

# 石河子垦区冬小麦生育期干旱变化特征

王芳芳<sup>1</sup>, 魏勇<sup>2</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区气象学会, 乌鲁木齐 830002; 2. 石河子气象局, 新疆 石河子 832000)

**摘要:**基于石河子垦区 4 个气象站的逐日数据,运用相对湿润指数探究了过去 52 a 冬小麦作物生育期干旱变化特征,主要结论如下:(1) 过去 52 a,石河子垦区冬小麦生育期干旱频发,干旱频次达 200 d 以上。干旱频次总体呈减少趋势,旱情总体有所减轻,其中石河子和乌兰乌苏干旱频次减少趋势最明显,减势分别为  $-5.91$  d/10 a 和  $-2.72$  d/10 a。(2) 冬小麦不同生育期内干旱频次有所差异,在生育期初期和后期干旱发生较少,在越冬一返青期干旱发生较多;在冬小麦的整个生育期和各生育期,特旱发生频次最高。(3) 降水的增加、风速和日照时数的减少对石河子垦区干旱有一定的缓解作用。

**关键词:**石河子垦区; 生育期; 冬小麦; 干旱变化

中图分类号:S423

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)06-0238-04

## Variability of Drought During Winter Wheat Growth in Shihezi Reclamation Area

WANG Fangfang<sup>1</sup>, WEI Yong<sup>2</sup>

(1. Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China; 2. Shihezi Meteorological Bureau, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

**Abstract:**Based on daily meteorological data from four stations and relative humid index, the temporal variation of drought frequency was analyzed in winter wheat growth during the period from 1961 to 2012. The results showed that drought happened frequently and presented decreasing trend in winter wheat growth in the past 52 years, which suggested that severity of drought had been alleviated in some extent, among which drought decreased significantly in Shihezi and Wulanwusu with the rate of  $-5.91$  days/decade and  $-2.72$  days/decade. Drought frequency presented different days at different growth stage of winter wheat, and more serious drought occurred during the early and later stage of winter wheat growth, but less drought frequency was observed at medium stage. The increasing trend of precipitation and the decreasing trend of wind speed and sunshine duration contributed most to the alleviating trend of drought.

**Keywords:**Shihezi reclamation area; growth duration; winter wheat; drought variation

气候变化导致全球干旱洪灾频发,水资源短缺和分布不平衡加剧,对农业、生态环境等有很大的影响<sup>[1]</sup>。其中在各类自然灾害造成的总损失中,气象灾害引起的损失约占 85%,而干旱又占气象灾害损失的 50%左右<sup>[2]</sup>。因此,干旱研究引起国内外的广泛关注。干旱是中国影响区域最广、发生最频繁、造成作物产量损失最大的气象灾害之一<sup>[3]</sup>。据统计,在 1950—2001 年期间,中国平均每年的旱灾面积高达气象灾害受灾总面积的 56.2%<sup>[4]</sup>。新疆作为干旱典型的干旱半干旱区,前人利用 SPI 指数<sup>[5]</sup>、K 指数<sup>[6]</sup>、综合气象干旱指数<sup>[7]</sup>等气象干旱指标开展了一些研究,得出很多极为有价值的结论,对于西北地区气

候变化的影响提供了丰富的理论参考。

小麦是中国主要的粮食作物,占粮食产量的 20%~25%,在中国农业粮食安全中占有相当重要的地位。旱灾是中国麦区主要的气象灾害,也是一直困扰冬小麦生产的重要问题<sup>[8]</sup>。小麦是石河子垦区的主要粮食作物之一。但是,由于降水稀少、蒸发旺盛,小麦种植期间,干旱频发,严重影响小麦生产。因此,灌溉在石河子垦区占有极为重要的作用。作为气候变化比较敏感的西北地区,尤其是石河子垦区,干旱演变关乎农业灌溉需求和粮食安全生产,探究气候变化下石河子垦区冬小麦生育期的干旱演变特征对垦区农业发展有重要意义。因此,本文基于垦区近 50 a

