

气候变化与宁夏西吉马铃薯种植农业气候区划

孙俊, 李剑萍 (宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏银川 750002)

摘要 基于气象资料揭示了近 10 年来地处西北东部的宁夏南部山区西吉县在气候变暖背景下年平均气温升高了 1.0 °C, ≥10 °C 平均有效积温增加了 128.1 °C, 年降水量减少了 45.1 mm, 年降水变率过去 50 年由 8% 增大到 51%; 基于天气图法对西吉县内各大山脉等高线分布特征进行分析, 结果表明, 西吉县各大山脉等高线与年平均气温、≥10 °C 有效积温都有东西向分布的规律, 中西部的高度槽和干旱、半干旱气候分界线十分接近, 中东部的高度脊和半干旱、半湿润气候分界线十分接近, 高度槽脊落后于年平均气温、≥10 °C 有效积温槽脊, 马铃薯生育关键期 7~8 月 150、180 mm 雨量分布线和槽脊线十分接近。根据马铃薯种植对气象条件的要求, 用 2 000、2 100、2 200、2 300 m 等高线、≥10 °C 有效积温和马铃薯生育期 7~8 月 150、180 mm 雨量线作指标对西吉马铃薯种植进行区划, 将西吉县划分为 5 个不同类型的马铃薯种植区, 这一工作对今后科学安排马铃薯生产具有较高的参考价值。

关键词 气候变化; 马铃薯; 农业气候区划; 宁夏西吉

中图分类号 S532 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)26-12462-03

宁夏南部山区西吉县气候冷凉干旱, 年平均气温 5.4 °C, 7~9 月降水量 243.4 mm, 非常适合马铃薯在种植上要求的气候温凉、需水关键期降水偏多等气候条件。另外, 西吉县土层深厚, 土壤通透性好, 富含钾素, 速效钾平均含量 113.9 mg/kg, 非常适合马铃薯对钾肥需求高的生物学特点。西吉县境内土壤以黑垆土面积最大, 占全县总面积的 80.88%。土壤质地以轻壤土面积最大, 占土壤面积的 63.3%。近年来, 西吉县的西北部形成了以新营乡为中心的马铃薯晚熟外销型生产基地, 在中部吉强镇、将台乡形成了淀粉加工型生产基地, 在中部、东部有补充灌溉条件的区域形成了全粉加工型生产基地, 在火石寨乡建立了马铃薯原种繁育基地。2004 年, 西吉县被中国特产之乡推荐暨宣传委员会评为“中国马铃薯之乡”。为此, 笔者研究了西吉县气候变化情况, 并据此对其马铃薯种植农业进行区划, 旨在为该地区马铃薯的大规模生产提供科学依据。

1 资料来源与分析方法

应用宁夏测绘局 1989 年出版的《西吉县地图》海拔高度数据, 对各乡镇高大山体海拔高度绘制等值线; 应用西吉县气象局 1961~2006 年降水、温度等气象要素及 1980 年农业气候区划资料, 对县内各乡镇降水、温度进行差值计算; 应用天气学原理和方法, 对海拔高度、降水、气温进行对比分析。

2 近 10 年来西吉县马铃薯种植气候条件分析

2.1 气候在变暖 从表 1 可以看出, 西吉县多年平均气温 5.4 °C, 1997~2006 年逐年平均气温都在 6.0 °C 以上。近 10 年, 月、年平均气温均高于多年平均值, 表现在气候上为冬天不够寒冷, 春天回暖早。月平均气温偏高幅度在 0.6~1.9 °C, 2 月偏高较大, 5、8 月偏高较小。年平均气温由 5.4 °C 上升至 6.4 °C, 偏高了 1.0 °C, 这为马铃薯生产带来的影响和意义是多方面的。

