

土壤干旱和外源脱落酸对冬小麦 结实率的影响¹⁾

盛宏达 奚雷 王韶唐

(西北农业大学植物生理生化研究室)

摘 要

在冬小麦籽粒形成期(开花后约14天内),土壤干旱和施用外源ABA均可降低穗中部高位小花的结实率。受旱植株营养器官贮存物向穗调运能力增强。植株光合积累物为下降,可以保证穗部在初期的有机营养供应,但中后期供应不足。ABA有抑制光合产物向籽粒运输的作用。受旱植株ABA含量增大,可能是籽粒形成期干旱降低结实率的重要原因之一。

关键词: 冬小麦; 土壤干旱; 脱落酸; 结实率

在小麦籽粒形成期(开花后约两周内),环境胁迫特别是土壤干旱可显著降低小麦植株的结实率,从而严重影响籽粒产量^[1-3]。关于粒数减少的原因,一般认为是胁迫下光合产物供应不足所致。李淑俊^[4]和夏镇澳^[5]曾分别用遮阴和去叶的方法,发现开花后约10天内光合产物供应不足可以减少结实粒数。但对此也有人提出疑问,作者在灌浆初期给予土壤干旱处理,观察到干旱发生时每穗粒重并未降低^[2],因而推测粒数减少可能不是有机营养供应不足所致。已知水分胁迫可引起多种植物体内脱落酸(ABA)大量累积^[6,7],故而近年来人们已开始注意ABA对结实率影响的问题。例如, Saini^[8]在花粉母细胞分裂期分别给予水分亏缺和外源ABA处理,发现二者以相似的方式影响花粉正常发育,导致结实率降低。King^[9]的试验表明,给穗施(±)-ABA对籽粒生长率没有影响,但籽粒生长提前停止,脱水程过加快。Morgan^[10,11]认为:ABA处理可改变籽粒产量三要素(每亩穗数、每穗粒数、粒重)中的每一成分。

已知小麦开花后最终籽粒产量的高低不仅与植株光合积累能力有关,也与结实粒数及籽粒胚乳细胞数有关^[12,13]。如果在短期逆境下能保持较高的结实率,则逆境解除后仍有获得高产的希望。为此,我们在前人工作的基础上,对ABA在结实率之中的作用进行了研究,为旱地小麦栽培技术的改进提供理论依据。

本文于1986年3月11日收到。

1) 国家自然科学基金资助项目。

1 材料与方法

选用冬小麦 (*Triticum aestivum*) 良种陕合6号, 于1984和1985年进行盆栽试验。每盆(直径23cm的聚乙烯盆)装耕层土(关中塋土)6400g。土壤田间持水量为干土重的35%; 萎焉系数为8%。播种前混施复合肥(N:P:K=14:9:20), 每盆4g。每盆播种15粒, 出苗后留10株。抽穗前剪除分蘖, 只留主茎。从抽穗到成熟期每天用称重法补充水分1~2次。为防止过度蒸发, 4月份以后将盆子埋入土中。除干旱处理期间外, 始终保持土壤水分田间持水量的70%~80%。开花后第三天开始处理(见表1)。

表1 试验处理及方法

份	代 号	方 法
1984	CK1	土壤水分始终保持在70%—80%之间
	CK2	花后第4,6,8,10天各注射蒸馏水一次, 每次0.5ml/株
	ABA40	花后第4,6,8,10天各注射40ppmABA液一次, 每次0.5ml/株
	Ds	花后第3天起停止浇水, 土壤水分降至25%左右时持续4天
1985	CK2	花后5,7,9天各注射蒸馏水一次, 每次0.5ml/株
	ABA20	花后5,7,9天各注射20ppmABA液一次, 每次0.5ml/株
	ABA40	花后5,7,9天各注射40ppmABA液一次, 每次0.5ml/株
	Ds	花后第3天起停止浇水, 土壤水分降至25%时持续6天

注: 1)Ds示土壤干旱, CK示对照。
2)表中土壤水分均为相对含水量。

试验用ABA为(±)-Abscisic acid(瑞士产), 批号: K4008-583/1.16。用医用注射器将pH5.8ABA水溶液注入穗下第一节间的髓腔内, 同时给CK₂处理注射蒸馏水。分别于花后第3,5,7,9,11,13,17,22,27天成熟(1984年)和3,7,11,14,18天成熟(1985年)采样。将籽粒、穗(不包括粒,下同)、穗下节间(包括旗叶和旗叶鞘,下同)和地上其余部位分别烘干, 称重, 粉碎, 用蒽酮法测可溶性糖和淀粉含量。