的气象资料,探讨垦区冬小麦不同生育期干旱的变化特征及其与气象因子的关系,从而为气候变化下区域干旱演变和冬小麦灌溉排水决策提供理论基础。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 研究区概况

石河子垦区地处天山北麓中段古尔班通古特沙漠南缘,属典型的温带大陆性气候,夏季短暂而炎热,冬季漫长而寒冷,年平均气温 $7.5\sim 8.2^{\circ}\text{C}$ ,日照时数 $2\,318\sim 2\,732\text{ h}$ ,无霜期 $147\sim 191\text{ d}$ ,年降水量 $110\sim 200\text{ mm}$ 。石河子垦区水资源主要来自玛纳斯河,多年径流量为 $12.74\text{ 亿 m}^3$ ,径流季节性变化大<sup>[9]</sup>。由于具有丰富的光热气候资源和较为稳定的地表水资源和广袤的土地,加之生产管理水平和较高的农业机械化水平,使得石河子垦区成为新疆天山北坡经济带中重要的粮食、棉花和特色水果生产基地<sup>[10]</sup>。

### 1.2 数据来源

本文所用资料是由国家气象信息中心提供的1954—2012年石河子、乌兰乌苏、莫索湾和炮台的逐日气温、降水、日照时数、风速、相对湿度等资料。由于站点资料的时间长度不一致,为确保资料的可靠性和一致性,选取1961—2012年的气象观测资料进行研究。

### 1.3 研究方法

气候的干湿状况主要是由气温和降水共同作用的结果。因此,本文采用相对湿润指数来研究石河子垦区的干湿变化特征。相对湿润指数值越小,表示气候越干旱,反之气候则越湿润<sup>[11]</sup>,其表达式为:

$$M = (P - PE) / PE \quad (1)$$

式中: $M$ 为相对湿润指数; $P$ 为月降水量(mm); $PE$ 为潜在蒸散量(mm),采用FAO56推荐的Penman-Monteith公式<sup>[12-14]</sup>计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 全生育期干旱频次变化特征

图1为石河子垦区过去52 a全生育期冬小麦全生育期干旱频次变化曲线。可以看出,研究时段内,四站点年均干旱频次大致相当(表1),但干旱频次都呈减少趋势。其中,石河子减少趋势最明显(图1a),气候倾向率为 $-5.91\text{ d}/10\text{ a}$ ;其次是乌兰乌苏(图1b),莫索湾(图1c)和炮台(图1d)的干旱频次略有减少趋势。石河子干旱频次减少趋势在1961—1986年减势较强,在1986—2012年大致趋于平稳。乌兰乌苏干旱频次年际

波动较大,在1962年达到最大值(257 d),在1987年达到最小值(201 d)。莫索湾干旱频次在1960s呈增加趋势,在1970—1980s呈较少趋势,随后又呈增减趋势,最小值仅为176 d(1987)。炮台干旱频次年际波动最大,总体变化趋势不明显。因此,在冬小麦全生育期,石河子垦区干旱频次总体呈减少趋势,旱情总体有所减轻。

### 2.2 不同生育期干旱变化特征

由于石河子降水具有年内不均匀性,干旱在生育期的各个阶段发生频次也有所不同。表1可以看出,在冬小麦生育期内,自播种—分蘖期—越冬—返青期,冬小麦干旱频次逐渐增加,在越冬—返青期干旱频次达到最大,随后在返青—拔节期迅速减少,随后在拔节—抽穗期略有增加,在抽穗—成熟期达到生育期最小频次。变化趋势上,各站点以及同一站点冬小麦不同生育期干旱频次变化趋势有所差异。石河子市和乌兰乌苏在播种—分蘖期、分蘖—越冬期、返青—拔节期和拔节—抽穗期以减势为主,在抽穗—成熟期和越冬—返青期以增势为主,且在越冬—返青期增势最强;莫索湾干旱频次仅仅在越冬—返青期略有减势,其他生长期都呈增加趋势;炮台干旱频次总体以微弱减势为主。

