

冬小麦旗叶和籽粒水分状况 对灌浆过程的影响*

孙 群 荆家海 高俊凤

(西北农业大学基础课部, 陕西杨陵·712100)

摘 要 水分亏缺降低冬小麦籽粒水势(ψ_w)和渗透势(ψ_s)。在灌浆过程中, 籽粒 ψ_w , ψ_s 变化主要与糖合成淀粉有关。花后10~12 d, 籽粒膨压(ψ_p)达最大值, 与籽粒体积迅速膨大相吻合。籽粒灌浆过程对土壤水分亏缺不甚敏感, 不严重的水分亏缺淀粉提前合成, 促进前期籽粒增重, 但灌浆期缩短, 产量降低。

关键词 水分胁迫, 灌浆, 冬小麦, 膨压

中图分类号 S152.101, Q945.171, Q945.18

水分胁迫对冬小麦各个生育期的生长都有程度不同的影响。前人对此作过多方面的研究和探讨。Mogensen 等^[1]指出, 小麦出苗至孕穗水分胁迫对产量的影响依次缓慢增大, 在孕穗期以后, 这种影响迅速增大, 开花期对产量影响最大。但是, 小麦开花以后不同程度的持续干旱具有促进灌溉前期籽粒增重的作用^[2]。并且, 严重的水分亏缺会深刻影响小麦体内贮藏物质的运转和籽粒充实^[3]。上述研究结果给旱地小麦生产及抗旱与水分生理研究提供了宝贵的资料。然而, 小麦开花至成熟阶段受水分胁迫后, 籽粒 ψ_w , ψ_s 及 ψ_p 如何变化, 以及这些变化对籽粒形成和灌浆过程、产量构成的影响, 尚未见详细报道。

本文主要研究了小麦开花后, 土壤干旱条件下小麦旗叶和籽粒 ψ_w , ψ_s 及 ψ_p 的变化及其对灌浆过程的影响; 同时探讨了灌浆过程中可溶性糖, 淀粉含量的变化与 ψ_w , ψ_s 和 ψ_p 的关系。为干旱半干旱地区的小麦栽培技术提供生理依据。

1 材料和方法

将冬小麦(*Triticum aestivum* L.) 小偃6号(水地品种)和陕合6号(旱地品种)分别播于装有表土的瓷盆(直径23cm, 高28cm)中, 置防雨棚内培养。初春剪去分蘖, 每盆留主茎13个。用称重灌水法^[4]控制土壤含水量。抽穗前保持70%的田间持水量, 抽穗后将其分为两组: 一组继续保持70%的田间持水量(正常灌水处理), 另一组保持40%的田间持水量(干旱处理)。抽穗后, 挂牌记录各穗开花时间。每隔3~4 d 切取旗叶, 同时剥取籽粒20粒, 重复3次。用热电偶湿度计测定 ψ_w 和 ψ_s , 并从 ψ_w , ψ_s 计算出 ψ_p ^[4,5]。以蒽酮法测定可溶性糖和淀粉含量^[6]。

收稿日期: 1992-09-17.

* 农业部“八五”应用基础研究项目。

2 结果

2.1 不同土壤水分对籽粒灌浆进程的影响

进程的影响

图1表明,两个冬小麦品种灌水处理的籽粒灌浆持续期较干旱处理者长;开花后0~18 d 干旱处理的灌浆速率快于灌水处理;此后,灌水处理又超过了干旱处理,直至成熟。最终灌水处理的粒重明显高于干旱处理。小偃6号尤其显著。而且,小偃6号灌水处理的灌浆期较陕合6号长4 d 左右,粒重也比较重;陕合6号两个处理的灌浆速率差异不明显,到花后22 d 以后,灌水处理的粒重才明显超出干旱处理(图1)。

2.2 灌浆过程中可溶性糖

和淀粉含量的变化

灌浆进程中,可溶性糖和淀粉含量总的变化趋势是可溶性糖含量下降,淀粉含量逐渐增加。在灌水处理中,小偃6号开花后16 d 可溶性糖降至最低水平,淀粉含量同时接近最高值;陕合6号则于花后20~24 d 可溶性糖下降到最低值。干旱处理可溶性糖含量比灌水处理提早下降,淀粉含量也随之提前升高。陕合6号干旱处理的可溶性糖急剧下降的时间比小偃6号迟4~6 d (图2)。说明抽穗后的土壤干旱使淀粉合成提前加速,可溶性糖提前下降。

