

河西走廊中部光能资源变化对玉米制种业的影响

褚超^{1,2}, 殷雪莲¹, 万巧锐¹, 狄增文^{1,2}, 雷俊³

(1. 张掖市气象局, 甘肃张掖 734000; 2. 张掖国家气候观测台, 甘肃张掖 734000; 3. 定西市气象局, 甘肃定西 743000)

摘要 基于河西走廊中部 1981—2020 年玉米生长季逐日日照时数以及同期玉米发育期、播种面积和产量资料, 采用回归、Mann-Kendall 检验和距平法分析玉米生长季光能资源变化特征及其对制种玉米生长发育和制种规模产生的影响。结果表明, 1981—2020 年河西走廊中部春玉米生长季内光能资源总体呈波动下降趋势。光照强度和光照时间均在前 20 年随时间呈上升趋势, 后 20 年呈下降趋势。20 世纪 80 年代年太阳总辐射为负距平, 90 年代为正距平, 21 世纪以来波动较大, 但多以负距平为主。生长季 4—6 月日照时数呈上升趋势, 7—9 月呈下降趋势。春玉米播种期略有提前, 成熟期推后速率为 1.49 d/10 a, 全生育期延长。玉米全生育期生长日数与同期日照时数均呈增加趋势, 气候倾向率分别为 2.87 d/10 a 和 9.61 h/10 a, 两者存在显著正相关。近 40 年河西走廊中部玉米制种面积和规模明显增加, 种植面积递增率为 0.23×10⁴ hm²/a, 近 10 年年平均播种面积为 8.93×10⁴ hm², 现有规范化玉米制种企业近 70 家, 杂交品种 900 多个。光能资源等农业气候资源的变化导致河西中部玉米生长发育的变化, 从而对制种生产的管理措施和农事活动产生一定影响, 在玉米制种过程中尤其要关注气候变化, 做到趋利避害, 促进河西玉米制种业健康持续发展。

关键词 光能资源; 春玉米; 生长发育; 制种; 河西走廊中部

中图分类号 S 162 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)01-0220-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.01.060

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Influence of Radiation Resource Change on Maize Seed Industry in Central Hexi Corridor

CHU Chao^{1,2}, YIN Xue-lian¹, WAN Qiao-rui¹ et al (1. Zhangye Meteorological Bureau, Zhangye, Gansu 734000; 2. Zhangye National Climate Observatory, Zhangye, Gansu 734000)

Abstract Based on the daily sunshine hours of maize growing season in central Hexi Corridor from 1981 to 2020 and the data of growth period, planting area and yield in the same period, the variation characteristics of radiation resources in maize growing season and its influence on the maize growth and seed production scale were analyzed by regression, Mann-Kendall test and anomaly method. The results showed that the radiation energy resources showed a fluctuating downward trend during the growing season of spring maize in central Hexi Corridor from 1981 to 2020. The light duration and intensity increased with time in the first 20 years and decreased in the last 20 years. The total solar radiation was negative anomalies in the 1980s and positive anomalies in the 1990s. Since the 21st century, the total solar radiation fluctuated greatly, but most of them were negative anomaly. During the growing season, the sunshine hours increased from April to June, and decreased from July to September. The sowing date of spring maize was slightly advanced, the rate of maturity was 1.49 d/10a, and the whole growth period was prolonged. The growth days and sunshine hours in the whole growth period of maize showed an increasing trend, and the climate tendency rates were 2.87 d/10a and 9.61 h/10a, respectively, and there was a significant positive correlation between the two. In recent 40 years, the area and scale of maize seed production in the central Hexi Corridor increased significantly, and the increasing rate of planting area was 0.23×10⁴ hm²/a, and the average annual planting area in the past 10 years was 8.93×10⁴ hm². At present, there were nearly 70 standardized maize seed production enterprises and more than 900 hybrid varieties. The change of agricultural climate resources such as radiation energy resources leads to the change of maize growth and development in the central Hexi corridor, which has a certain impact on the management measures and agricultural activities of seed production. In the process of maize seed production, we should pay special attention to the climate change, so as to pursue the advantages and avoid the disadvantages, and promote the healthy and sustainable development of maize seed industry in Hexi Corridor.