表 1 1961~2000 年和 1997~2006 年西吉县平均气温变化情况

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年平均
1961~2000	-9.0	-5.8	0.3	6.9	12.2	15.7	17.9	16.9	11.9	5.9	-1.2	-7.2	5.4
1997~2006	-7.7	-3.9	1.5	8.1	12.8	16.9	19.0	17.5	12.8	6.6	-0.3	-6.4	6.4
差值	1.3	1.9	1.2	1.2	0.6	1.2	1.1	0.6	0.9	0.7	0.9	0.8	1.0

2.2 有效积温在增加 有效积温在农业生产中具有十分重要的意义, 早熟马铃薯需要 ≥10 °C 有效积温 1 000~1 600 °C。从表 2 可以看出, 1997~2006 年, ≥10 °C 平均有效积温由 734.4 °C 递增至 862.5 °C, 增加了 128.1 °C。西吉县属冷

凉气候区, 近 10 年县内各地 ≥10 °C 平均有效积温见表 2。东北部沙沟、南部兴隆、西部田坪 ≥10 °C 平均有效积温达到 1 000 °C 以上。

表 2 1957~2006 年西吉县 ≥10 °C 有效积温变化情况

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年平均
1957~1966	325	224	95	7	41	13	61	79	99	122	188	100	8
1967~1976	140	113	72	44	98	5	7	99	89	7	130	433	33
1977~1986	60	127	62	157	178	114	133	1	39	38	227	207	35
1987~1996	240	154	100	61	130	72	10	29	9	12	251	387	40
1997~2006	270	30	90	113	67	107	5	2	51	61	56	160	51

2.3 降水量在减少 从表 3 可以看出, 1997~2006 年平均降水量与多年平均值相比减少了 45.1 mm。在月降水量中,

1、5、6 月降水偏多, 其余月份均偏少, 尤以雨季 7~9 月偏少幅度最大, 偏少达 42.0 mm, 占年偏少雨量的 93%, 这对于以秋粮马铃薯为主的当地农业影响很大。马铃薯生育期要求降水量在 300.0~450.0 mm, 近 10 年 5~9 月平均降水量为 300.4 mm。

基金项目 国家自然科学基金(40675071)。

作者简介 孙俊(1978-), 男, 宁夏银川人, 工程师, 从事应用气象方面的研究。

收稿日期 2009-05-04

表 3 1997~2006 年西吉县平均降水量比较 mm

方位	地区	降水量
东部	沙沟	1 105.2
	偏城	850.9
	白崖	852.2
	下堡	887.5
南部	什字	872.8
	马莲	930.1
	兴隆	1 053.0
	将台	976.2
	平峰	818.3
	王民	977.5
西部	田坪	1 056.2
	马建	926.8
	苏堡	987.9
	红耀	895.6
北部	新营	788.2
	火石寨	767.8
中部	吉强	862.5
	硝河	941.3
	西滩	807.2
	兴坪	978.3

2.4 降水变率逐年增大 降水变率是衡量降水稳定程度的一个变化量,笔者用下式计算: $V = |1 - [RR - \pi]/R|$ 。式中,RR 代表每 10 年内年极大降水量; π 代表年极小降水量;R 代表多年平均降水量。从表 4 可以看出,在降水年变率中,过去 50 年呈逐渐递增趋势,到 1997~2006 年变率达到 51%。在降水月变率中,1997~2006 年,冬季 1、12 月降水变

表 4 1961~2000 年和 1997~2006 年西吉县月、年降水变率比较 %

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	
1961~2000	2.0	3.7	10.4	23.6	39.9	53.6	
1997~2006	3.0	3.1	7.2	21.9	42.5	56.5	
差值	1.0	-0.6	-3.2	-1.7	2.6	2.9	
年份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年平均
1961~2000	86.8	93.1	63.5	31.8	8.1	1.5	417.9
1997~2006	70.3	80.3	50.8	30.1	5.0	1.2	372.8
差值	-16.5	-12.8	-12.7	-1.7	-3.1	-0.3	-45.1

