

胡春丽, 李 辑, 王婉昭, 等. 辽宁省春播期降水的时空特征及其对土壤水分的影响[J]. 灾害学, 2018, 33(1): 53–58, 70.
[HU Chunli, LI Ji, WANG Wanzhao, et al. The Characteristics of Spring Sowing Precipitation and Its Effects on Soil Moisture in Liaoning Province [J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(1): 53–58, 70. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2018.01.011.]

辽宁省春播期降水的时空特征及其对土壤水分的影响^{*}

胡春丽, 李 辑, 王婉昭, 王 婷, 陈鹏狮, 李雨鸿, 李琳琳, 周 斌

(辽宁省气象科学研究所, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要: 利用辽宁省53个气象站1961–2015年日降水量资料和19个农业气象观测站1981–2015年0~20 cm土壤含水量资料, 应用EOF(经验正交函数)、小波分析、相关分析等统计方法对春播期降水时空分布特征及其对土壤水分的影响进行了分析。研究结果显示: ①辽宁省春播期降水场主要有三种模态, 即全局型、东西差异型和东北和西南差异型, 降水场是由三种模态决定的6种表现类型, 其中全省一致多、少雨年份共占58.1%。②辽宁春播降水呈现增多趋势, 4月和5月空间变化趋势变化略有不同, 且区域性变化明显; 近20年极端降水事件显著增多, 并存在2~3年、4年、4~5年振荡周期。③浅层土壤湿度与降水量相关系数通过95%显著性检验, 辽东地区土壤湿度对降水的敏感性大于辽西地区。

关键词: 春播期; 降水量; 经验正交函数; 时空分布; 土壤湿度; 辽宁

中图分类号: X43; P461; S161 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2018)01–0053–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2018.01.011

辽宁地处世界三大黑土带之一的中国东北平原的南部, 适宜种植玉米、大豆、高粱和水稻等温带农作物和其他经济作物, 是中国重要的粮食产区之一, 春季是辽宁地区粮食作物的种植期^[1], 春旱是本区灾害性天气之一, 辽宁省干旱以春旱为主, 尤其在辽西地区干旱频次约占全省干旱总数的70%以上。1970年代以后, 干旱发生的频率相对增加, 有的地区连年发生干旱, 朝阳地区1980年和1981年连续2年发生严重干旱。2006年初始, 辽西地区发生了严重的春旱, 耕地推迟了播种期, 且同年辽西地区发生伏旱, 春旱连着伏旱, 局部地区连着秋旱, 致使辽西部分地区粮食减产, 严重影响农业生产。由于这些地区热量和光照资源较好, 大部分年份水分不足成为限制农业生产的主要因素。因此有必要详细分析辽宁省4–5月(春播期)降水时空分布特征, 目前针对辽宁省春播期降水的时空分布特征研究较少^[2], 且只着重于对春播降水的变化规律研究, 将降水与农业息息相关的土壤水分相结合的研究工作更不多

见, 因此, 探索关键期降水变化规律及其对土壤水分的影响, 可以弥补已有研究的不足, 力求为合理利用水资源, 进而提高灌溉效率, 达到作物增产和提高品质的目的。

1 资料与方法

1.1 资料来源及研究区划分

选用1961–2015年辽宁4–5月53个气象站的降水量资料, 站点分布均匀, 具有代表性, 如图1所示。根据辽宁省自然区划、气候区划、农业区划成果以及行政区划的演变, 按照自然分区原则将辽宁分为5个气候区: 辽西地区(锦州、葫芦岛市、阜新市和朝阳市), 辽北地区(铁岭市、沈阳北部), 辽东地区(抚顺市、本溪市、丹东市和鞍山南部), 辽南地区(大连市、营口市)和辽宁中部(沈阳南部、盘锦市、鞍山北部和辽阳市)。

