

调 查 研 究

Investigations

陕西关中 2018 年春季小麦冻害及引发赤霉病
调查与分析靳鹏飞¹, 朱运启¹, 王 峭¹, 李 倩², 李 强^{1*}, 王保通^{1*}

(1. 西北农林科技大学植物保护学院, 旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 杨凌 712100;

2. 陕西省渭南市农业科学研究所, 渭南 714000)

摘要 2018 年采用田间调查法对陕西关中地区 20 个县(区)小麦冻害率及受冻畸形麦穗上赤霉病的发病率进行了调查,并对畸形麦穗上的病原菌进行分离鉴定,分析了冻害的成因和畸形麦穗感病的原因,提出了预防策略。结果显示,陕西关中不同地区小麦受冻害程度不同,西北部地区冻害程度严重,冻害率最高可达 24%;由室内鉴定可知,受冻麦穗易感染赤霉菌引发赤霉病,且相同地区的不同品种及相同品种在不同地区的发病率有较大的差异,西部较湿润地区冻害穗赤霉病发病率达 80%以上,东部旱塬地区基本在 70%以下。表明小麦冻害及冻害穗上赤霉病严重程度存在地区与品种差异性。

关键词 陕西关中; 小麦冻害; 赤霉病

中图分类号: S 435.121.45 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018334

Investigation and analysis of winter wheat frost damage and Fusarium
head blight in Guanzhong of Shaanxi province in spring of 2018JIN Pengfei¹, ZHU Yunqi¹, WANG Qiao¹, LI Qian², LI Qiang¹, WANG Baotong¹

(1. College of Plant Protection, Northwest A & F University, State Key Laboratory of

Crop Stress Biology in Arid Areas, Yangling 712100, China; 2. Agricultural

Sciences Institute of Weinan, Shaanxi Province, Weinan 714000, China)

Abstract The incidence of wheat frost damage and FHB disease on damaged wheat ears was investigated in the fields in 20 counties (districts) in Guanzhong of Shaanxi in 2018. The pathogen was isolated and identified, the causes and influencing factors of frost damage and the disease were analyzed, and some prevention strategies were proposed. The results showed that the degree of wheat frost damage in different regions of Guanzhong in Shaanxi was different, which was up to 24% in the northwestern part. Indoor identification showed that the damaged ear by frost is highly susceptible to FHB, the disease incidence of different varieties in the same region and the same variety in different regions were all quite different. The incidences of FHB on frost-damaged ear in the humid regions of western areas were all over 80%, and those in the eastern drought areas were below 70%. The results indicated that there were regional and varietal differences in the severity of wheat frost damage and FHB on the frost-damaged ear.

Key words Guanzhong, Shaanxi; wheat frost damage; Fusarium head blight

小麦是陕西省主要的粮食作物,在全省夏粮作物中占主导地位,近 5 年全省平均种植面积及总产量分别占夏粮的 86.9%和 90.1%,其种植区主要分

布在陕北南部、关中和陕南浅山丘陵区^[1-2]。其中,关中地区是陕西省小麦的主要产区,其播种面积约占全省小麦总播种面积的 90.5%,按浇灌方式的不

收稿日期: 2018-07-27

修订日期: 2018-09-13

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0300304, 2018YFD0200500, 2016YFD0300705); 国家小麦产业技术体系(CARS-3-1)

* 通信作者 E-mail: qiangli@nwsuaf.edu.cn; wangbt@nwsuaf.edu.cn

同又分为旱塬和灌区^[3]。小麦因生长期较长,受温度、降水的影响明显^[4-5],一般容易发生越冬期冻害、返青起身期初春冻害和晚霜冻害^[6]。关中地区以晚霜冻害为主,常使麦苗在越冬后返青拔节时受冻,造成抽穗不齐、小穗空瘪,甚至完全不抽穗,严重影响穗数,导致大幅减产^[1]。

小麦赤霉病(*Fusarium head blight*, FHB)是世界性的小麦穗部病害之一,主要由禾谷镰刀菌感染引起^[7]。病菌感染小穗并通过在每个小穗底部的轴节生长而在整个穗部定殖,造成小麦大幅减产甚至绝收,还会产生以脱氧雪腐镰刀菌烯醇(*deoxynivalenol*, DON)为主的真菌毒素^[8]。带毒素病麦制成的面粉食用后会使人和其他动物产生呕吐、眩晕、发烧、腹泻甚至出血等急性中毒症状,危害极大^[9-11]。因此,小麦赤霉病的研究在保障我国粮食安全方面有很重要的作用。