Key words Radiation resources; Spring maize; Growth; Seed production; Central Hexi Corridor

种业是国家重要的基础性、战略性核心产业, 是保障国家粮食安全、提高粮食品质、改善农产品结构的根本要素, 也是农业供给侧改革的重要组成部分^[1]。近年来, 玉米制种业已成为河西中部地区重要的支柱产业, 也是一大特色产业, 种植历史已有 300 多年, 目前种植面积达近百万亩, 生产能力达到满足全国玉米制种市场 50% 的要求, 每年提供的玉米种子占整个市场份额的 40%, 因此也是现在全国最大的玉米制种基地, 已成为我国制种玉米四大主产区之一。

气候资源对玉米生长有着重要的影响, 适宜的气候资源有利于制种玉米优质高产, 其中光能资源是重要的影响因

素。光能是农作物生长发育和产量、品质形成的能量源泉, 在植物体内干物质中, 有 90% 左右是直接或间接地来自光合作用的产物。目前有关光能资源的研究多集中在多时空尺度的年季光能资源变化^[2-9]、玉米生育期内光热水条件变化^[10-19]等方面, 而针对光能资源对制种玉米生产影响的研究尚不多见。笔者利用河西走廊中部 1981—2020 年玉米生育期逐日日照时数以及同期玉米发育期、产量资料, 从光照强度和光照时间 2 个方面分析制种玉米生长季光能资源变化特征及其对玉米制种业产生的影响, 认识玉米生产中的主要光能资源问题, 对指导制种玉米生产、防灾减灾有重要的现实意义。

1 资料与方法

1.1 资料选取 选用河西中部(张掖市)1981—2020 年玉米播种面积、产量和生长季(4—9 月)逐日日照时数资料, 以及 1984—2020 年玉米生育期资料, 玉米为制种玉米, 春性, 中早熟, 观测对象为母本, 抽雄开花期为父本。气象数据选取距

基金项目 2020 年度甘肃省高等学校产业支撑引导项目(2020C-34); 2020 年度干旱气象科学研究基金项目(IAM202009); 2021 年度甘肃省科技计划项目(20JR10RG823)。

作者简介 褚超(1987—), 男, 山东枣庄人, 工程师, 从事农业气象以及气候变化方面的研究。

收稿日期 2021-06-01

离玉米观测点较近的气象站。气象和玉米生育期资料来源于张掖市气象局,为实际观测值。玉米播种面积和产量资料来自张掖市统计局。

1.2 研究方法 将玉米生育期划分为出苗—拔节期(营养生长期)、拔节—吐丝期(营养生长与生殖生长并进期,简称并进期)、吐丝—成熟期(生殖生长期)3个阶段。①采用目前应用比较广泛的基于日照观测指标的太阳总辐射气候学方法^[20],计算公式为 $Q=Q_0(a+bS)$,式中, Q 表示月太阳总辐射(MJ/m^2); Q_0 是月天文总辐射值(MJ/m^2); S 是日照百分率(%); a 和 b 为经验系数。②采用一元线性回归、距平法和Mann-Kendall检验^[21]分析光能资源变化趋势,即 $x_t=a_0+a_1t$, $t=1,2,\dots,n$,式中, x_t 为气象要素的拟合值; $a_1\times 10$ 称为气候倾向率,表示气象要素每10年的变化率。③对春玉米产量采用正交多项式拟合趋势方程的方法,分离出趋势产量(Y_t)和气象产量(Y_w)。④用回归分析求取春玉米关键生长阶段太阳总辐射、日照时数与生长日数和气象产量的回归系数,分析光能资源在各个生育期对春玉米生长的影响情况。