土壤相对湿度观测站点较少, 选用1981–2015年19个农业气象观测站4–5月0~20 cm层

^{*} 收稿日期: 2017–06–02 修回日期: 2017–07–31

基金项目: 国家自然科学基金项目(41605087); 辽宁省农业领域青年科技创新人才培养计划项目(2015030); 中国气象局2017年省级气象科研所科技创新发展项目(201708)

第一作者简介: 胡春丽(1980–), 女, 吉林德惠人, 硕士, 高级工程师, 主要从事气候变化、农业气象等研究。

E-mail: huchunli0829@163.com

通讯作者: 李辑(1963–), 男, 辽宁鞍山人, 正研级高级工程师, 主要从事气候预测及诊断分析研究. E-mail: cqliji@sina.com

表1 1961–2015 年辽宁省春播期(4–5 月)降水量统计特征

序号	站名	平均值 ± 标准差	序号	站名	平均值 ± 标准差	序号	站名	平均值 ± 标准差
1	阜新	63.7 ± 29.1	19	鞍山	98.0 ± 41.6	37	宽甸	133.1 ± 47.5
2	彰武	65.1 ± 33.2	20	海城	99.7 ± 45.7	38	东港	120.7 ± 52.5
3	朝阳	67.7 ± 29.9	21	岫岩	104.9 ± 43	39	凤城	120.2 ± 46.7
4	北票	68.5 ± 31.2	22	台安	81.8 ± 38.7	40	葫芦岛	78.1 ± 34.8
5	叶柏寿	65.5 ± 27.6	23	大连	78.9 ± 45.2	41	兴城	78.1 ± 36.5
6	建平	71.1 ± 29.6	24	瓦房店	79.8 ± 38.3	42	建昌	78.7 ± 35.8
7	凌源	70.1 ± 29.5	25	普兰店	84.3 ± 39.9	43	绥中	83.1 ± 39.9
8	喀左	70.4 ± 32.9	26	旅顺	80.8 ± 40.8	44	本溪	110.5 ± 36.2
9	锦州	78.3 ± 36	27	长海	77.4 ± 43.2	45	小市	113.0 ± 36.8
10	黑山	73.2 ± 34.9	28	庄河	98.9 ± 50.7	46	桓仁	105.0 ± 38.2
11	义县	70.1 ± 34.1	29	铁岭	86.8 ± 35.6	47	草河口	123.0 ± 44
12	北宁	82.1 ± 42	30	西丰	94.3 ± 33.7	48	营口	88.7 ± 46.9
13	沈阳	93.5 ± 39	31	开原	84.2 ± 33.5	49	大石桥	88.9 ± 46.2
14	辽中	84.5 ± 34.4	32	昌图	79.2 ± 33.3	50	盖州	82.9 ± 42.4
15	新民	77.1 ± 36.6	33	抚顺	100.9 ± 38.9	51	熊岳	79.7 ± 37.3
16	康平	65.7 ± 32	34	清原	108.4 ± 33.3	52	盘山	83.4 ± 36.3
17	法库	76.8 ± 33.1	35	新宾	111.9 ± 39.3	53	大洼	88.0 ± 38.9
18	辽阳	92.0 ± 40.5	36	丹东	132.1 ± 55.7			

土壤含水量月资料,分析土壤湿度与降水量的关系。将阜新、朝阳、锦州、海城、黑山、建昌、绥中、彰武代表辽宁西部地区(辽西),将新宾、昌图、灯塔、盖州、开原、瓦房店、岫岩、新民、小市代表辽宁东部地区(辽东)。

1.2 研究方法

采用经验正交函数(EOF)分析降水的区域性特征,采用趋势系数、相关分析等方法,分析降水的异常特征,采用小波分析方法分析降水的周期性特征,上述方法详见文献^[3-4]。