为进一步分析冬小麦生育期干旱分布特征,对四站点冬小麦不同生育期不同干旱等级进行了探究。图2可以看出,在冬小麦生育期内,特旱发生频次最高,且贯穿冬小麦整个生育期。轻旱、中旱和中早较为少发,仅在乌兰乌苏和炮台冬小麦的越冬—返青期相对多发。因此,石河子小麦生育期干旱较为严重,干旱频发且致灾严重的特旱较为频发。

### 2.3 冬小麦生育期气候变化趋势

干旱演变与气候因子的变化密切相关,本文分别探究了石河子冬小麦生育期主要气象因子的变化特征。表2可以看出,在全生育期,平均相对湿度、日照时数和平均风速呈明显的减少趋势,其他要素呈明显的增加趋势。而在各个生育期,仅有部分生育期的气象因子变化达到显著水平。其中,降水的增势最强( $1.63\text{ mm}/10\text{ a}$ ),降水的增加对缓解石河子冬小麦生育期干旱有一定的作用。但是,气温也呈增加趋势,气温的增加会引起潜在蒸散的增加,加剧区域干旱;然而,石河子风速呈减少趋势,风速和日照时数的减少可以有效的削弱气温增加而引起的蒸散的增加,有利于区域的暖湿化<sup>[12]</sup>。这表明,气候变化下,石河子冬小麦生育期严重的水分匮乏程度伴随着降水的增加在逐渐缓解,但是水分匮乏目前仍然很严重。