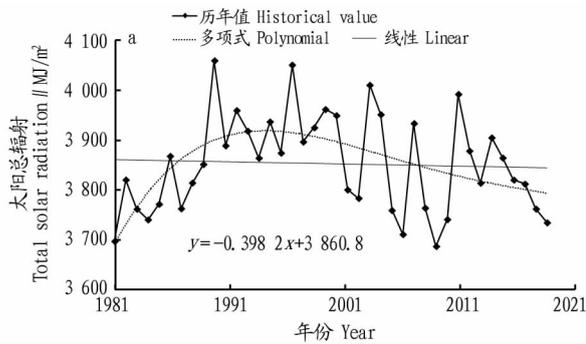


图1 1981—2020年张掖市春玉米生长季太阳总辐射(a)及其距平(b)变化

Fig. 1 Changes of total solar radiation (a) and its anomaly (b) during the spring corn growing season in Zhangye City from 1981 to 2020

2.2 日照时数 近40年来张掖市春玉米生长季日照时数随时间变化具有一定的波动性,线性拟合方程为 $y=-0.0876x+1675.9$ (图2);1981—1990、1991—2000、2001—2010和2011—2020年春玉米生长季日照时数拟合方程分别为 $y=16.508x+1555.6$ 、 $y=3.753x+1706.6$ 、 $y=-12.932x+1726.1$ 、 $y=-7.688x+1709.9$ 。由此可见,近40年来张掖市春玉米生长季日照时数总体为下降趋势,但前20年随时间呈上升趋势,后20年呈下降趋势。从生长季内各月日照时数来看,4、5、6月日照时数呈上升趋势,气候倾向率分别为7.00、1.16、1.01 h/10 a;7月为下降趋势,但幅度较小,气候倾向率仅为-0.10 h/10 a;8、9月为下降趋势,气候倾向率分别为-4.91、-5.04 h/10 a。

3 光能资源变化对玉米制种业的影响

3.1 对玉米生长的影响 玉米是喜光作物,光能资源的增加有利于延长玉米的全生育期,发育期天数增加,使得玉米的产量和品质有了明显提高^[22]。1981—2020年河西中部玉米播种期略有提前,但变化速率不大,为0.71 d/10 a;1981—2007年玉米播期提前较多,变化速率为3.53 d/10 a;2008年以来,变化较小;成熟期推后较多,变化速率为1.49 d/10 a。

2 光能资源变化分析

2.1 太阳总辐射 从图1a可以看出,近40年来张掖市春玉米生长季太阳总辐射总体呈下降趋势,且具有明显的波动性,但下降趋势不明显,气候倾向率仅为 $-3.98 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10 \text{ a})$;太阳总辐射最少的年份为2010年,仅为 $3687.20 \text{ MJ}/\text{m}^2$,最多的年份为1990年,为 $4059.87 \text{ MJ}/\text{m}^2$,最多年比最少年多10.11%。1981—1990、1991—2000、2001—2010和2011—2020年春玉米生长季太阳总辐射拟合方程分别为 $y=23.672x+3684.8$ 、 $y=4.868x+3901.1$ 、 $y=-17.938x+3933.9$ 、 $y=-12.251x+3900$,各年代年平均太阳总辐射分别为 3814.96 、 3927.90 、 3835.20 、 $3832.62 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 。从Mann-Kendall检验结果看,1981—2020年张掖市春玉米生长季太阳总辐射没有出现显著的突变现象。可见,张掖市玉米生长季太阳总辐射变化1981—1990年上升较为明显,1991—2000年呈波动性上升,趋势不明显,后20年呈显著下降趋势。张掖市春玉米生长季太阳总辐射距平变化呈现较为明显的年代特征(图1b),20世纪80年代为负距平,90年代为正距平,21世纪以来波动较大,但多以负距平为主。