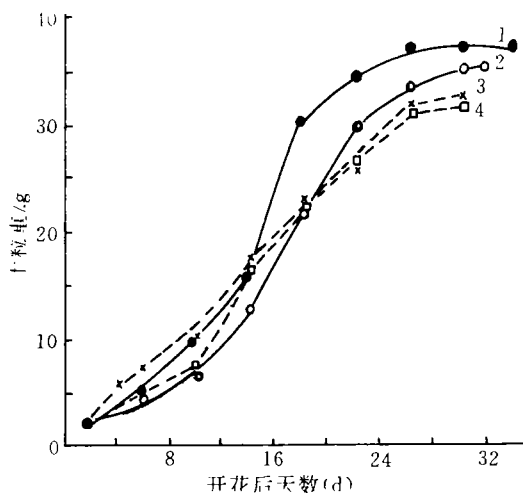


图1 不同土壤水分下小麦籽粒灌浆进程

1. 小偃6号灌水处理; 2. 小偃6号干旱处理;
3. 陕合6号灌水处理; 4. 陕合6号干旱处理

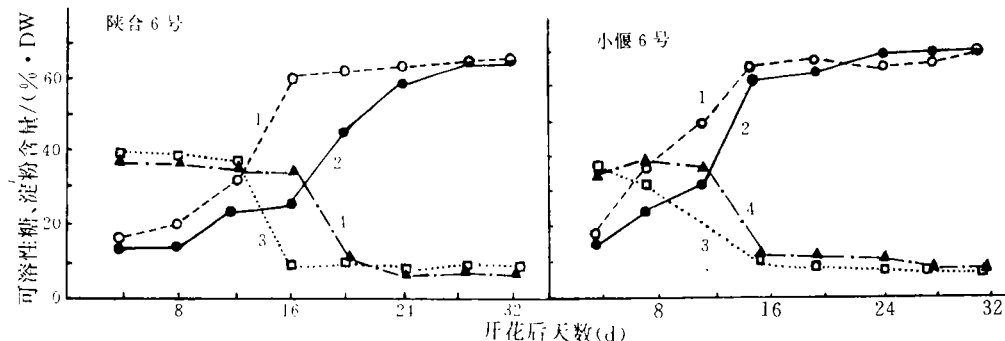


图2 不同土壤水分下籽粒可溶性糖和淀粉的变化

1. 干旱处理的淀粉含量; 2. 灌水处理的淀粉含量; 3. 干旱处理可溶性糖含量; 4. 灌水处理可溶性糖含量

2.3 旗叶、籽粒 ψ_w 和 ψ_s 变化

图3表明,两个品种干旱处理的旗叶 ψ_w 和 ψ_s 比灌水处理分别低0.2~0.9 MPa 和0.2~0.6 MPa。陕合6号两处理旗叶 ψ_w 相差0.6~0.9 MPa, ψ_s 相差0.2~0.4 MPa。花后0~24 d 内旗叶 ψ_w 和 ψ_s 不同品种和处理间有差异,但各自相对维持在各自水平上,只

是在灌浆后期均有降低。

在灌浆过程中,籽粒 ψ_w 和 ψ_s 变化很大,从花后第4d 开始,干旱处理明显低于灌水处理。至花后10~12d,两个品种籽粒 ψ_w 和 ψ_s 降至最低,此后开始回升,至20d 后,水势由原来的-1.8MPa 回升到-0.7~-0.8MPa, ψ_s 由-2.4MPa 回升至-1.2~-1.3MPa,直至成熟。这一变化与可溶性糖含量下降和淀粉含量升高的时间大致相同。品种之间差异比较明显,干旱处理的陕合6号叶片和籽粒 ψ_s 比小偃6号低0.2~0.4 MPa(图3,4)。