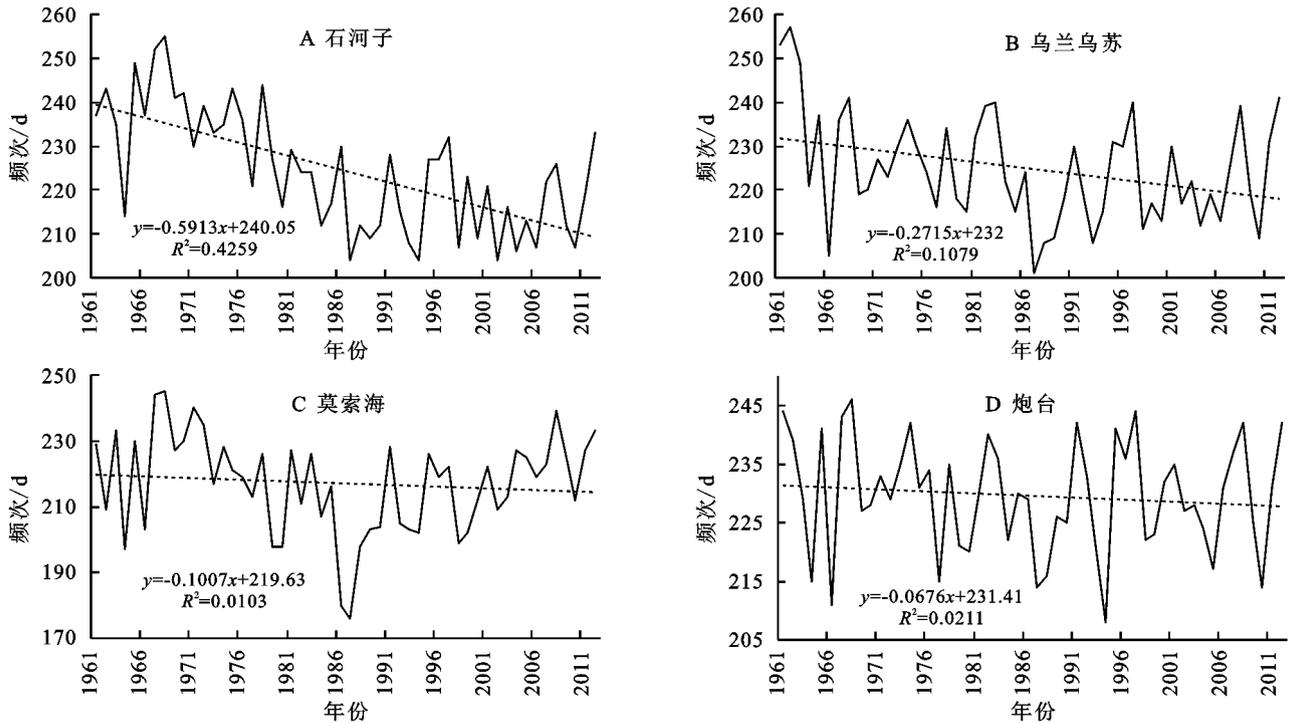


图 1 石河子垦区 1961—2012 年冬小麦全生育期干旱频次变化特征

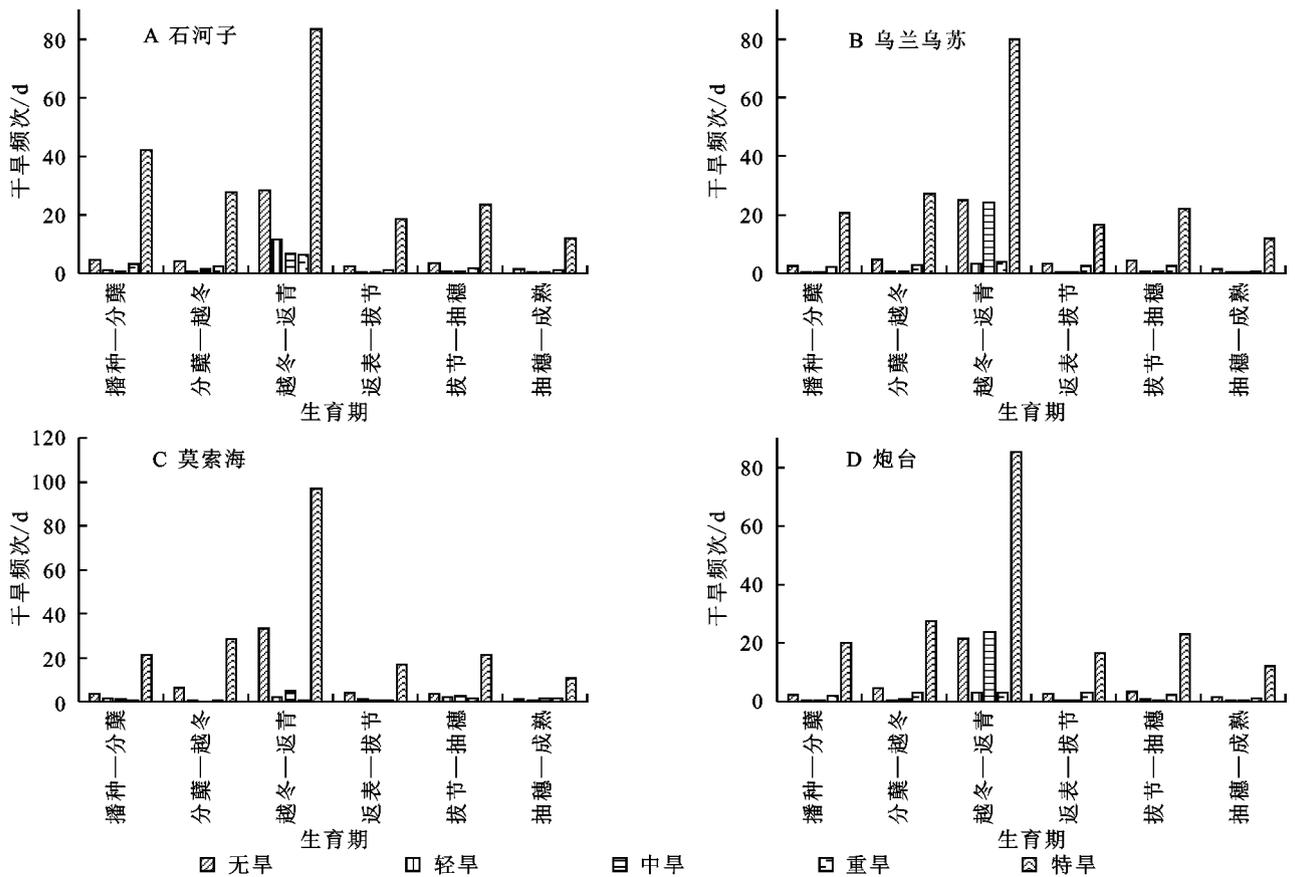


图 2 石河子垦区近 50 a 冬小麦生育阶段不同程度干旱频次

### 3 讨论

本文基于相对湿润指数探究了过去 52 a 石河子冬小麦生育期干旱变化特征。在冬小麦生育期, 干旱

频次总体呈减少趋势, 这表明石河子垦区旱情在有所缓解, 气候区域暖湿化。这与凌红波<sup>[15]</sup>、范丽红<sup>[16]</sup>、施雅风<sup>[17-18]</sup>等的研究结果是一致的。区域的湿润化在一定程度上对农牧的发展和人居环境的改善有

推动作用,尤其是作物生育期的暖湿化对较为干旱的石河子垦区大有裨益。但是,石河子干旱较为严重,干旱仍然频发,暖湿化趋势在短时间尺度内不能有效缓解区域的旱情。本研究表明石河子垦区特旱频发,这是由于本文基于气象干旱角度探究的,石河子垦区降水稀少,多年年降雨量为180~270 mm,而年蒸发量可达1 000~1 500 mm,水分匮乏极为严重。但石河子垦

区灌溉发达,区域的灌溉对缓解干旱有极大的促进作用。石河子区域水源全部来自天山积雪融化与雨水汇聚而成的地表与地下径流,在区域的暖湿化增强下,天山冰雪融水也会增加<sup>[19]</sup>,从而可能增加区域的地表和地下径流,改善区域水资源状况。因此,探究气候变化下垦区的干湿状况对石河子垦区农业的发展和区域生态环境的建设有重要作用。

表1 冬小麦不同生育阶段干旱频次变化特征

站点	全生育期		播种—分蘖		分蘖—越冬		越冬—返青		返青—拔节		拔节—抽穗		抽穗—成熟	
	均值	变化率	均值	变化率	均值	变化率	均值	变化率	均值	变化率	均值	变化率	均值	变化率