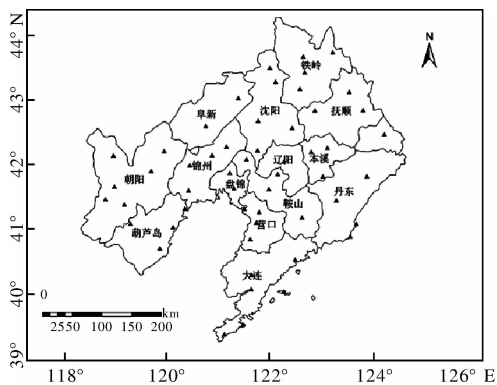


图1 站点分布图

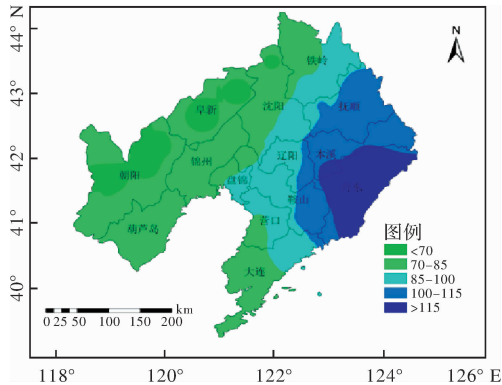
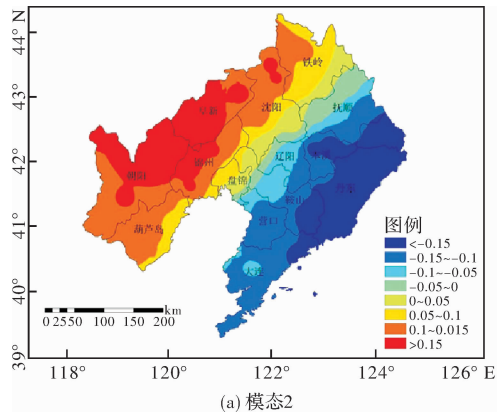
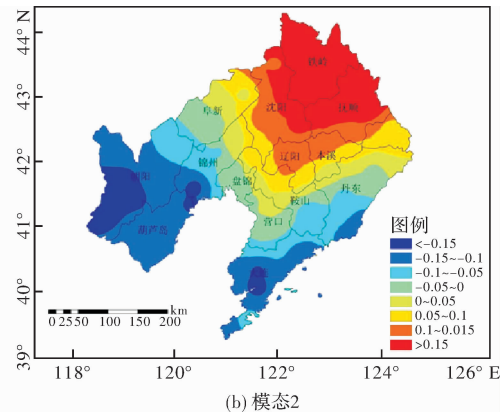


图2 1961–2015 年辽宁省春播期降水量分布图



(a) 模态2



(b) 模态2

图3 辽宁省春播期降水场特征向量分布

2 降水量的时空分布特征

表 1 和图 2 显示辽宁省春播期降水量的分布: 降水量呈现东南沿海多, 西北区域明显少, 丹东宽甸降水量最多达到 133.1 mm, 阜新降水量最少, 为 63.7 mm, 充分说明了辽宁省春播期降水多少的悬殊, 尤其是辽西地区, 有“十年九旱”之称, 历年春旱是严重的。各地春播降水量的变异系数为 0.33~0.59。降水的空间分布不均匀主要是地理位置造成, 辽宁东部地区南临黄海和渤海, 西北部地区在大陆内部, 水循环自东南向西北逐渐减弱。另外, 辽宁东部地区地形主要为山地, 海上湿润气流受东部山岭的阻挡, 影响程度自东南沿海向西北减弱^[5]。

2.1 空间分布特征

对辽宁省 1961–2015 年春播期降水量标准化处理, 应用 EOF 分解方法进行时空分解, 表 2 为主成分的贡献率和累计贡献百分率。结果表明: 前 3 个特征向量特征值的累计贡献率为 76.47%, 第 4 个以后所占的贡献比例很小, 且数值差异明显减小。说明前 3 个特征向量能够很好的表征辽宁省春播期降水变化及其空间分布特征。