率仍为最大;5、9~11 月降水变率较大,分别为 67% 和 51%

表 5 西吉县马铃薯种植温度条件

种植区类	各大山脉海拔高度//m	年平均气温//℃	≥10℃有效积温//℃	适宜种植区
I 温冷气候	2 300~2 600	5.0~6.0	750~800	马铃薯原种繁育
II 温凉气候	2 200~2 300	6.0~6.5	800~900	种植晚熟品种宁薯 4 号、宁薯 8 号、晋薯 7 号、青薯 168、布尔班克等,生育期 120 d 左右
III 半温凉气候	2 100~2 200	6.5~7.0	900~950	种植中晚熟品种虎头、内薯 7 号、948-A 等,生育期 100~110 d
IV 温和气候	2 000~2 100	7.0~7.5	950~1 000	种植中熟品种克新 1 号、宁薯 10 号、陇薯 3 号、青薯 2 号、大西洋、夏坡地等,生育期 90~110 d
V 温暖气候	1 900~2 000	7.5~8.0	1 000~1 150	种植早熟品种费无瑞它、中薯 3 号,生育期 60 d 左右

3.2 水分条件 海拔高度等值线分析结果表明,中西部的高度槽和干旱、半干旱气候分界线十分接近,中东部的高度脊和半干旱、半湿润气候分界线十分接近。根据文献介绍,马铃薯全生育期要求适宜降水量 300~450 mm,且通过一系列的农艺栽培措施可获丰产,块茎增长期耗水量约占全生育期降水量的 50%^[1]。对全县马铃薯生育期(5~9 月)、块茎

~61%;2 月降水变率次之,为 30%;7、8 月降水变率最小,为 2%~5%。

3 西吉县马铃薯种植农业气候条件分析

3.1 温度条件 马铃薯为喜凉作物,块茎形成期(孕蕾至开花初)对温度最为敏感,是决定结薯多少的关键。据研究,18~21℃对块茎形成最为有利,25℃以上停止生长^[1]。在马铃薯块茎形成期(7 月),西吉县年平均气温资料显示,除新营北部在 18.0℃以下之外,全县均在 18.0~20.5℃的适宜温度范围。马铃薯原种繁育基地要求海拔在 2 000 m 以上。对西吉县各大山脉海拔高度等高线分布的分析结果表明,西吉县各大山脉海拔高度等高线分布从西到东呈现一槽一脊型,与≥10℃平均有效积温、年平均气温的分布有相似的规律,高度槽脊落后于年平均气温、≥10℃有效积温槽脊(图 1)。根据等高线、年平均气温、≥10℃平均有效积温的变化分布,将西吉县马铃薯种植业从北向南确定为马铃薯原种温冷气候繁育区、马铃薯晚熟品种温凉气候种植区、马铃薯中晚熟品种半温凉气候种植区、马铃薯中熟品种温和气候种植区、马铃薯早熟品种温暖气候种植区,具体见表 5。



图 1 西吉县各大山脉等高线与年平均气温、≥10℃平均有效积温分布

增长期(7~8 月)降水分布的统计结果表明,马铃薯生育关键期 7~8 月 150、180 mm 雨量分布线和槽脊线十分接近;马铃薯生育期 5~9 月 300、330 mm 雨量线基本分布在槽、脊附近(图 2)。用年降水量、5~9 月降水量、7~8 月降水量分布线将西吉县从西到东确定为马铃薯干旱气候种植区、马铃薯半干旱气候种植区、马铃薯半湿润气候种植区,具体见表 6。

表6 西吉县马铃薯不同品种适宜种植区水分条件

种植区类	年降水量//mm	5~9月降水量//mm	7~8月降水量//mm	适宜种植区
a 干旱气候	300~360	220~300	130~150	种植抗旱性品种中薯3号、宁薯10号、宁薯4号、晋薯7号、青薯168等
b 半干旱气候	360~400	300~330	150~180	陇薯3号、宁薯10号、青薯168、青薯2号、虎头等
c 半湿润气候	400~500	330~360	180~220	种植品种948-A、948-K、布尔班克、夏坡地、大西洋、青薯2号、费无瑞它等