石河子市	224.38	-5.91	23.75	-0.15	27.50	-0.90	107.94	4.16	20.46	-0.26	26.63	-0.46	13.67	0.01
乌兰乌苏	224.81	-2.72	23.58	-0.02	31.19	-0.23	111.15	2.30	19.69	0.00	25.75	0.17	13.44	0.00
莫索湾	216.96	-1.01	23.87	0.05	29.88	0.10	103.87	-0.98	18.92	0.13	25.60	0.03	13.83	0.03
炮台	229.62	-0.68	22.87	-0.28	31.65	0.07	114.64	-0.37	20.25	-0.06	26.56	-0.16	13.65	0.12

表2 1961—2012年石河子垦区冬小麦不同生育期气候要素变化特征

参数	全生育期	播种—分蘖	分蘖—越冬	越冬—返青	返青—拔节	拔节—抽穗	抽穗—成熟
平均相对湿度(%/10 a)	-0.77*	0.11	-0.78	-0.98	-0.98	-0.64	-1.02
日照时数(h/10 a)	-0.14**	-0.02	-0.16*	-0.37**	0.19	-0.02	-0.24*
平均水汽压(hPa/10 a)	0.77*	-0.13*	1.32	0.48	0.77	0.75	-0.73
平均风速(m·s <sup>-1</sup> /10 a)	-0.11**	0.51**	-0.10**	-0.09**	-0.14**	-0.12**	-0.07
平均气温(°C/10 a)	0.45**	1.05**	0.53**	0.45	0.49*	0.37	0.36*
日最高气温(°C/10 a)	0.20**	0.23	0.08	0.08	0.53	0.18	0.32
日最低气温(°C/10 a)	0.47**	0.49*	0.56**	0.41**	0.68*	0.34	0.31
年降水量(mm/10 a)	7.56**	0.61	2.77**	4.84**	4.37*	0.55	-0.17