表 2 辽宁省春播期降水量 EOF 分解的前 5 个特征向量贡献率

模态	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率%
1	1587.86	54.45	54.45
2	388.01	13.33	67.78
3	253.45	8.69	76.47
4	114.98	3.95	80.42
5	87.78	3.01	83.43

模态 1 特征向量的方差贡献率为 54.45%, 远大于其他模态的贡献率, 为辽宁省春播降水场的主要空间分布形式。从分解的向量场图(图略)可以看出, 模态 1 在全省区域内均为正值(同符号), 说明辽宁省春播降水在空间上具有一致性。主要是由于大尺度天气系统的影响, 全省容易出现降水一致偏多(少)的分布特征。高值中心位于营口和丹东地区, 结论与柳晓放等研究结论基本一致^[2], 说明该区域降水变化量大, 低值中心位于朝阳地区。

模态 2 特征向量的方差贡献率为 13.33%, 如图 3a 可以看出, 辽河以西为正值区域, 最大中心位于丹东地区, 辽河以东为负值区域, 最大中心在阜新地区。这说明在辽宁春播期间江水总趋势存在明显的以辽河流域为分界线的 NE–SW 分布, 为东北部少雨西南部多雨或西南部少雨东北部多雨的反位相关系。

模态 3 特征向量的方差贡献率为 8.69%, 降水呈现明显的 NE–W(S) 向的分布特征, 最大负值中心位于铁岭的西丰地区, 如图 3b 可以看出, 最大正数值中心位于朝阳地区。沈阳、鞍山、抚顺、本溪、铁岭地区的降水量与全省的其他地区存在反位相关系, 这种分布型表明了辽宁省春播期降水量存在上述二种分布型以外, 还存在第三种类型的降水分布类型。

通过以上的分析表明: 辽宁省春播期降水量主要有三种类型, 分别为总体一致型、东西差异型、东北和西南差异型。春播期降水除了受到共同影响因子外, 同时还受到地理位置和海陆分布等多种因子影响。

2.2 时间分布特征

时间系数代表了对应特征向量空间分布模态的时间变化特征, 符号决定了模态的方向, 正(负)号表示与模态同(负)方向, 系数的绝对值大小, 表示该时刻的模态经典程度。统计分析近 55 年来 3 种降水的空间分布模态进行统计, 取时间系数的最大值所对应的特征向量为当年降水的空间分布模态, 统计结果显示: 降水场以模态 1 为主, 近 55 年来有 32 年, 占总年数量的 58.1%, 说明辽宁省春播期以一致偏多和一致偏少的气候特征, 其中全省少雨 20 年, 全省多雨有 12 年, 说明干旱的年份远大于降水偏多的年份。降水场以模态 2 出现的年份有 10 年, 占总年数量的 18.18%, 以辽河为分界线东部多西部少和西部少东部多的年份都为 5 年, 具体年份见表 3。

表 3 6 种降水场年份分布

模态 1	全省多雨	1967, 1969, 1974, 1979, 1983, 1990, 1995, 1998, 2008, 2009, 2010, 2015
	全省少雨	1961, 1965, 1966, 1972, 1977, 1978, 1980, 1981, 1984, 1989, 1992, 1993, 1996, 1997, 1999, 2001, 2002, 2004, 2006, 2013
模态 2	东少西多	1962, 1968, 1970, 1971, 1976
	东多西少	1963, 1964, 1973, 2003, 2011
模态 3	东北多西南少	1985, 1987, 1991, 1994, 2007, 2014
	东北少西南多	1986

3 降水量的时空演变特征

3.1 空间演变特征

为了解辽宁全省春播期降水量空间演变特征, 针对各站计算了 1961–2015 年 4–5 月的气候变化倾向率, 空间分布如图 4a 所示。辽宁省各站 4 月降水量多呈随时间增加的特征变化, 占总站数的