2 试验结果

2.1 干旱及外源 ABA 对结实率的影响

由1984年试验表明, 籽粒形成期施用外源 ABA, 小麦的结实率显著减少, 每穗粒数下降幅度超过同时期严重土壤干旱减少的粒数(表2)。1985年在重复这一试验时, 又增加了 ABA₂。处理, 结果与1984年趋势一致。各处理对结实率的影响是 ABA₄₀>ABA₂₀>土壤干旱, 可见, 结实率降低与ABA有关。但是 ABA₄₀对粒数的影响并不等于 ABA₂₀的两倍, 这表明所用外源 ABA 浓度和结实率之间没有线性关系, 至少在本试验所使用的浓度范围内是这样。表1还表明, 注射蒸馏水对结实率没有影响。

2.2 干旱及外源 ABA 对结实部位的影响

表2 土壤干旱及外源 ABA 对每穗粒数的影响

处 理	1984				1985				
	CK1	CK2	Ds	ABA40	CK1	CK2	Ds	ABA20	ABA40
每穗粒数	52.6	52.2	49.4	45.5	46.9	45.6	39.2	36.5	35.7
差异显著性	a	a	b	c	a	a	b	bc	c
	A	A	A	B	A	A	B	B	B

注：小写字母表示SSR测验的0.05差异显著水平，大写字母表示0.01的差异显著水平。

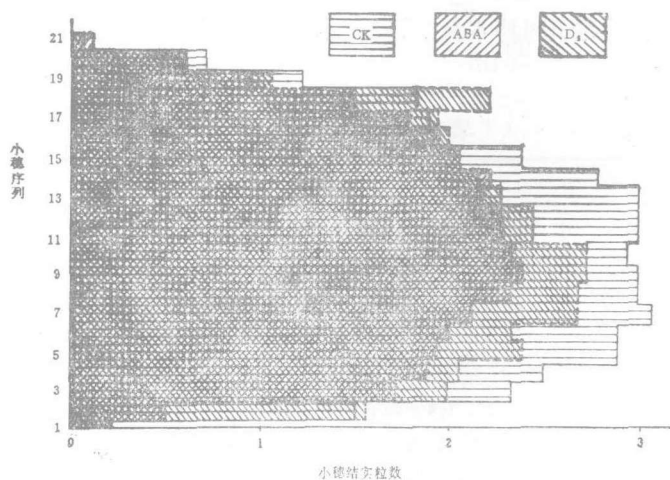


图1 土壤干旱和外源 ABA 对小穗结实粒数的影响 (1985年)

由图 1 可以看出，土壤干旱和外源 ABA 主要影响穗中部小穗的结实数。进一步检查小穗上不同粒位结实率，发现高位籽粒（第3，4粒）受影响较大，而低位籽粒基本不受影响（图 2），即物质运输处于不利地位的籽粒受影响较大。外源 ABA 和干旱处理对结实部位的影响是一致的。

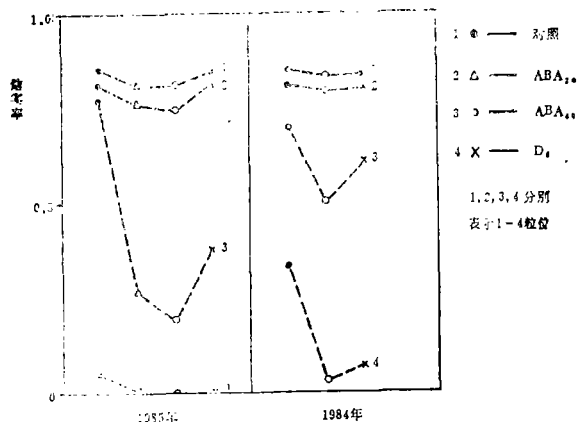


图2 土壤干旱和外源 ABA 对小穗上不同粒位结实率的影响

2.3 干旱及外源 ABA 对粒

重的影响

ABA 处理后结实粒数减少，但残存籽粒的最终粒重并不低于对照，干旱处理的粒重则显著降低(表 3)。从穗粒重的动态变化(图 3)可以看出，处理期间，受旱植株每穗粒重 1984 年高于对照，1985 年虽低于对照，但降低幅度远小于 ABA 处理。ABA 处理粒重降低幅度较大。干旱处理结束后，两种处理的变化趋势相反。受旱植株粒重持续下降，表明土壤水分状况恢复后，植株代谢未能恢