陕西关中地区 2018 年早春受特殊天气影响,小麦受严重春季冻害导致不同程度的减产。经田间调查和室内分离培养与鉴定,发现冻害引起的抽穗不齐或麦穗畸形的小麦穗极易感染赤霉菌。基于此,本研究对陕西关中地区 2018 年春季小麦冻害率和受冻穗赤霉病发病率进行调查,并分析冻害的成因以及冻害与发生赤霉病的关系,以期为今后小麦冻害和赤霉病的预防提供参考与依据。

1 材料与方法

1.1 田间调查

1.1.1 调查时间与地点

2018 年 4—5 月,在陕西关中小麦主产区宝鸡、咸阳、西安、渭南 4 市 20 县(区)设 80 个调查点。

1.1.2 调查方法

在 20 个县(区)每县(区)随机调查 4 个点,每点随机调查 100 株小麦作为大田普查;在渭南市农业科学研究所试验田所在地蒲城对 7 个不同小麦品种进行调查,每品种调查 400 株作为同一地区不同品种的对照;在千阳、杨凌和蒲城 3 个地区对‘小偃 22’、‘郑麦 9023’各调查 400 株作为不同地区同一品种的对照。通过田间症状鉴别,记录各自冻害率、冻害穗赤霉病发病率和‘小偃 22’、‘郑麦 9023’在 3 个地区未受冻穗的赤霉病发病率。

1.2 冻害麦穗上赤霉病病原菌的分离与鉴定

分别从各点采集的病穗上挑取病样组织,采用单孢分离法在 PDA 培养基上分离培养得到纯化菌株,保存待鉴定;根据分生孢子的形态和着生方式、子囊孢子的产生及形态等特征^[12],对照 Booth^[13]的分类资料进行综合鉴定,确定镰刀菌种或变种。

1.3 数据统计与分析

根据田间调查和实验室病原菌鉴定结果,计算冻害率及冻害后赤霉病病穗率。

冻害率=(受冻穗数/调查总穗数)×100%;

受冻麦穗赤霉病发病率=(受冻麦穗中赤霉病穗数/受冻穗数)×100%;

未受冻麦穗赤霉病发病率=(未受冻麦穗中赤霉病穗数/未受冻穗数)×100%。

2 结果与分析

通过田间症状鉴别和室内病原菌分离培养与鉴定,确定受冻害麦穗易感染赤霉菌菌诱发赤霉病。对陕西省 4 市 20 县 80 个调查点的小麦冻害及冻害穗赤霉病发病的调查和统计结果见表 1,结果表明:关中地区小麦冻害率自东向西有逐渐加重趋势,受冻变畸麦穗易发赤霉病且发病率较高。

表 1 2018 年春季陕西关中小麦冻害及冻害穗赤霉病调查结果

Table 1 Investigation results of wheat frost damage and FHB on damaged wheat ear in Guanzhong, Shaanxi province, in spring of 2018

地区 Region		受冻穗数/个 Number of damaged ear by frost	冻害率/% Rate of frost damage	受冻麦穗中感赤霉病穗数/个 Number of FHB-infected ears in frost-damaged ears	受冻麦穗赤霉病发病率/% Incidence of FHB in frost-damaged wheat ears
宝鸡 Baoji	千阳 Qianyang	96	24.00	65	67.71
	凤翔 Fengxiang	90	22.50	80	88.89
	岐山 Qishan	73	18.25	71	97.26
	扶风 Fufeng	63	15.75	58	92.06
	陈仓 Chencang	32	8.00	29	90.63
	眉县 Meixian	23	5.75	19	82.61

续表 1 Table 1(Continued)

地区 Region		受冻穗数/个 Number of damaged ear by frost	冻害率/% Rate of frost damage	受冻麦穗中感赤霉病穗数/个 Number of FHB-infected ears in frost-damaged ears	受冻麦穗赤霉病发病率/% Incidence of FHB in frost-damaged wheat ears
咸阳 Xianyang	杨凌 Yangling	31	7.75	23	74.19
	武功 Wugong	25	6.25	18	72.00
	兴平 Xingping	17	4.25	13	76.47
	乾县 Qianxian	21	5.25	15	71.43
	礼泉 Liquan	22	5.50	16	72.73
	泾阳 Jingyang	7	1.75	5	71.43
西安 Xi'an	三原 Sanyuan	11	2.75	7	63.64
	高陵 Gaoling	5	1.25	2	40.00
	阎良 Yanliang	7	1.75	4	57.14
	渭南 Weinan	5	1.25	3	60.00
	蒲城 Pucheng	29	7.25	19	65.52
	大荔 Dali	3	0.75	2	66.67
渭南 Weinan	华州 Huazhou	3	0.75	2	66.67
	临渭 Linwei	4	1.00	3	75.00

