影响[J].科学通报,2006,51(23):2803-2809.
- [12] 刘刚,王宁,秦玉琳,等.5—6月东北冷涡持续活动及强度特征[J].应用气象学报,2016,27(1):47-55.
- [13] 刘刚,封国林,秦玉琳,等.初夏东北地区冷涡降水“累积效应”[J].大气科学,2017,41(1):202-212.
- [14] 胡开喜,陆日宇,王东海.东北冷涡及其气候影响[J].大气科学,2011,35(1):179-191.
- [15] 徐敏,吴洪颜,张佩,等.基于气候适宜度的江苏水稻气候年景预测方法[J].气象,2018,44(9):1200-1207.
- [16] 朱生翠,周秉荣,魏永林,等.气候变化对青海湖北岸天然牧草生长发育的影响[J].干旱气象,2020,38(5):804-809.
- [17] 赵秀兰,姜艳.东北地区2013年低温春涝气候特征及对春耕春播影响分析[J].东北农业大学学报,2018,49(3):1-8.
- [18] 慕臣英,梁红,纪瑞鹏,等.沈阳春玉米不同生育阶段需水量及缺水变化特征[J].干旱气象,2019,37(1):127-133.
- [19] 邱美娟,王冬妮,王美玉,等.近35年吉林省玉米气候适宜度及其变化[J].东北农业科学,2019,44(1):70-78.
- [20] 朱海霞,姜丽霞,曲辉辉,等.黑龙江省水稻生育阶段极端降水事件时空特征[J].气象,2019,45(4):522-532.
- [21] 穆佳,赵俊芳,郭建平.近30年东北春玉米发育期对气候变化的响应[J].应用气象学报,2014,25(6):680-689.
- [22] 姜丽霞,赵慧颖,曲辉辉,等.黑龙江省玉米干旱与低温冷害复合逆境对产量的影响[J].气象,2021,47(1):94-105.
- [23] KALNAY E,KANAMITSU M,KISTLER R,et al.NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J].Bulletin of the American Meteorological Society,1996,77(3):437-471.
- [24] QX/T 361-2016,农业气象观测规范[S].北京:中国气象局,2016.
- [25] 矫梅燕,周广胜,陈振林,等.气候变化对中国农业影响评估报告[M].北京:社会科学文献出版社,2014:25-76.

Climate Characteristics of Northeast Cold Vortex in Summer and the Effects on Growth Period of Soybean in Jilin Province

CAO Ling¹, XU Shiqi^{2,3,4}, YANG Xueyan^{2,3}, LIU Baixin^{2,3}, FANG Yihe^{4,5},
WANG Hang⁶, GU Jiatong⁷

(1.Meteorological Service Center of Jilin Province, Changchun 130062, China;

2.Climate Center of Jilin Province, Changchun 130062, China;

3.Jilin Provincial Key Laboratory of Changbai Mountain Meteorology & Climate Change,
Changchun 130062, China;

4.Key Open Laboratory of Northeast Cold Vortex Research, Shenyang 110016, China;

5.Regional Climate Center of Shenyang, Shenyang 110016, China;

6.Jilin Meteorological Bureau, Changchun 130062, China;

7.College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract Based on the NCEP/NCAR reanalysis data, the monthly average temperature and precipitation data of the 160 stations of the National Climate Center, and the soybean growth period data of Jilin province, this paper started from the northeast cold vortex (NECV), which had an important impact on the weather and climate of crops during the growing season, and statistics on the climatological characteristics of the NECV activity in summer (May–September) from 1981 to 2018. The climatological characteristics of soybean fertility in Jilin Province in recent years and its response to different types of NECV (central-type and northern-type) were initially analyzed. Results showed that the NECV was a long-lasting and relatively frequent system with an average lifetime of about 5 days. More than one-third of the NECV in summer was concentrated in the region of 115°–130°E and 40°–55°N; the NECV was the most frequent in June and the least in August. The central-type NECV had the most significant influence on the circulation in the northeast China, which was conducive to the enhancement of the potential height in the Okhotsk Sea, the obvious meridional characteristics of the mid-high latitude circulation, and the transport of cold air from north to south; the northeast China was dominated by a negative geopotential height anomaly, which was conducive to the transport of airflow from the North Pacific to northeast China. When NECV days were active, the temperature during the sowing–flowering period of soybean in Jilin Province was lower, precipitation was more, and the days between fertility periods increased. In terms of mean temperature, during the sowing–flowering period, Yushu was mainly affected by the northern-type NECV, while Yanji was mainly affected by the central-type NECV; during the sowing–flowering period, Yanji was affected by both the northern-type and central-type NECV; the days between sowing and flowering were mainly affected by the northern-type NECV in Yushu and Huadian. In addition, the precipitation in Yushu and Yanji was mainly influenced by the central-type NECV during the seeding–sowing period and by the northern-type NECV during the seeding–flowering period.

Key words northeast cold vortex (NECV); climate characteristics; soybean; growth period; Jilin province