复正常。ABA 处理在中后期穗粒重占对照百分率有所回升，似乎是外源 ABA 对代谢活动的影响随时间延长而减弱。

表3 土壤干旱及外源 ABA 对粒重的影响

	1984年			1985年			
处 理	CK	ABA40	Ds	ABA20	ABA40	CK	Ds
千粒重 (g)	39.45	39.31	31.16	40.47	40.06	39.57	36.79
差异显著	a	a	b	a	a	a	b
性 比 较	A	A	B	A	A	A	B

注：差异显著性比较中大、小写字母代表的意义与表2相同。

2.4 干旱及外源 ABA 对营养器官干重的影响

处理期间，两种处理的营养器官干重变化趋势与粒重的相反。ABA 处理营养器官，干重一直保持稍高于或短时期低于对照的水平（图 4）。干旱处理植株干重明显下降。处理结束后，虽有所回升，但始终低于对照。显然，干旱处理已严重影响了植株的光合产物积累能力。并且，水分胁迫程度已超出植株的忍耐或适应能力，造成了不可逆的生理伤害，致使水分胁迫解除后，光合积累能力仍不能完全恢复。

ABA 和干旱处理均使全株（籽粒加营养体）干重增长率下降（图 5）。但二者干物质分配有明显区别。ABA处理暂时减少了对粒的供应，致使粒重增长速度减慢而营养体不减；干旱处理则

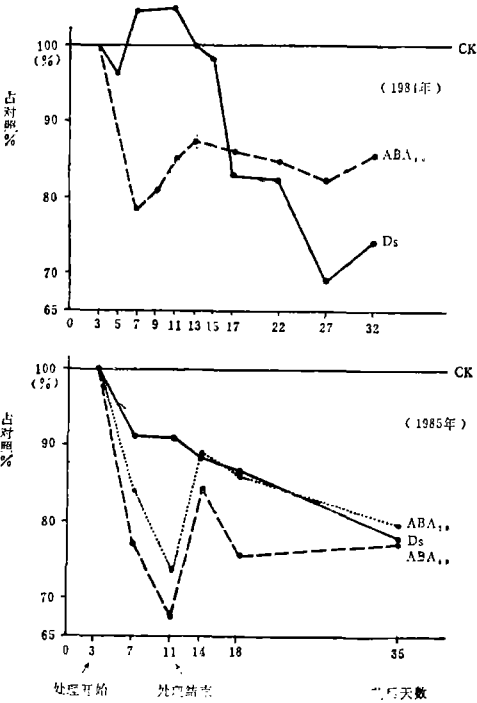


图3 土壤干旱及外源 ABA 对单穗粒重的影响

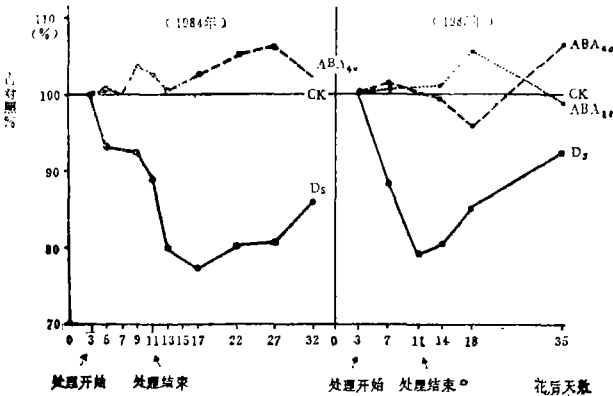


图4 土壤干旱及外源 ABA 对营养器官干重的影响

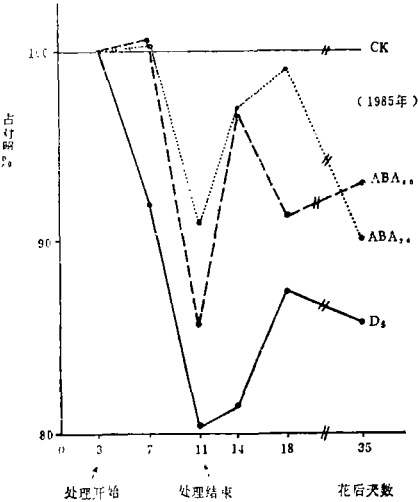


图5 土壤干旱及外源 ABA 对植株总干重的影响

优先保证对粒的供应。

2.5 干旱及外源 ABA 对植株及籽粒可溶性糖和淀粉含量的影响

干旱期间（花后11天内），受旱植株籽粒中淀粉总量一直保持接近或稍低于对照水平，但可溶性糖含量减少（表4）。显然，在水分胁迫下对籽粒光合产物的供应已开始减少，但籽粒由可溶性糖合成淀粉的过程未受影响。同一时期，穗下第一节间中可溶性糖明显低于对照，淀粉稍有减少，可能与光合能力下降有关。复水后干旱处理的茎杆和籽粒中的可溶性糖以及籽粒淀粉总量均低于对照（见表4中花后18天测定值），这表明此时穗对碳素营养的接受能力并未减弱，籽粒淀粉含量较少可能是光合产物供应不足所致。