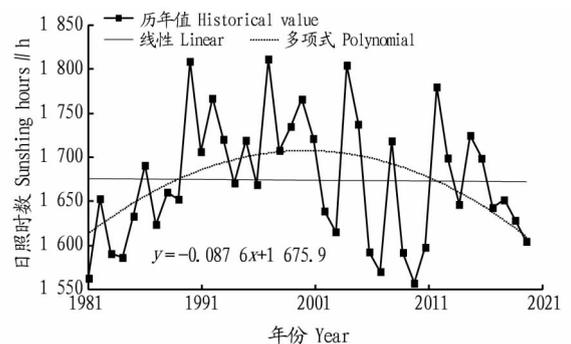
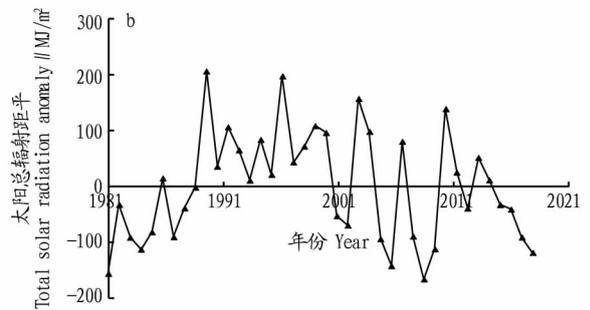


图2 1981—2020年张掖市春玉米生长季日照时数变化

Fig. 2 Change of sunshine hours in the spring maize growth period in Zhangye City from 1981 to 2020

这表明河西中部玉米播期提前,成熟期延后,全生育期延长。对玉米产量和光能资源的变化进行分析,发现玉米产量随日照时数增多略有增长,但相关性较差,主要是由于气象产量是由气象因子综合作用引起的,且玉米产量受种植制度、耕作方式、农业投入以及品种等影响较大。经研究发现(表1),1984—2020年河西中部春玉米全生育期生长日数与同期日照时数均呈增加趋势,气候倾向率分别为 $2.87 \text{ d}/10 \text{ a}$ 和

9.61 h/10 a,两者存在显著正相关。其中,1984—1995年日照时数和生长日数呈上升趋势,而1996—2007和2008—2020年春玉米日照时数呈现下降趋势、生长日数呈上升趋势。

势,可见河西中部春玉米出苗—成熟期生长日数和同期日照时数在1984—1995年存在正相关,在1996—2007和2008—2020年存在负相关。

表1 1984—2020年河西中部春玉米各生育阶段生长日数和日照时数变化气候倾向率

Table 1 The climatic tendency rate of the growth days and sunshine hours of spring corn in each growth stage in the central Hexi Corridor from 1984 to 2020

时段 Period	出苗—拔节 Seeding-jointing		拔节—吐丝 Jointing-silking		吐丝—成熟 Silking-maturity		出苗—成熟 Seeding-maturity	
	生长日数 Growth days d/10 a	日照时数 Sunshine hours h/10 a						
1984—1995年	0.52	57.17	2.97	47.46	8.85	87.59	12.34	192.23
1996—2007年	2.52	14.88	7.20	57.94	-5.49	-94.96	4.23	-51.90
2008—2020年	-6.15	-94.07	1.65	-25.49	4.12	62.35	3.68	-57.21
1984—2020年	-3.03	-24.05	2.46	15.49	3.44	18.17	2.87	9.61

光能资源的变化对河西中部制种玉米生长发育的影响因生长阶段不同而有所差异。在营养生长期(出苗—拔节期),1984—2020年春玉米生长日数与同期日照时数均呈下降趋势,两者存在正相关;1984—1995和1996—2007年日照时数和生长日数均呈上升趋势,2008—2020年日照时数和生长日数均呈下降趋势,表明河西中部制种玉米营养生长期日照时数和生长日数存在显著正相关。在营养生长期和生殖生长期并进期(拔节—吐丝期),1984—2020年春玉米生长日数与同期日照时数均呈上升趋势,两者存在正相关;1984—1995和1996—2007年日照时数和生长日数均呈上升趋势,而2008—2020年日照时数和生长日数呈负相关;由此可知,河西中部制种玉米营养生长期和生殖生长期并进期日照时数和生长日数在1984—1995和1996—2007年呈正相关,在2008—2020年呈负相关,这种负相关性可能是杂交玉米品种的变化和其他气象要素综合作用造成的。在生殖生长期(吐丝—成熟期),1984—2020年春玉米生长日数与同期日照时数均呈上升趋势,两者存在正相关;1984—1995和2008—2020年日照时数和生长日数均呈上升趋势,而1996—2007年生长日数和日照时数均呈下降趋势,表明河西中部制种玉米生殖生长期日照时数和生长日数存在显著正相关,生长日数对同期日照时数的增加表现为明显的延长趋势。