\*为通过0.05水平显著检验,\*\*为通过0.01水平显著检验。

石河子垦区冬小麦越冬—返青期干旱最为频发,切干旱频次有增加的趋势,这表明冬旱和春旱在增强。春季是冬小麦返青关键时期,由于受大气环流影响,多以大风天气较多、气温回升,易发春旱。另外,在这种天气里,土壤的蒸发量加大,农田、河流及水库流失的水分无法及时补给,就形成了干旱气候。另外,春季气温回升也加大了土壤蒸发,加重了农田缺水状况。因此,加强春季干旱的应对即为重要<sup>[20]</sup>。

本文仅仅基于气象干旱角度探究了石河子垦区冬小麦生育期干旱演变特征,未充分考虑下垫面要素,如冰雪融水的补给、径流变化等,且区域水热资源对全球变化的响应是一个复杂的耦合系统,结合气象学、水文学和作物水分匮乏开展作物生育期干旱的演变特征有待进一步研究。

## 4 结论

过去52 a,石河子垦区干旱频发,在冬小麦整个生育期,干旱频次达200 d以上,其中石河子市、乌兰乌苏、莫索湾和炮台分别为224.38 d,224.81 d,216.96 d和229.62 d。干旱频次总体呈减少趋势,旱情总体有所减轻,其中石河子和乌兰乌苏干旱频次减少趋势最

明显,减势分别为-5.91和-2.72。冬小麦不同生育期内干旱频次有所差异,在生育期初期和后期干旱发生较少,在越冬—返青期干旱发生较多。在冬小麦的整个生育期和各生育期,特旱发生频次最高。因此,石河子冬小麦生育期旱情有缓解的趋势,但目前旱情依然很严重,仍需继续采取应对措施。

### 参考文献:

- [1] Overpeck J T. Climate science: The challenge of hot drought [J]. *Nature*, 2013, 503(7476): 350-351.
- [2] Obasi G O P. WMO's role in the international decade for natural disaster reduction [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1994, 75(9): 1655-1661.
- [3] Piao S, Ciais P, Huang Y, et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China [J]. *Nature*, 2010, 467(7311): 43-51.
- [4] 王春乙. 重大农业气象灾害研究进展 [M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [5] 赵勇, 杨青, 马玉芬. 新疆北部地区春夏季干旱的区域性和持续性特征 [J]. *干旱区研究*, 2013, 29(3): 472-478.
- [6] 潘冬梅, 潘雪梅. 基于K指数的阿勒泰地区夏季气象干旱特征 [J]. *干旱区研究*, 2013, 30(2): 336-340.