图2 西吉县各大山脉等高线槽脊线与马铃薯生育期(5~9月)、关键期(7~8月)降水量分布

4 西吉县马铃薯种植农业气候区划

为了使区划具有可操作性,将2 000、2 100、2 200、2 300 m等高线、≥10℃有效积温作为一级指标,7~8月150、180 mm雨量线为二级指标对西吉县马铃薯适宜种植区进行区划,结果见图3、表7。

划,结果见图3、表7。



图3 西吉县马铃薯种植业分布气候区划

表7 西吉县马铃薯种植业区划

主播区	播种亚区	高山海拔高度	≥10℃有效积温	7~8月降水量	所在主要乡(镇)
		m	℃	mm	
I 温冷马铃薯原种繁殖主播区	Ia 温冷干旱原种繁殖播种亚区	2 300~2 632		140~150	新营
	Ib 温冷半干旱原种繁殖播种亚区	2 300~2 500		150~160	火石寨
II 温凉马铃薯晚熟品种主播区	IIa 温凉干旱马铃薯晚熟品种播种亚区	2 200~2 300		140~150	红耀、新营
	IIb 温凉半干旱马铃薯晚熟品种播种亚区	2 200~2 300		150~180	吉强、火石寨、白崖、马建
	IIc 温凉半湿润马铃薯晚熟品种播种亚区	2 200~2 300		180~190	偏城
III 半温凉马铃薯中晚熟主播区	IIIa 半温凉干旱马铃薯中晚熟品种播种亚区	2 100~2 200		140~150	马建、苏堡
	IIIb 半温凉半干旱马铃薯中晚熟品种播种亚区	2 100~2 200		150~180	兴平、吉强、硝河、西滩、偏城
	IIIc 半温凉半湿润马铃薯中晚熟品种播种亚区	2 100~2 200		180~190	硝河、将台、偏城、马莲、什字
IV 温和马铃薯中熟品种主播区	IVa 温和干旱马铃薯中熟品种播种亚区	2 000~2 100		140~150	苏堡
	IVb 温和半干旱马铃薯中熟品种播种亚区	2 000~2 100		150~180	平峰、兴平、西滩、王民、
	IVc 温和半湿润马铃薯中熟品种播种亚区	2 000~2 100		180~200	王民、将台、什字、兴隆
V 温暖马铃薯早熟菜用型品种主播区	Va 温暖干旱马铃薯早熟菜用型品种播种亚区		1 000~1 100	130~140	田坪
	Vb 温暖半干旱马铃薯早熟菜用型品种播种亚区		1 100~1 110	160~170	沙沟
	Vc 温暖半湿润马铃薯早熟菜用型品种播种亚区		1 000~1 100	200~210	兴隆

5 区划结论

由于乡村气象哨、雨量点稀少,气象资料积累年代短,缺乏连续性。用山区各大山脉等高线的分布进行气候条件的分析、评价,在山区气候资源的形成上具有较强的说服力。既符合气象学原理,又具有可操作性。

6 区划建议

(1) 根据研究,马铃薯原种繁育基地要求建设在海拔2 000 m以上、年降水量500 mm的山区,西吉县内能达到这两个条件的为东南部什字乡唐家大湾和杜家庄。目前,马铃薯原种繁育基地设在火石寨,如果单从温度考虑,可扩大到新营北部。

到新营北部。

(2) 西吉县气候冷凉干旱,马铃薯早熟菜用型基地仅限于南部兴隆一带。近10年来,随着全球气候变暖,东北部沙沟、南部兴隆、西部田坪3地≥10℃平均有效积温达到1 000℃以上。西部田坪实施窖灌技术区、东北部沙沟有灌溉条件区可建立马铃薯早熟菜用型基地。在气候温和区加上地膜覆膜技术也能获得高产。