3.2 对玉米制种规模的影响 近40年河西走廊中部春玉米种植区域扩展,面积明显增加(图3)。在气候暖湿化背景下,由于光能资源与水热条件的综合作用,玉米种植上限高度已由海拔1500 m提升到海拔2000 m左右,张掖市适宜种植区由20世纪80年代的荒漠绿洲扩展到近2000 m海拔的沿山区,向东南延伸近50 km^[23]。近40年河西走廊中部春玉米种植面积增加迅猛,1981—2020年春玉米种植面积递增率为 $0.23 \times 10^4 \text{ hm}^2/\text{a}$ 。20世纪80年代张掖市春玉米年平均播种面积为 $1.72 \times 10^4 \text{ hm}^2$,90年代年平均播种面积为 $2.55 \times 10^4 \text{ hm}^2$,2001—2010年年平均播种面积为 $4.76 \times 10^4 \text{ hm}^2$,而2011—2020年年平均播种面积猛增至 $8.93 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其中大部分为制种玉米,成为该区域内播种面积最大的作物。同时,制种企业的规模也在不断发展壮大,现有规范化玉米制

种企业70多家,杂交品种900多个,制种面积近6700 hm²,占全省玉米制种面积的73%左右,占全国玉米制种面积的36%左右。

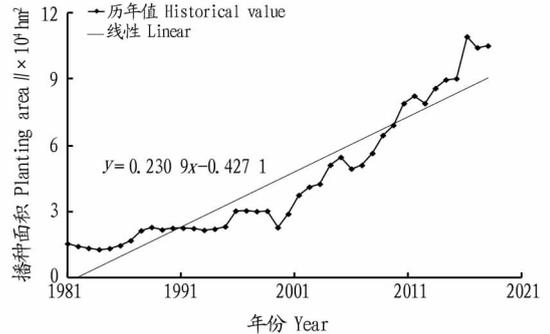


图3 1981—2020年张掖市春玉米种植面积变化

Fig. 3 Change of spring maize planting area in Zhangye from 1981 to 2020

3.3 对玉米种植方式的影响 河西走廊中部玉米制种主要采用父母本杂交制种技术,这种技术是根据双亲花期差别进行父母本分期、错期播种,使父母本花期相遇,完成杂交授粉,得到具备双亲优良性状的玉米种子。这种制种方法决定了制种玉米的生长发育比传统常规玉米对光能资源的变化更敏感,种植措施比常规玉米更严格,在制种过程中需要严格执行制种规程。其中对玉米种子产量、纯度和发芽率影响较大的生产过程,如播种、去雄、收获、晾晒等对光能等农业气候资源尤为敏感,在生产过程中需根据当地光、热、水等条件推测发育期,适时早播种,充分利用气候资源;父母本分期、错期播种,保证花期相遇;花期及时去雄,保证种子纯度;适时早收获,避开早霜冻对种子的不利影响;及早烘干晾晒,避免种子受冻影响发芽率。另外,根据气候预测做好施肥、喷药、灌溉等农事活动,同时还要预防因气象条件变化引起的气象灾害、病虫害等,做到趋利避害,促进河西玉米制种业健康持续发展。

4 结论

通过对河西走廊中部1981—2020年玉米生长季光照强度和光照时间的变化特征及其对制种玉米生长发育和玉米

制种规模影响的统计分析,得出以下结论:

