

# 小麦白粉病

*Автор(и):* гл.ас. д-р Йорданка Станоева, Добруджански земеделски институт в гр. Ген. Тошево

*Дата:* 18.04.2025 *Брой:* 4/2025



## 摘要

冬小麦是世界上最具价值和高产的作物之一，对于人口粮食供应具有首要重要性。它是一种适应性很强的作物，可以在各种气候条件和不同土壤类型下种植。我国的小麦生产每年都伴随着各种病害，这些病害对产量有重大影响。小麦白粉病在所有种植小麦的地区都是一种广泛传播的病害。它几乎每年都会出现，其感染频率和强度取决于气候条件和所栽培品种的感病性。温和的温度、较高的相对湿度以及密集的小麦植株会刺激白粉病的发展。



图 1. 叶片上的白粉病症状

白粉病的症状影响小麦植株的所有地上部分，其中最明显的是叶片上的症状（图 1、2 和 3）。最早的症状在秋季即可在幼苗叶片上观察到。在后期阶段，症状可能影响叶鞘、茎秆和穗部。在受侵染的器官上，可以观察到白色至灰白色的粉状真菌生长物（孢子堆），这些生长物会扩展并可能覆盖整个叶片。随着时间的推移，生长物呈现淡褐色，其中会出现黑色小体——真菌的闭囊壳。



图 2. 穗部白粉病症状

<https://cropprotectionnetwork.org/encyclopedia/powdery-mildew-of-wheat>

在病害严重发生的情况下，呼吸作用和蒸腾作用大大增强，导致植株体内水分和糖分短缺。根系发育较差，地上部分生长减弱，产量降低且品质较差。病原菌在春季早期发展以及直到开花生长阶段都适宜其传播的条件，可能导致显著的生产力损失。在旗叶于开花期严重感染的情况下，观察到的产量损失最大。



图 3. 禾本科布氏白粉菌小麦专化型 (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*) 的菌丝体和闭囊壳

**病原菌：**小麦白粉病的致病菌是子囊菌门真菌 禾本科布氏白粉菌小麦专化型 (*Blumeria graminis* (DC Speer) f.sp. *tritici*)，其分生孢子阶段为 *Oidium monillioides* Link。该真菌以菌丝体和分生孢子在秋季受侵染的作物中越冬。闭囊壳对于越冬和作为春季侵染源的重要性较小。真菌在受侵染器官的表面发育，通过附着胞附着其上，并借助吸器从表皮细胞获取养分。分生孢子为单细胞、无色、椭圆形，在直立、不分枝、短的分生孢子梗顶端呈链状排列。分生孢子大量形成，与菌丝一起在植株受侵染部位呈现为粉状生长物。病原菌在整个生长季节通过分生孢子传播。在适宜条件下，每 7 到 10 天形成新的分生孢子。其生物学的一个重要特征是，萌发需要接近 100% 的高空气湿度。在水滴中它们会丧失萌发能力。它们在较宽的温度范围（3 至 31°C）内均可萌发，最适温度为 17°C。低湿度有利于分生孢子的形成和传播，而高湿度则有利于侵染过程和分生孢子的存活。子囊孢子在生长季末期的闭囊壳中形成。在我国条件下，它们用于真菌在夏季的保存。子囊孢子为单细胞、无色、椭圆形，大小为 20-30 x 10-13 微米。在秋季，当闭囊壳充分湿润时，子囊孢子被弹射出来，随风传播，侵染自生苗或秋季幼苗。侵染发生在 0 至 25°C 的温度下（最适 15 至 21°C），潜伏期为 3 至 11 天。

**发展条件：**凉爽潮湿但光照充足且降水不多的天气有利于白粉病的发展。植株密度过大以及不平衡施肥（高氮肥用量）有利于病原菌的发展。病原菌群体的多样性及其相应发展与温度波动和降水量密切相关。在某些情况下，气候条件刺激病原菌的发展，而在另一些情况下则大大减少病害的繁殖和传播。当日间最高温度超过 10°C 时，观察到病原菌群体显著增加。温度高于 25°C 时，白粉病的发展受到限制，分生孢子形成停止。白粉病发展的最

适温度范围为 15 至 20°C。高相对湿度（高于 85%）有利于侵染，而强降雨有助于冲刷掉已形成的分生孢子，并大大减少其传播。降雨对白粉病的影响在不同地区因降水量而异（Cao 等，2012；Stanoeva，2019）。