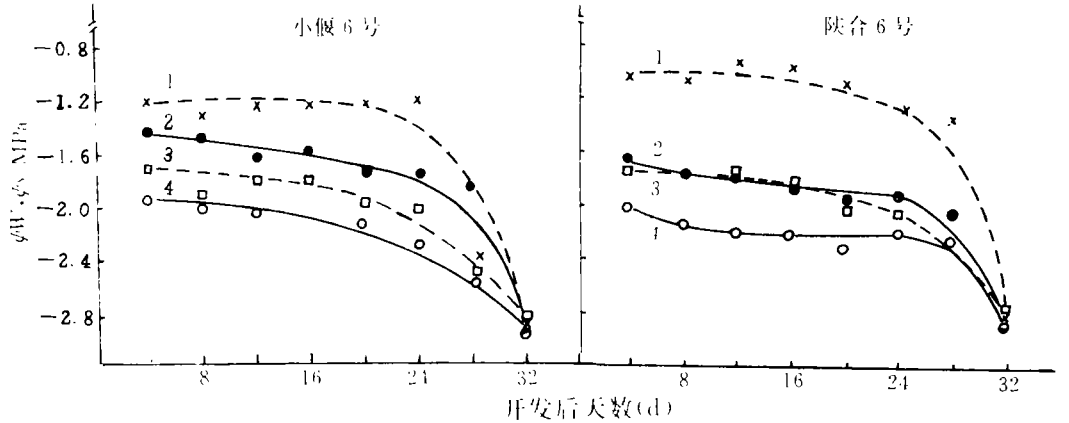


图3 不同土壤水分下叶片 ψ_w 和 ψ_s 的变化
1. 灌水处理 ψ_w ; 2. 干旱处理 ψ_w ; 3. 灌水处理 ψ_s ; 4. 干旱处理 ψ_s

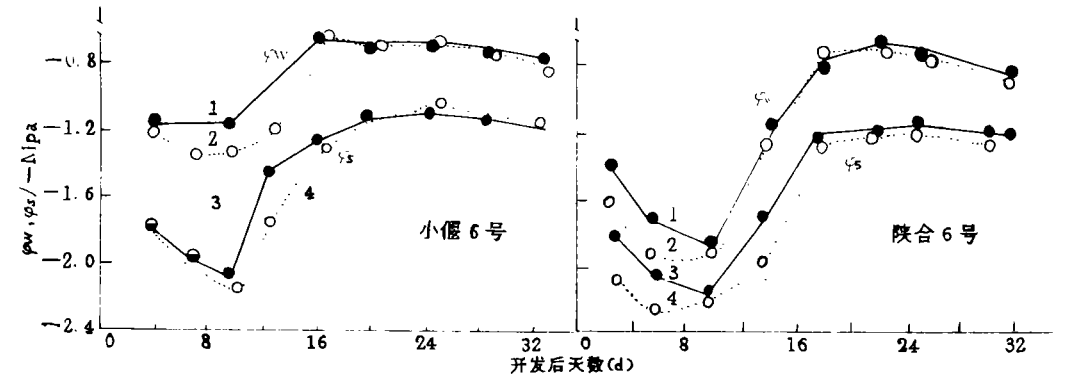


图4 不同土壤水分下籽粒 ψ_w , ψ_s 变化
1. 灌水处理 ψ_w ; 2. 干旱处理 ψ_w ; 3. 灌水处理 ψ_s ; 4. 干旱处理 ψ_s

2.4 籽粒 ψ_p 与粒长、粒重及产量构成因素的变化

在灌浆过程中 ψ_p 是变化的。两个品种的 ψ_p 变化趋势虽然相似,但是小偃6号达到最高值的时间比陕合6号早4d 左右,下降速度也比陕合6号相对快一些,处理之间差异不甚明显(图5)。