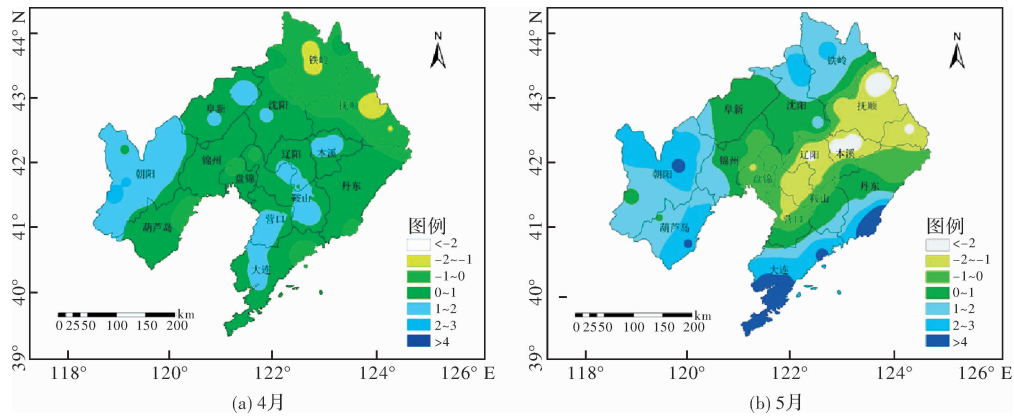


图4 1961-2015年辽宁省4-5月降水量变化趋势空间分布

73%，其中辽宁北部及中南部地区4月降水量增加趋势较为明显。全省各站变化趋势超过1 mm/年的站点有16个，增长趋势最显著的为凌源站，达到了2.3 mm/年。4月降水量呈减少趋势变化的站有15个，主要分布在辽宁东部及辽西的葫芦岛地区，以辽宁东部地区趋势最为显著。其中新宾、开原、昌图、桓仁四站变化趋势低于-1 mm/年。

辽宁省5月降水量变化趋势较4月幅度增大，但空间分布特征不明显(图4b)。53站中共有36站降水量呈增加趋势变化，占总数的68%。其中辽宁西部、中部及北部部分地区5月降水量增加趋势较为明显。全省各站变化趋势超过1 mm/年的站点有24个，变化趋势超过3 mm/年的站点有8个，增长趋势最显著的为鞍山市各站，其中鞍山站达到了5.2 mm/年。5月降水量呈减少趋势变化的站有17个，主要分布在辽宁南部等部分地区，空间分布特征不明显。其中阜新、绥中、宽甸、大连、北镇、铁岭六站变化趋势低于-2 mm/年，减少趋势最显著的站点为铁岭站的-3.5 mm/年。

3.2 年际和年代际变化特征

辽宁省4月平均降水量为34 mm，占全年降水量(646 mm)5.3%。降水量年际变化较大(图5a)，变差系数为0.53，趋势系数为0.21，尚未通过的显著性检验。揭示近55年辽宁省4月降水量呈现增加趋势。1961-2015年降水量最多的5年为1983、2012、2009、1964、1967年，降水量分别为82、80、79、76、62 mm；降水量最少的5年为2014、2001、1994、1981、1965年，降水量分别为4、7、8、10、12 mm。

辽宁省5月平均降水量为54 mm，占全年降水量的8.3%。降水量阶段性变化较为明显，如图5b所示，1961-1989年时段降水量年际变化平稳，降水量异常多(少)的年份较少，1990-2015年降水量年际变化很明显，降水异常年份明显增多，降水量最多的5年2005、2010、1994、1990、1995年全部发生在此阶段，降水量分别达121、104、