所调查冬小麦冻害症状(图 1a、b)主要表现为抽穗不齐或完全不抽穗,按严重程度分为小花败育、半截穗、白穗和“哑巴穗”4 种症状。在抽穗不齐或完全不抽穗的穗部容易出现红褐色赤霉病症状(图 1c、d)。



a: 受冻麦穗; b: 多个受冻麦穗; c: 受冻麦穗感染赤霉病; d: 多个感染赤霉病的受冻麦穗
a: Damaged wheat ear by frost; b: A lot of damaged wheat ears by frost; c: Frost-damaged wheat ear infected by FHB; d: A lot of frost-damaged wheat ears infected by FHB

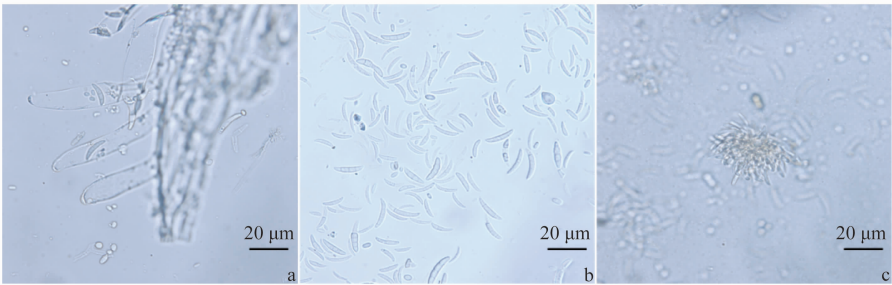
图 1 小麦受冻麦穗及感染赤霉病后的症状

Fig. 1 Symptoms of frost-damaged wheat ears infected by FHB

2.1 小麦冻害麦穗上赤霉病病原菌的分离与鉴定

将各调查点随机采取病株标样分离培养,经鉴定发现 20 个县(区)80 个调查点共 420 株受冻害且发生赤霉病样穗,均能分离出禾谷镰刀菌,其子囊

(图 2a)无色,棍棒状,内生子囊孢子 8 个,有时因释放或其他原因少于 8 个;分生孢子(图 2b)镰刀型,顶端钝,基部一侧突缢,有 3~5 个隔膜,单孢子无色,集聚时呈现粉红色。



a: 子囊及子囊孢子; b: 分生孢子; c: 分生孢子座及分生孢子
a: Ascus and ascospores; b: Conidia; c: Sporodochidium and conidia

图 2 小麦冻害穗上赤霉病病原菌的分离镜检结果

Fig. 2 Microscopic examination of isolated pathogen of FHB on frost-damaged wheat ears

2.2 小麦冻害的成因分析

2.2.1 冷暖骤变

据陕西省气象局统计分析,2018年春季3月份的有效积温是陕西省自1961年有气象记录50多年以来最高的一次,高的积温加快了小麦的生长发育进度,使其提早进入拔节孕穗、抽穗期,此时也正是小麦的低温敏感期,抗寒能力差。4月6日晚到7日早西北强冷空气急速南下,气温骤降,降幅达8~18℃,个别产区下降20℃,多地出现极端倒春寒,千阳、岐山、礼泉等地气温降到-5℃。而且此次低温持续时间长。一般霜冻持续2~3 h,这次有害低温延续时间达6 h左右,使小麦受到严重冻害。因此,2018年春季高温天气的提前到来和清明前后突发

倒春寒形成冷暖骤变、暖寒交替的特殊气候现象是本年度小麦遭受严重冻害的主要因素之一。

2.2.2 品种及地区差异性

在蒲城对7个不同小麦品种进行冻害率调查(表2),发现不同品种在相同条件下抗寒性能存在差异。如‘宛麦505’的冻害率达23.00%,而最抗冻的‘渭丰151’冻害率仅为2.75%。在千阳、杨凌及蒲城3个地区对小麦品种‘小偃22’和‘郑麦9023’进行冻害率调查(表3),发现同一品种在不同地区抗寒性能也存在差异。如两个品种在千阳地区的冻害率均可达到30%左右,而在蒲城地区的冻害率却不到3%。所以,选择抗寒性较强且适合当地种植的品种对预防小麦冻害的发生很有必要。