(1) 1981—2020 年河西走廊中部春玉米生长期内光能资源总体呈波动下降趋势。光照强度和光照时间均在前 20 年随时间呈上升趋势,后 20 年呈下降趋势。20 世纪 80 年代年太阳总辐射为负距平,90 年代为正距平,21 世纪以来波动较大,但多以负距平为主。从生长期内各月日照时数来看,4—6 月日照时数呈上升趋势,7—9 月呈下降趋势。

(2) 春玉米播种期略有提前,成熟期推后速率为 1.49 d/10 a,全生育期延长。1984—2020 年河西中部春玉米全生育期生长期日数与同期日照时数均呈增加趋势,气候倾向率分别为 2.87 d/10 a 和 9.61 h/10 a,两者存在显著正相关。对玉米产量和光能资源的变化进行分析,发现玉米产量随日照时数增多略有增长,但相关性较差,主要是由于气象产量是由气象因子综合作用引起的,且玉米产量受种植制度、耕作方式、农业投入以及品种等影响较大。

(3) 1981—2020 年河西走廊中部春玉米制种面积和规模明显增加。近 40 年春玉米种植面积递增率为 0.23×10⁴ hm²/a,近 10 年年平均播种面积为 8.93×10⁴ hm²。现有规范化玉米制种企业近 70 家,杂交品种 900 多个,制种面积近百万亩,占全省玉米制种面积的 73%左右,占全国玉米制种面积的 36%左右。

(4) 光能资源等农业气候资源的变化导致河西中部玉米生长发育的变化,从而对制种生产的管理措施和农事活动产生一定影响,在玉米制种过程中尤其要关注气候变化,保证制种玉米优质高产。

参考文献

- [1] 卢洪. 我国种业自主创新发展道路探析[J]. 中国种业, 2018(3): 4-6.
- [2] 黄艳,蔡敏,严红梅. 浙江省太阳能资源分布特征及其初步区划研究[J]. 科技通报, 2014, 30(5): 78-85.
- [3] 陈中钰,吕结. 近 44 年四川太阳辐射时空变化特征[J]. 高原山地气象

研究, 2018, 38(3): 56-60.

- [4] 钱莉,刘明春,杨永龙,等. 1960 年至 2009 年河西走廊东部太阳辐射变化规律及太阳能资源利用分析[J]. 资源科学, 2011, 33(5): 823-828.
- [5] 陶苏林,戚易明,申双和,等. 中国 1981—2014 年太阳总辐射的时空变化[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(11): 143-147.
- [6] 杜东升,张剑明,张建军. 湖南省太阳能资源时空分布特征及评估[J]. 中国农学通报, 2015, 31(36): 170-175.
- [7] 胡琦,潘学标,李秋月,等. 气候变化背景下东北地区太阳能资源多时间尺度空间分布与变化特征[J]. 太阳能学报, 2016, 37(10): 2647-2652.
- [8] 王彦平,李红艳,谢晓丽. 呼伦贝尔市近 30 年太阳能资源区划与评估[J]. 中国农学通报, 2017, 33(8): 119-123.
- [9] 杨丽桃,江像评. 内蒙古近 50 年生长期日照时数变化特征[J]. 气象科技, 2012, 40(5): 854-857.
- [10] 郑洪建,董树亭. 生态因素与玉米产量关系的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2000, 31(3): 315-319.
- [11] 史建国,朱昆仑,曹慧英,等. 花期期光照对夏玉米干物质积累和养分吸收的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(1): 46-52.
- [12] 张德汴,翟继超. 气候变化与玉米生产的响应分析:以 1961—2010 年开封市玉米生产为例[J]. 河南科学, 2011, 29(9): 1066-1069.
- [13] 胡海瑞,王靖. 华北平原夏玉米各生育阶段农业气候要素变化特征[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(4): 251-258, 267.
- [14] 王占彪,王猛,尹小刚,等. 气候变化背景下华北平原夏玉米各生育期水热时空变化特征[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(4): 473-481.
- [15] 孟林,刘新建,郭定荣,等. 华北平原夏玉米主要生育期对气候变化的响应[J]. 中国农业气象, 2015, 36(4): 375-382.
- [16] 曹玲,邓振镛,窦永祥,等. 气候变暖对河西走廊绿洲灌区玉米产量影响及对策研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(5): 1043-1048.
- [17] 曹铁华,梁恒赫,刘亚军,等. 吉林省气候变化对玉米气象产量的影响[J]. 玉米科学, 2010, 18(2): 142-145.
- [18] 李永华,陈立春,倪全明. 气候变化对莱阳玉米生产的影响[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(17): 170-173.
- [19] 童碧庆. 贵州玉米生产光能资源研究[J]. 耕作与栽培, 2004(4): 54-56.
- [20] 冯鑫媛,龙清怡,王海霞. 西北地区太阳总辐射的气候学计算及分布特征[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 981-983.
- [21] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 2 版. 北京:气象出版社, 2007: 69-72.
- [22] 马红勇,庞成,白青华,等. 气候暖湿变化对黑河流域绿洲农业生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(1): 225-232.
- [23] 殷雪莲,王涓力. 张掖市农耕地热量资源变化特征及对农业生产的影响[J]. 冰川冻土, 2015, 37(5): 1406-1411.