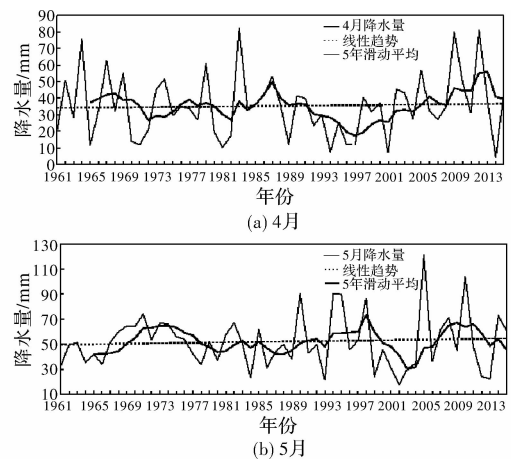


图5 1961-2015年辽宁省4月(a)、5月(b)降水量年际变化

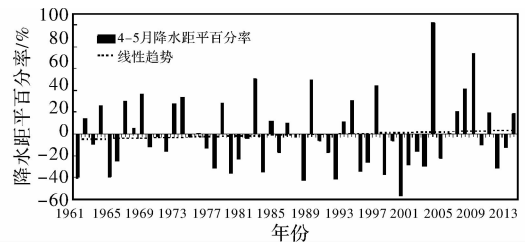


图6 1961-2015年辽宁省春播期降水距平百分率年际变化

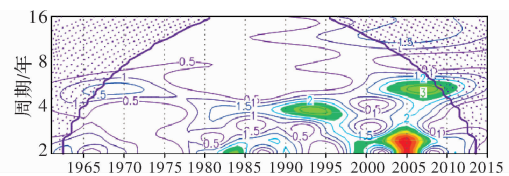


图7 辽宁省春播期降水的小波分析

91、90、89 mm，而降水量最少的5年2002年(17 mm)、1993年(21 mm)、2013年(22 mm)、1984年(23 mm)年、1999年(24 mm)几乎也全部发生在该时段，由此可见，随着全球气候变暖，极端气候事件呈现增加的趋势。辽宁省4月、5月降水量相关系数为-0.037，尚未通过显著性检验，表明4、5月降水时间连续性较小。

春播期降水量多年变化较稳定，变异系数为

表 4 辽宁省春播期降水量的年代际变化

	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2015
4 月	38.3	33.5	36.5	26.0	40.4	39.7
5 月	48.4	53.5	51.4	54.9	55.4	45.6
春播期	86.7	87	87.9	80.9	95.8	85.3

0.32, 数值较小, 表明辽宁省整个春播期降水不容易出现异常偏多或者异常偏少的情况。图 6 给出了春播期降水距平百分率年际变化, 降水在 2005、2010、1983、1990、1998 年分别较常年偏多 102%、74%、50%、49%、45%。2001、1989、1993、1961、1965 年分别较常年偏少 56%、43%、42%、40%、39%。

表 4 给出了辽宁省春播期降水的年代际变化特征, 4、5 月降水的年代际变化不同步。4 月降水在 1991 - 2000 年达到最小值, 平均降水量为 26 mm, 5 月降水年代际变化不明显, 最大值出现在最近 5 年, 最小值在 1961 - 1970 年代。最近 5 年 4 月降水量处于偏多背景, 5 月降水处于偏少背景, 整体来看, 春播期降水处于降水相对偏少的大的背景下。

3.3 周期性特征

为清楚分析辽宁省春播期降水量的周期性, 对春播降水序列进行小波分析。由图 7 可见, 春播降水量通过显著性检验的主要周期是 2 ~ 3 年、4 年、4 ~ 5 年。其中 2 ~ 3 年周期表现最为明显, 最大值中心 2005 年, 即 1961 - 2015 年降水最多的年份; 4 年和 4 ~ 5 年周期也较为明显, 均出现闭中心。

4 降水对农业的影响分析

土壤干旱是农业生产当中造成最为直接影响的自然灾害, 因此有必要建立降水量与土壤水分的定量关系, 从而了解农作物生长对其变化的响应。土壤相对湿度显然与降水的补给和蒸发的失去有关, 也就是受降水量、平均气温和平均风速等要素的影响。研究表明, 降水对解除土壤干旱中的作用是一个十分复杂的问题, 它涉及到降水量的多少、降水时间的长短、降水类型、地形、土壤类型和质地、坡地、地面覆盖等诸多方面的因素, 因此有必要针对性的研究降水量与土壤相对湿度的相关关系, 得出适合本地实际的服务