(3) 西吉县马铃薯种植业的最大威胁是干旱,根据近年来气候变化特点,火石寨、白崖一带已不再是传统意义上的(下转第12560页)

无影响。另外,生物制剂还可以通过与病原菌竞争附着位点而控制病原菌的侵入。其控制细菌素合成的质粒可以整合到病原菌细胞中,表现为亲和反应,从而使病原菌对生物制剂产生抗性。

3.2.2 防治方法。从土壤杆菌中分离得到的放射土壤杆菌(*Agrobacterium radiobacter*) K84 菌株^[4],可防治核果类和蔷薇根癌病,获得良好的防治效果,使用时以水稀释,用于浸根、浸种或浸插条。经处理后的植株在病地种植,可以有效地防治根癌病的发生,有效期可以达到2年^[5]。从葡萄冠瘿中分离得到的产细菌素菌株 MI15 可抑制90%以上不同葡萄根癌土壤杆菌的生长^[6]。菌株 K1026 各方面的特性和抑瘤效果与 K84 并无区别,但不会将产细菌素质粒转移到病原菌内,因此,不会使病原菌产生抗性^[7]。E26 是从葡萄根癌病组织中分离的,无致病性,能产生农杆菌素,对85.2%的供试菌株有防治效果^[8]。iaaM 和 ipt 的干涉 RNA,通过对转基因后的阿拉伯芥进行体外接种,发现抑瘤率可达97.5%^[9]。蛋白类抗生素 Trifolitoxin (TFX) 对葡萄农杆菌有较好的抑制效果。Lee 等通过使转录后致癌基因沉默,抑制根瘤的生长^[10]。以发根土壤杆菌 K84 为供试菌株,对其进行紫外诱变,筛选出高产细菌素的菌株 WJK84-1,通过樱桃接瘤试验表明,WJK84-1 菌株和其产生的细菌素均可抑制根瘤的发生,抑瘤率达83.4%左右^[12]。

3.3 基因工程防治

3.3.1 利用基因沉默技术培育抗病作物。据美国加利福尼亚大学戴维斯分校的科学家宣称,利用“基因沉默”技术,可以培育抗细菌病害的作物品种,使多种多年生果树和坚果树(包括核桃、苹果和葡萄等)免于罹患细菌性根癌病。以番茄和拟南芥为试验材料,通过中断或抑制目标基因的活性,达到“基因沉默”。利用“基因沉默”技术育成的基因工程植物,虽可被根癌土壤杆菌感染,但不会产生导致根癌形成的激素。已证明,与对照比较,基因工程番茄和拟南芥植株中根瘤的形成减少了90%以上。但这些基因工程植物,除了不会产生根瘤外,其他方面与其非转基因对照完全相同。“基因沉默”技术可用于利用砧木进行嫁接的果树^[11]。

3.3.2 利用外源抗菌蛋白基因表达介导的抗性。抗菌蛋白(Antibacterial proteins)是许多动物抗菌防卫机制中的重要化合物。它对革兰氏阳性和阴性细菌均有杀伤活性。研究者先后分离克隆了多种编码抗菌蛋白的基因,使其在转基因植

物中表达,期望获得对细菌病害产生抗性,如,裂解肽、融菌酶及其他抗菌蛋白。土壤农杆菌为革兰氏阴性菌,抗菌蛋白对该病菌有较好的防治效果。

3.3.3 抑制病菌的致病(毒性)因子。包括抑制细菌毒素、果胶酶、胞外多糖、激素等。土壤农杆菌繁殖及生存过程中会产生毒素、胞外多糖等分泌物。

3.3.4 增强植物自身的抗性。包括增加高激发子的数量、植物抗病基因(R)的克隆和利用、调控活性氧介导的抗性、防卫基因的克隆和利用。利用“基因沉默”技术育成的基因工程植物,虽可被根癌土壤杆菌感染,但不会产生导致根癌形成的激素。