(上接第 179 页)

- [8] YAO Y Z, LONG M. The biological detoxification of deoxynivalenol: A review[J/OL]. Food and chemical toxicology, 2020, 145[2020-11-17]. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111649>.
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量: GB 2761—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [10] 林芳,王一欣,袁磊,等. 玉米粉中脱氧雪腐镰刀菌烯醇的测定能力验证结果分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6406-6411.
- [11] 王伟岗,项厚生,吴海峰,等. 小麦粉中脱氧雪腐镰刀菌烯醇测定方法比较与分析[J]. 广州化工, 2020, 48(23): 100-103.
- [12] 彭茂民,刘丽,王小飞,等. 免疫亲和柱净化-HPLC 法测定小麦粉中的黄曲霉毒素 B₁、玉米赤霉烯酮和脱氧雪腐镰刀菌烯醇的含量[J]. 食品科技, 2017, 42(9): 305-308.
- [13] 邵亮亮,应美蓉,杜京霖,等. 复合免疫亲和柱净化高效液相色谱法同时测定小麦中的 4 种真菌毒素[J]. 食品科技, 2021, 46(2): 328-334.
- [14] 姚霞,莫立,兰瑞容,等. 液相色谱法和液质联用法检测玉米中的脱氧雪腐镰刀菌烯醇的比较[J]. 中国酿造, 2019, 38(1): 164-169.

- [15] 杨亚静,张春春. QuEChERS-HPLC-MS/MS 法检测谷类杂粮制品中 4 种真菌毒素[J]. 中国酿造, 2020, 39(10): 172-175.
- [16] 雷方,李承龙,张新,等. 免疫磁珠亲和纯化-超高效液相色谱串联质谱法快速检测小麦中多种真菌毒素[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(3): 1252-1260.
- [17] 农蕊瑜,赵丽,申颖,等. 多功能净化柱净化-超高效液相色谱串联质谱法检测云南所售部分面条及面条制品中的 6 种真菌毒素[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(22): 7533-7539.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇及其乙酰化衍生物的测定: GB 5009. 111—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [19] 赵晶晶,张振华,刘青,等. 免疫亲和层析净化超高效液相色谱法测定玉米中脱氧雪腐镰刀菌烯醇含量结果的不确定度评价[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(8): 119-125, 132.
- [20] 王丽玲. 能力验证. 实验室间比对常用统计技术及评定方法[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(8): 985-986.
- [21] 王秀媛,李培武,张奇,等. 能力验证中粮油真菌毒素检测技术研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(4): 650-656.