指标。

统计 4 月同期降水量与浅层土壤相对湿度的相关关系(表 5), 发现辽西和辽东地区相关系数分别为 0.24 和 0.38(辽西、辽东区域划分详细见 1.1 节), 辽西 4 月土壤湿度与同期降水的正相关关系并不显著, 这与以往认为土壤湿度大小受同期降水影响最大的结论并不一致, 造成这种结果的原因可能与辽西地区 4 月历年降水量级较小有关。另一方面, 4 月辽西地区浅层、深层土壤湿度与同期气温并不显著, 其原因可能是 4 月辽西回暖较慢, 土壤刚开始解冻返浆, 并没有开始出现明显的蒸发失墒现象。而 4 月辽西土壤湿度与透雨关系(相关系数 -0.28)的不显著是由于辽西地区透雨出现日期较晚, 基本出现在 5 月初, 因此透雨对 4 月土壤湿度影响较小。在 4 月辽东地区可以直接建立降水量与土壤相对湿度的定量关系式。

5 月降水量与浅层土壤相对湿度辽西地区相关系数为 0.59(表 5), 辽东地区为 0.66。说明当 5 月降水偏多时, 同期土壤湿度偏大, 相反地, 若降水偏少, 土壤湿度偏干, 易发生春旱。随着季节的推进及气温回暖加快, 5 月土壤湿度与同期气温存在显著负相关关系, 即气温偏高时有利于土壤水分蒸发, 土壤湿度易偏小, 易发生春旱, 反之亦反。值得注意的是, 5 月浅层土壤湿度与透雨的负相关关系通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 说明透雨对土壤湿度的补给有一定的作用, 但仅能短暂的对浅层土壤产生影响。

图 8 给出了辽东、辽西地区 0 ~ 20cm 土壤相对湿度与降水量的点聚图, 从点聚图上可以清晰地看出表 5 所列出的相关性和敏感性, 又能看出土壤相对湿度受降水影响的非线性特征。从图上可以看出, 随着降水的逐渐增加, 有一个临界值, 达到临界值之后, 土壤相对湿度不再增加, 反而会出现略有减少的现象。这是由于土壤水分达到饱和或降水强度大导致大量径流造成, 由于辽宁各地区的土壤质地不同, 所以临界值也是不相同的。该研究结果与文献^[6]基本一致。

表 5 降水量与土壤湿度的关系

月份	地区	降水量 x 与土壤湿度 y 关系	相关系数	信度 α
4 月	辽东	$y = 0.161x + 78.677$	0.38	0.05
	辽西	$y = 0.083x + 67.974$	0.24	—
5 月	辽东	$y = 0.1576x + 63.085$	0.66	0.001
	辽西	$y = 0.1745x + 73.224$	0.59	0.001