表2 陕西蒲城地区7个不同品种小麦冻害及冻害后赤霉病调查结果

Table 2 Investigation results of frost damage and FHB on 7 different wheat varieties in Pucheng county, Shaanxi province				
品种 Variety	受冻穗数/个 Number of damaged ear by frost	冻害率/% Rate of frost damage	受冻麦穗中感赤霉病穗数/个 Number of FHB-infected ears in frost-damaged ears	受冻麦穗赤霉病发病率/% Incidence of FHB in frost-damaged wheat ears
洛旱17	13	3.25	9	69.23
中麦570	77	19.25	35	45.45
普冰151	15	3.75	14	93.33
盛农一号	34	8.50	34	100.00
渭丰151	11	2.75	10	90.91
长4853	13	3.25	6	46.15
宛麦505	92	23.00	88	95.65

表3 两个小麦品种在三个不同地区冻害及冻害穗赤霉病调查结果

Table 3 Investigation results of frost damage and FHB on frozen ears of two wheat varieties in three different regions								
品种 Variety	地区 Region	受冻穗数/个 Number of damaged ear by frost	冻害率/% Rate of frost damage	受冻麦穗中感赤霉病穗数/个 Number of FHB-infected ears in frost-damaged ears	受冻麦穗赤霉病发病率/% Incidence of FHB in frost-damaged wheat ears	未受冻穗数/个 Number of normal ears	未受冻麦穗中感赤霉病穗数/个 Number of FHB-infected ears in normal ears	未受冻害穗赤霉病发病率/% Incidence of FHB in normal wheat ears
小偃22	千阳	89	28.62	43	48.31	311	15	4.82
	杨凌	31	8.40	22	70.97	369	38	10.30
	蒲城	10	2.56	5	50.00	390	35	8.97
郑麦9023	千阳	101	33.78	51	50.50	299	16	5.35
	杨凌	33	8.99	24	72.73	367	49	13.35
	蒲城	11	2.83	6	54.55	389	39	10.03

2.3 冻害后小麦易感赤霉病的原因分析

2.3.1 冻害造成穗部伤口

由表3中‘小偃22’和‘郑麦9023’在千阳、杨凌和蒲城3个地区受冻害情况可知,同地区同品种受冻害小麦穗赤霉病发病率远高于未受冻害穗。小麦赤霉病菌以芽管或菌丝直接侵入寄主表皮细胞,菌丝先附着于花药壁及颖片内侧壁上,随后从表皮细胞的细胞间隙或细胞内直接侵入。在花药的自然裂口处,可能存在促进病原菌生长的生化物质,常聚集许多菌丝,这些菌丝通过自然裂口直接侵入花药。

而本年度小麦受冻害影响,穗部形成较多自然伤口,为菌丝的侵入提供了天然的孔口,促进了赤霉病菌的侵染。因此冻害形成的伤口是冻害穗易发赤霉病的直接因素。

2.3.2 气候条件

相对于东部旱塬地区来说,宝鸡、咸阳等西部灌区的小麦受冻后赤霉病发病率更高。2018年早春提前到来的高温加快了地表玉米秸秆上的病菌子囊壳及病原孢子的形成,多雨的天气又有利于病菌孢子的成熟和释放,病菌到达麦穗后高温多湿的条件

又促进病菌孢子的萌发与侵染以及新孢子的形成,特别是湿度对于病穗上分生孢子的形成有着至关重要的作用。宝鸡、咸阳等西部灌区地区比东部旱塬湿度稍高,更有利于赤霉病菌孢子的萌发与侵染,冻害后感染赤霉病的发病率也更高。

2.3.3 菌源量

在凤翔、岐山和扶风等大多数地区小麦受冻害严重,冻害穗赤霉病发病率可达 90% 左右,然而冻害也很严重的千阳地区冻害穗赤霉病发病率只有 67.71%。综合分析可能是千阳县山地属干旱地,影响了赤霉病病原菌的发育,某些调查点恰好处于低菌源量区,所以即使冻害严重,但菌源量有限,冻害穗赤霉病发病率仍然较低。因此,菌源量的大小是受冻麦穗赤霉病发生的又一重要因素。

2.3.4 品种的感病性

在蒲城对 7 个不同品种进行冻害穗赤霉病发病率调查,发现在栽培管理条件基本一致的情况下,不同小麦品种在同样遭受冻害后赤霉病发病率相差较大。因此,冻害穗赤霉病发病率与小麦品种对赤霉病菌的感病性有很大关系。