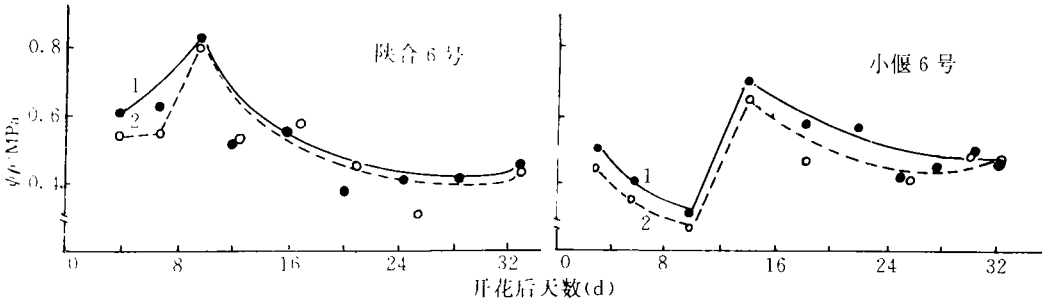


图5 不同土壤水分下籽粒 ψ_p 的变化
1. 灌水处理; 2. 干旱处理

籽粒长度随灌浆进程迅速增长,开花后16d 前增长速度最快,此后逐渐缓慢,至花后28d 基本接近最终长度。品种之间差异虽不明显,但仍可以看出小偃6号10~14d 前增长率速度快于陕合6号,此后两品种趋于同步增长。由于品种间的差异性,小偃6号最终粒长大于陕合6号。

水分胁迫对于穗粒数和粒重变化有显著的影响。小偃6号尤其明显。干旱处理的小偃6号穗粒数比灌水处理的下降36.2%,粒重下降42.6%;陕合6号穗粒数和粒重分别下降34.9和40.2%(表1)。

表1 不同土壤水分下穗粒数和粒重的变化

处 理	粒 数		粒重(g)/穗	%	千粒重(g)	%
	粒/穗	%				
小偃灌水	32.4±3.4	100	1.22±0.09	100	37.6	100
小偃干旱	20.7±2.7	63.8	0.70±0.04	57.4	33.8	89.7
陕合灌水	29.8±2.8	100	1.07±0.05	100	35.5	100
陕合干旱	19.4±2.6	65.1	0.64±0.04	59.8	32.8	92.2

3 分析与讨论

3.1 籽粒灌浆与 ψ_p 变化的关系

植物细胞延伸生长对水分亏缺十分敏感^[7~9]。小麦灌浆过程中,不仅需要供应有机营养和无机元素,还必须维持一定的 ψ_p ,使细胞不断扩张,籽粒才能逐渐长大。测定结果表明,籽粒长度增长与 ψ_p 有较好的相关($r=0.7556$),从图5看出,灌浆过程中, ψ_p 呈波浪式变化,而且前期比后期变化大。同时 ψ_p 高峰值出现的时间与籽粒长度增长最快的时间相吻合。不同品种对干旱耐受能力的差异也同时反映在 ψ_p 的变化上,小偃6号干旱处理前期灌浆进程加快,粒长增长比陕合6号快,此时 ψ_p 达到最高值,比陕合6号 ψ_p 高峰值早4 d 出现。开花16d 后,小偃6号 ψ_p 下降速度和幅度均大于陕合6号。这进一步说明水地品种对干旱胁迫反应敏感。在水分亏缺时,不仅 ψ_w 和 ψ_p 变化大于旱地品种,而且在灌浆中,后期 ψ_p 迅速下降,灌浆进程提前加速以适应干旱。陕合6号的这种变化就表现得平缓一些。说明旱地品种之所以在干旱条件下有较强的适应能力,很重要的一点就是能够在干旱时维持一定的膨压,保证一定的生长量。当然,从本实验看到籽粒灌浆与维持 ψ_p 有关,在当前关于

延伸生长与 ψ_p 有无关系的问题争论不休之时,本实验只是为籽粒生长与 ψ_p 有关提供了一个证据。并且,植物适应和耐受干旱的能力是表现在多方面的,例如,干旱时根/苗增大,根系深扎,以利于从土壤深处吸水;或改变地上部形态和细胞体积,使细胞溶质相对增多;或者通过体内代谢调节来适应干旱等。

3.2 可溶性糖和淀粉的变化与籽粒 ψ_s , ψ_w 和 ψ_p 的关系

渗透物质中可溶性糖是渗透调节中起主导作用的溶质^[10,11]。灌浆过程中,可溶性糖和淀粉的变化规律与籽粒建成密切相关。并且这二者的变化导致了籽粒 ψ_s , ψ_w 和 ψ_p 的改变,从而影响灌浆过程。从图2和图5可以看出, ψ_p 的高峰值正好出现在可溶性糖含量较高之时,而且此时 K^+ 含量(未发表)也比较高。由此推断,当细胞内可溶性糖、 K^+ 等溶质含量较高时,可以降低籽粒 ψ_s , 以增强其渗透调节能力,维持一定的 ψ_p , 使籽粒能在较低土壤水势下顺利灌浆。这种忍耐开花后的水分胁迫能力是很重要的,特别是在贮藏物质的运输转移过程尤其重要^[8]。