4 小结

根癌病是世界范围的细菌性病害,在我国北方危害严重。对其致病性和防治方法的研究较多。但是一般方法费时费力,且防治效果并不理想。生物防治也多局限于核桃、葡萄等果树根癌病,生物防治药剂一般多为放线菌,对于噬菌体及其他防治细菌是否有防治效果报道很少。利用基因工程防治根癌病是一种全新的视角,其防治效果应该是最有效的,但是利用基因工程防治细菌性根癌病的研究报道很少,这说明仍有很大领域有待进一步研究。

参考文献

- [1] 陶万强,陈凤旺,郭颂新,等. 桃树冠瘿病的发生与预防[J]. 绿化与生活,2001(1):24.
- [2] CONNER A, DOMMISSE E M. Monocotyledonous plants as hosts for *agrobacterium*. J Int[J]. Plant Sci,1992,153(4):550-555.
- [3] 丁宝堂,王乃红,石德田,等. 果树根癌病的发生与防治[J]. 河北果树,2001,(4):54.
- [4] KERR A, PANAGOPOULOS C G. Biotypes of *Agrobacterium radiobacter* and their biological control[J]. Phytopatholog. Z,1997,90:172-179.
- [5] 张建国. 果树根癌病的发生及防治[J]. 果树实用技术与信息,2002(12).
- [6] 谢学梅,游积峰,陈培民,等. 我国北方葡萄根癌病的发生规律及药物防治[J]. 植物病理学报,1993,23(2):137-141.
- [7] 阎振华. 生物防治果树根癌病新技术-K1026 菌株[J]. 北京农业,1995(11):25-26.
- [8] 梁亚杰,赵家英,马德钦,等. 应用生物3型放射土壤杆菌防治葡萄冠瘿病形成的研究[J]. 微生物学报,1990,30(3):163-171.
- [9] ESCOBAR M A, CIVEROLO E L, SUMMERFELT K R, et al. RNAi-mediated oncogene silencing confers resistance to crown gall tumorigenesis[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2001,98(23):13437-13442.
- [10] LEE H., HUMANN J L, PITRAK J S, et al. Translation start sequences affect the efficiency of silencing of *Agrobacterium tumefaciens* T-DNA oncogenes[J]. Plant Physio,2003,133(3):966-977.
- [11] 王关林,方宏筠,姜丹,等. 高产细菌素菌株 WJ K84-1 的诱变筛选及其对植物病原菌抑菌机理的研究[J]. 微生物学报,2004(2):23-29.
- [12] 刘彦锋,刘瑛,等. 植物抗病基因工程的研究进展及前景展望[J]. 生物技术通报,2005(5):7-10

(上接第12464页)

半湿润区。薯条、薯片、食品、全粉等种植业基地宜建在脊线东侧降水条件好的偏城、马莲、什字等地。

(4)根据区划结果,新营作为马铃薯晚熟外销型种植基地,不论从市场形成还是气候条件等方面来看都是合理的,而在苏堡设立晚熟外销型种植基地却过于偏南。

(5)从土壤、气候、种植规模等方面定位,西吉县以淀粉加工为马铃薯产业发展方向。无论从地理位置、文化、经济还是马铃薯产业发展趋势及区划结果来看,吉强镇都具有中

心枢纽作用,而在将台以南建立马铃薯淀粉重点加工种植基地不太适宜。

(6)近年来,西吉县马铃薯优良品种引种试验主要在吉强镇万崖村进行,然而一些品种产量低,生育期延长,尤其是948-A、948-K、布尔班克、夏坡地、大西洋、青薯2号、费无瑞它等,因此有必要根据区划进一步选点试验。

参考文献

- [1] 余松烈. 作物栽培学[M]. 北京:农业出版社,1983.