## 参考文献:

- [1] 朱金兆,刘建军,朱清科,等.森林凋落物层水文生态功能研究[J].北京林业大学学报,2002(6):30-34.
- [2] 薛立,何跃君,屈明,等.华南典型人工林凋落物的持水特性[J].植物生态学报,2005,29(3):415-421.
- [3] 魏强,凌雷,张广忠,等.甘肃兴隆山主要森林类型凋落物累积量及持水特性[J].应用生态学报,2011,22(10):2589-2598.
- [4] 侯平,潘存德.森林生态系统中的粗死木质残体及其功能[J].应用生态学报,2001,12(2):309-314.
- [5] Sato Y, Kumagai T, Kume A, et al. Experimental analysis of moisture dynamics of litter layers: the effects of rainfall conditions and leaf shapes[J]. Hydrological Processes, 2004,18(16):3007-3018.
- [6] 朱继鹏,王芳,高甲荣.吉县蔡家川流域不同森林植被的林地水源涵养功能[J].水土保持研究,2006,13(1):111-113.
- [7] 王飞,郭星,陈国鹏,等.甘肃白龙江亚高山杜鹃粗木质残体腐烂程度与持水性能研究[J].西藏大学学报,2015,30(2):44-49.
- [8] 王阳临.白龙江林区垂直带划分[C]//白龙江洮河林区综合考察论文集.上海:科学技术出版社,1991,11(7):33-35.
- [9] 程金花,张洪江,余新晓,等.贡嘎山冷杉纯林地被物及土壤持水特性[J].北京林业大学学报,2002,24(3):45-49.
- [10] 顾宇书,邢兆凯,韩友志,等.浑河上游4种典型林分类型枯落物持水特征[J].南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(1):31-36.
- [11] 沈盈佳,曾建军.保山北庙水库集水区5种森林类型枯落物持水特性研究[J].长江科学院院报,2015,32(1):43-48.
- [12] 彭少麟,刘强.森林凋落物动态及其对全球变暖的响应[J].生态学报,2002,22(9):1534-1544.
- [13] 吴毅,刘文耀,沈有信,等.滇石林地质公园喀斯特山地天然林和人工林凋落物与死地被物的动态特征[J].山地学报,2007,25(3):317-325.
- [14] Pausas J G. Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees[J]. Journal of Vegetation Science, 1997:643-650.
- [15] 刘洋,张健,杨万勤,等.川西高山树线群落交错带地被物及土壤的水文效应[J].林业科学,2011,47(3):1-6.
- [16] 时忠杰,王彦辉,徐丽宏,等.六盘山主要森林类型枯落物的水文功能[J].北京林业大学学报,2009(1):91-99.
- [17] 高俊琴,欧阳华,吕宪国,等.三江平原小叶章湿地枯落物分解及其影响因子研究[J].水土保持学报,2004,18(4):121-124.
- [18] 尹光彩,周国逸,刘景时,等.鼎湖山针阔叶混交林生态系统水文效应研究[J].热带亚热带植物学报,2004,12(3):195-201.
- [7] Wu Y, Bake B, Zhang J, et al. Spatio-temporal patterns of drought in North Xinjiang, China, 1961—2012 based on meteorological drought index[J]. Journal of Arid Land, 2015,7(4):527-543.
- [8] 中国农业年鉴编辑委员会.中国农业年鉴[M].北京:中国农业出版社,2008:179-180.
- [9] 吴燕锋,巴特尔·巴克,加依娜古丽·窝扎提汗,等.石河子地区近50a霜期的变化特征[J].干旱区资源与环境,2014,9(9):173-178.
- [10] 熊黑钢,张雅.新疆石河子市土地利用数量变化研究[J].水土保持研究,2007,14(6):416-420.
- [11] 赵一飞,张勃,张多勇,等.甘肃河东地区地表湿润特征及其气候影响因子[J].地理科学进展,2013,32(1):95-104.
- [12] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements—FAO Irrigation and drainage paper56[M]. FAO, Rome, 1998.
- [13] 吴燕锋,巴克巴特尔,李维,等.阿勒泰地区参考作物蒸散量时空变化特征[J].水土保持研究,2015,22(5):260-265.
- [14] 周瑾龙,虎胆·吐马尔白,董新光,等.新疆平原区大气降水、灌溉水、土壤水与地下水转化关系研究[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2002:39.
- [15] 凌红波,徐海量,史薇.新疆石河子地区降水量变化特征分析[J].干旱区资源与环境,2010,2(2):96-101.
- [16] 范丽红,何清,崔彦军,等.近40a石河子地区气候暖湿化特征分析[J].干旱气象,2006,24(1):14-17,27.
- [17] 施雅风,沈永平,胡汝骥.西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J].冰川冻土,2002,24(3):219-226.
- [18] 施雅风,沈永平,李栋梁,等.中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J].第四纪研究,2003,23(2):152-163.
- [19] 张国威,吴素芬,王志杰.西北气候环境转型信号在新疆河川径流变化中的反映[J].冰川冻土,2003,25(2):183-187.
- [20] 赖先齐,张风华,李鲁华,等.新疆石河子地区沙漠增温效应对绿洲农业影响的研究[J].干旱区资源与环境,2003,17(6):119-123.

(上接第241页)