3 结论与讨论

3.1 小麦冻害及受冻麦穗易感赤霉病的主要原因

综合调查分析,2018 年陕西关中地区小麦冻害主要成因包括高温天气提早到来,倒春寒导致温度大幅骤降,品种自身抗冻性较差等。此外,播期不适、播量过大、氮肥过多、耕作管理粗放等栽培因素以及冻害发生时不同品种所处发育期的不同对小麦冻害也有很大影响^[14-15]。经实验室分离鉴定及田间调查统计分析可知,受冻害小麦易引发赤霉病,主要原因是冻害麦穗形成的自然伤口为菌丝的侵入提供了更多的天然孔口,加上提前到来的高温多湿天气为赤霉病菌的孢子萌发、侵染与传播都提供了有利条件。是否还有其他因素的影响,有待于进一步研究。此外,小麦冻害穗赤霉病发病率还与各地菌源量的多少、不同品种所处发育期以及品种自身对赤霉病菌的感病性有关。

3.2 受冻麦穗危害严重

虽然受冻麦穗因大部分很难形成籽粒而在发生赤霉病后不会对小麦的产量造成再次损害,但是发病麦穗所携带的大量病原菌可以随着收获感染健康的籽粒,造成小麦籽粒带菌,如果收获期恰逢连阴雨天气,可能会造成大量籽粒感病,或者在贮藏期发病;带病的种子播种出苗后也会加重下年苗期病害的发

生。其造成后期危害的程度需要今后继续加强研究。

3.3 小麦冻害及受冻麦穗赤霉病的防控

针对小麦冻害,做出以下防控策略:首先应该选择抗冻、对赤霉病抗性较好的品种,在天气情况许可的条件下适时、适量播种,精细化耕作管理;其次应密切关注天气变化情况,在降温前及时灌溉、改善土壤水分状况、提高土壤热容量、减小地面温度变化幅度以预防冻害;冻害发生后,及时追施适量氮肥并浇水,促进受冻小麦恢复生长^[16],同时应重点加强赤霉病的预防,在抽穗和扬花初期可通过适时、适量喷洒苯并咪唑类杀菌剂防治。

参考文献

- [1] 孔坚文. 陕西省冬小麦气象灾害风险评估及区划[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2014.
- [2] 郑小华, 屈振江, 鲁渊平, 等. 气候变化对陕西省冬小麦种植布局的影响分析[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(3): 244-251.
- [3] 王新中, 欧阳韶辉, 于新智, 等. 陕西关中优质小麦产业化发展之思考[J]. 粮食加工, 2004(6): 14-19.
- [4] 庞锡富, 孙培章, 刘洪彬, 等. 冬小麦霜冻害的成因、表现与防御[J]. 耕作与栽培, 1994(5): 43-45.
- [5] 曾英, 黄祖英, 张红娟. 气候变化对陕西省冬小麦种植区的影响[J]. 水土保持通报, 2007(5): 137-140.
- [6] 杨建辉. 加强麦田后期管理的五项措施[N]. 陇东报, 2011-06-09(3).
- [7] 刘易科, 佟汉文, 朱展望, 等. 小麦赤霉病抗性机理研究进展[J]. 中国农业科学, 2016, 49(8): 1476-1488.
- [8] BÖNNIGHAUSEN J, SCHAUER N, SCHÄFER W, et al. Metabolic profiling of wheat rachis node infection by *Fusarium graminearum*-decoding deoxynivalenol-dependent susceptibility[J]. New Phytologist, 2019, 221(1): 459-469.
- [9] 王震, 李金秀, 张彬, 等. 赤霉病对陕西省主栽小麦品种品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(5): 551-557.
- [10] BAIG, SHANER G. Management and resistance in wheat and barley to *Fusarium* head blight 1[J]. Annual Review of Phytopathology, 2004, 42: 135-161.
- [11] FOROUD N A, EUDES F. Trichothecenes in cereal grains[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2009, 10: 147-173.
- [12] 张汝通, 雷国新, 董成森, 等. 湖南小麦赤霉病菌种类鉴定初报[J]. 湖南农学院学报, 1983(2): 71-78.
- [13] BOOTH C. The genus *Fusarium* [M]. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England, 1971.
- [14] 李振强. 浅析小麦冻害及预防补救措施[J]. 农业与技术, 2018, 38(5): 108-109.
- [15] 王晨阳. 我省小麦晚霜冻害的危害特点与防御补救措施[N]. 河南科技报, 2018-04-24(B07).
- [16] 农业部小麦专家指导组, 农业部油料专家指导组, 全国农业技术推广服务中心. 2018 年春季田管技术看这里[N]. 农民日报, 2018-03-20(8).

(责任编辑: 杨明丽)