种植抗病品种是防治该病最经济有效且最环境安全的方法。不幸的是，由于在禾本科布氏白粉菌小麦专化型群体中观察到的相当大的毒力多样性（表现为大量的生理小种——基于其克服抗性基因的能力对分离株进行分组），对病原菌的抗性并非恒定不变。对我国该真菌毒力多样性的研究表明，每年在病原菌群体中至少观察到 3-4 个生理小种。根据过去五年在国内进行的研究，已鉴定出 73 个小种，其中 6 个对保加利亚是新小种。品种的抗性取决于控制其抗性的基因的有效性，即阻止特定生理小种侵染的能力。目前，已报道超过 68 个抗白粉病基因（Li 等，2019；He 等，2021；Zhang 等，2022）。在过去五年保加利亚研究的 20 个小种特异性基因中，基因 Pm 1、Pm 3c 和 Pm 17 显示出最高的有效性（Iliev 和 Stanoeva，2013；Stanoeva，2017）。基因 Pm 5 和 Pm 6，以及基因组合 Pm 2+6 和 Pm 1+2+9 则表现为低有效性（Stanoeva，2023a,b）。

植物检疫和农艺措施对于预防白粉病的发展具有实质性重要意义。销毁植物残体和自生苗可以限制生长季节初期的初侵染源。早播，特别是在温暖潮湿的秋季年份，为作物在其发育初期即遭受严重侵染创造了条件。高播种量导致植株过密，从而维持作物群体内的高湿度。不平衡的高氮肥施肥促进植株旺盛生长，但会降低其耐受性。

化学防治是控制白粉病最常用的方法。

就白粉病侵染而言，小麦发育的关键时期是从分蘖到抽穗（生长阶段 21-59），尤其是从第一芒出现到完全抽穗（生长阶段 49-59）。当达到经济损害水平时需要进行治疗，该水平在第一节-第二节和旗叶出现-开花生长阶段为 10% 的感染率。适合使用的是来自 DIM、SDHI、甲氧基丙烯酸酯类（strobilurin）及其他类别的已授权杀菌剂。如果白粉病与其他病害同时发生，良好的植物保护实践是使用对全部病害复合体都有活性的杀菌剂。

---

## 参考文献

1. Iliev I., Stanoeva Y., 2013. 2010-2012年期间保加利亚小麦白粉病病原菌群体的毒力多样性。科学著作，卡诺巴特农业研究所，卷 2 (1): 219-228。
2. Stanoeva Y., 2023 a. 保加利亚禾本科布氏白粉菌小麦专化型的生理小种组成及部分 Pm 基因的有效性。植物科学，60(2), 第 3-11 页。
3. Cao, X.R., Luo, Y., Zhou, Y.L., Duan, X.Y., and Cheng, D.F. 2013. 利用冠层高光谱反射率检测两个冬小麦品种的白粉病。作物保护。45:124-131。

4. He H, Liu R, Ma P, Du H, Zhang H, Wu Q, Yang L, Gong S, Liu T, Huo N, 等。2021. 鉴定希腊硬粒小麦 TRI 1796 染色体 2BS 上的新抗白粉病基因 Pm68。理论与应用遗传学。134:53–62。
5. Li G, Cowger C, Wang X, Carver BF, Xu X. 2019. 鉴定兼用型小麦品种染色体 2AL 上的新抗白粉病基因 Pm65。理论与应用遗传学。132:2625–2632。
6. Stanoeva Y., 2023 b. 2020-2021年期间保加利亚禾本科布氏白粉菌小麦专化型群体的毒力多样性。巴尔干山区农业杂志, 26 (5):96-108。
7. Stanoeva Y.,2017. 2013-2015年期间保加利亚 禾本科布氏白粉菌小麦专化型 群体小种变异性研究。第二届国际巴尔干农业大会会议录, 2017年5月16-18日, 44-49。
8. Stanoeva, Y. (2019). 2016-2017年期间多布罗加农业研究所小麦白粉病的分布动态。大田作物研究, XII(4), 63-72. 保加利亚文。
9. Zhang Y., X. Wu, Wang, Y. Xu, H. Sun, Y. Cao, T. Li and M. Karimi-Jashni, 2022. 禾本科布氏白粉菌小麦专化型的毒力特征及其基于 EST-SSR 分析的遗传多样性。PeerJ 10:e14118 DOI 10.7717/peerj.14118