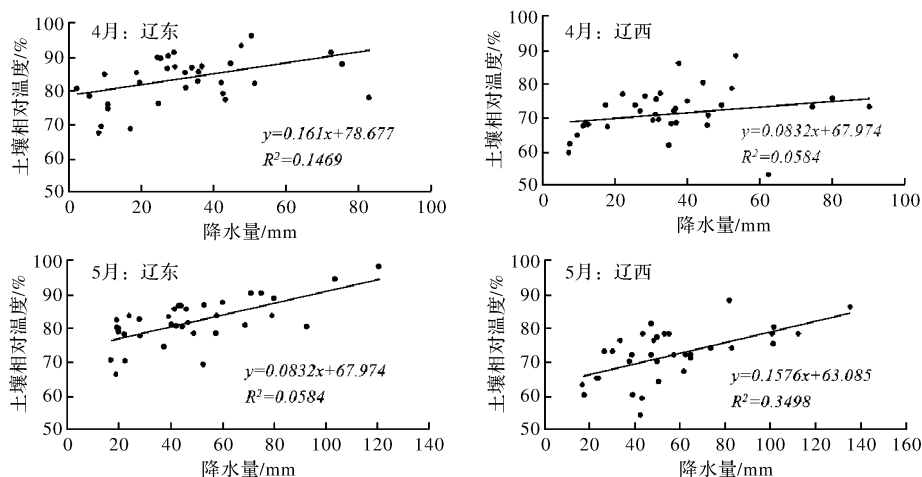


图8 辽宁省0~20 cm土壤湿度与降水量的关系

5 结论与讨论

5.1 结论

通过对辽宁省53个气象站近55年来的春播期降水序列的研究,揭示辽宁省降水的时空分布特征及演变规律,基于近35年来的春播期浅层土壤数据,分析降水量与土壤水分的相关关系,主要结论如下。

(1) 辽宁省春播期降水量的空间分布主要有3种典型模态:模态1呈全局一致型,表现为全省多雨或全省少雨;分别为总体一致型、东西差异型、东北和西南差异型。55年来辽宁省春播降水场的主要表现类型有6种:全省少雨出现20年,全省多雨出现12年;东部降水少(多)西部降水多(少)出现10年。

(2) 辽宁省各站4月、5月降水量多呈随时间增加的特征变化,降水增加占数分别占总站数的73%和68%,4月北部及中南部、5月西部、中部及北部降水增加最为明显。4月降水量年际变化较大,变差系数为0.53,5月降水量年际变化较为平稳,降水量异常多(少)的年份较少。春播降水量通过显著性检验的主要周期是2~3年、4年、4~5年,其中2~3年周期表现最为明显。

(3) 辽宁省春播期降水量与土壤水分的相关关系分别是4月辽东地区0.38、4月辽西地区0.24、5月辽东地区0.66、5月辽西地区0.59。降水与土壤水分呈现非线性关系,随着降水的逐渐增加,有一个临界值,达到临界值之后,土壤相对湿度不再增加,反而会出现略有减少的现象。

5.2 讨论

通过以上研究,认为辽宁省春播期降水时空分布特征一致性和差异性并存,降水量呈现增加

趋势,但自2005年降水的极端事件明显增加,降水量2005、2010年分别达到近55年第一、第二大数值,在全球气候变暖背景下,对各级政府制定科学合理的农业生产和防灾减灾政策,增加人民收入,改善农民生活,具有极其重要的作用。

土壤湿度是农业干旱最主要的监测指标,辽宁省土壤水分监测和预测仍存在较多问题,主要表现为农田墒情监测、预测的连续性、系统性较差,获取的农田墒情数据存在滞后现象(每旬“逢3”,“逢8”),与气象业务需求存在较大差距,大气降水是土壤水分的根本来源,初步建立春播期降水量与土壤水分的定量关系式,对指导农业生产具有一定的参考价值,但土壤湿度变化因素复杂,不仅与气温、降水、风速、日照等气象要素相关,还受多种因素影响,因此,还需要因地制宜,考虑长期降水和蒸散对土壤墒情的影响,积极开展农业干旱监测、预警和评估工作仍然是农业气象服务的重中之重。

参考文献:

- [1] 阎琦,崔锦,吴艳青,等. 辽宁区域性春旱的大气环流及影响因子分析[J]. 气象与环境学报, 24(6): 29-33.
- [2] 柳晓放,李辑. 辽宁省春季降水历史演变特征分析[J]. 辽宁气象, 2001(1): 6-8.
- [3] 黄嘉佑. 我国夏季气温、降水场的时空特征[J]. 大气科学, 1991, 15(3): 124-132.
- [4] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [5] 唐亚平,张凯,李忠炯,等. 1961-2008年辽宁省旱涝时空分布特征及演变趋势[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(2): 50-55.
- [6] 陈少勇,郭玉珍,郑延祥,等. 甘肃旱作农业区降水对土壤水分的影响[J]. 中国沙漠, 2001, 32(1): 155-162.

(下转第70页)