3.3 水分状况与籽粒产量及其构成因素的关系

水分胁迫通过对小麦灌浆过程中 ψ_w , ψ_s 和 ψ_p 的影响而使籽粒体积的增长和灌浆进程受到一定影响,最终导致籽粒产量下降。这是一个多因素影响过程。通过对产量构成因素的分析看出,干旱对灌浆过程的影响仅仅是造成籽粒产量降低的因素之一,主要引起粒重的下降。而穗粒数的减少则是通过干旱对授粉受精过程的影响而造成的。Westgate and Boyer 在研究低 ψ_w 对玉米花丝和花粉发育效应的结果中指出,低湿度引起穗丝和花粉脱水干燥而使花粉活力和穗丝接受能力降低,导致玉米减产;即使授粉成功,但在低 ψ_w 下所有籽粒的胚发育受阻,胚珠周围缺少珠心区,胚乳和种皮发育不良或没有发育^[12]。玉米和小麦虽然有一定差别,但我们的结果也证明了在小麦开花至成熟过程中受干旱胁迫时,也会产生类似的不利影响。因此,干旱对小麦籽粒产量的影响除灌浆过程外,还应该考虑到灌浆前的花粉形成和授粉受精过程。以及有效穗数的形成。

参 考 文 献

- 1 Mogensen V O, Jensen H. E, Abdur Rab Md. Grain Yield, Yield components, Drought sensitivity and water use Efficiency of spring wheat subjected to Water stress at Various Growth stages. *Irrigation sci*, 1985, 6: 131~140
- 2 山 嵩, 吴玖君, 谢其明等. 小麦灌浆期生理特性和土壤水分条件对灌浆影响的研究. *植物生理学通讯*, 1980, 3: 41~46
- 3 王万里, 林之萍, 章秀英. 灌浆——成熟期间土壤干旱对小麦籽粒充实和物质运转的影响. *植物生理学报*, 1982, 8(1): 67~78
- 4 赵立新, 荆家海. 施肥对水分胁迫下冬小麦光合和水分利用的影响. *西北农业大学学报*, 1991, 19(1): 102~104
- 5 王玉国, 荆家海. 水分胁迫下高粱叶片的渗透调节与延伸生长的关系. *植物生理学报*, 1991, 17(1): 37~39
- 6 西北农业大学. *植物生理学实验指导*. 西安: 陕西科技出版社, 1986, 113
- 7 荆家海, 肖庆德. 水分胁迫后复水对玉米叶片生长速率的影响. *植物生理学报*, 1987, 13(1): 51~53
- 8 Blum A, Poiarkova H, Golan G. et al. Chemical desiccation of Wheat Plants as a simulator of post-anthesis stress. I. Effects on translocation and Kernel growth. *Field Crops Res*, 1983, 6(1): 51~58
- 9 Morgan J M. Osmoregulation and water stress in higher Plants. *Ann Rev Plant physiol*, 1984, 35: 299~319
- 10 Munns R R W. Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expended zones of wheat leaves

- during moderate water deficits at two light leaves, Aust. J. Plant Physiol. 1981, 8: 93~105
- 11 Jones M M, Turner N C. Accumulative of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. Aust. J. Plant physiol, 1980, 7: 193~205
- 12 Westgate M E, Boyer J S. Sink and Pollen water Potentials in Maize. Cropsci, 1986, 26: 947~951

Effects of Water Status in Flag Leaves and Grains of Winter wheat (*Triticum*) Grain Filling Under Water Stress

Sun Qun jing Jiahai Gao Junfeng

(The Department of Basic Course, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Water stress reduced water potential (ψ) and osmotic potential (ψ_s) in grains of winter wheat. The change of water potential and osmotic potential in grains in the grain filling process was related to the conversion of sugar into starch. Turgor pressure in grain reached a biggest value in 10—12 days after flowering, which was identical with an increase in grain volume sharply. The process of grain filling was not very sensitive to water stress. Under the mild water stress, sugar can be converted into starch in grains earlier, which promoted grain weight increase in the early stage of grain filling with grain filling period shortened and grain yield reduced.

Key words water stress, grain filling, winter wheat, turgor pressure