ABA 处理茎杆中淀粉总量初期(花后7天)

表4 土壤干旱及外源ABA对植株可溶性糖和淀粉含量的影响 mg/株(1985年)

采样日期 (花后天)	处 理	茎 杆 (穗下节间 + 旗叶鞘)		籽 粒	
		可溶性糖	淀 粉	可溶性糖	淀 粉
3	CK	38.93 ± 8.24	3.66 ± 1.37	2.01 ± 0.48	0.50 ± 0.09
7	CK	67.00 ± 2.00	3.00 ± 1.00	80.85 ± 2.10	6.03 ± 1.20
	ABA20	55.90	2.80 ± 0.19	62.24 ± 0.88	3.31 ± 0.38
	ABA40	40.98 ± 1.88	2.40 ± 0.47	60.44 ± 2.09	3.0 ± 0.23
	Ds	59.86 ± 2.01	2.26 ± 0.05	63.71 ± 2.74	5.86 ± 0.69
11	CK	79.63 ± 3.87	2.54 ± 0.33	53.5 ± 19.38	14.50 ± 1.37
	ABA20	46.44 ± 5.93	3.80 ± 2.96	28.54 ± 5.43	10.79 ± 1.21
	ABA40	31.29 ± 7.94	6.45 ± 1.40	29.79 ± 9.99	9.68 ± 1.67
	Ds	41.02 ± 3.82	2.29 ± 0.48	43.33 ± 6.23	15.09 ± 1.00
18	CK	111.93 ± 13.48	6.15 ± 1.7	6.84 ± 3.09	59.06 ± 2.32
	ABA20	99.70 ± 10.75	6.75 ± 4.18	43.34 ± 4.01	51.73 ± 4.01
	ABA40	85.41 ± 7.07	8.32 ± 3.26	39.06 ± 2.34	43.14 ± 2.93
	Ds	81.59 ± 11.15	5.46 ± 0.59	40.39 ± 4.49	52.06 ± 4.49

略有降低，而后升高，可溶性糖明显低于对照。籽粒中糖和淀粉量均较少。看来 ABA 阻止了可溶性糖向籽粒的运输，并增强了茎杆合成和贮存淀粉的能力。ABA 处理初期茎杆淀粉含量短时期下降的原因有待进一步研究。

3 讨 论

本试验结果表明，籽粒形成期土壤缺水时，虽然光合产物积累受到很大影响，营养器官干重明显低于对照，但这一时期每穗籽粒总重量以及籽粒淀粉含量并未减少。这与

前人^[14,15]的试验结果一致。无论籽粒营养来源如何,此时穗部似乎并未受到有机营养亏缺的威胁,显然结实率降低不单纯是营养问题。

目前,已有许多试验证明,水分胁迫下植株内源 ABA 水平急剧升高。我们用外源 ABA 处理使粒数显著减少,结实部位与干旱处理也很相似。据此推测籽粒形成期遇旱结实率降低可能与 ABA 有关。至于 ABA 如何减少结实粒数,目前尚缺乏可靠的证据。已知 ABA 合成的部位是在叶^[16]或根系^[17]进行的。我们施外源 ABA 于茎部,可通过韧皮部和木质部运往穗。如果 ABA 直接作用于籽粒,那么越靠近运输途径的籽粒(小穗基部粒)受到的抑制作用应越重,但试验结果恰恰与此相反。因而推测其作用可能是间接的。在用 ABA 处理期间,营养器官干重未减轻,穗粒重下降,茎杆和籽粒中可溶性糖减少,籽粒中淀粉含量明显低于对照。而茎杆中淀粉含量较高。这表明 ABA 对碳素营养的运输及分配有阻碍作用。

用ABA处理结实粒数减少的作用比干旱处理明显,可能是所使用的 ABA 浓度较干旱时内源 ABA 高之故。

值得提出的是,ABA 处理虽在结实率、结实部位等与干旱处理取得了较为一致的结果,但在干物质分配方式,糖-淀粉转化等生理过程上还有差异。这表明干旱下结实率降低不仅仅是 ABA 因素的作用结果,仍有其它因素的作用。

综上所述,作者认为,小麦籽粒形成期土壤干旱对结实率的影响,主要是激素与营养协同作用的结果。水分胁迫导致植物体内 ABA 含量升高,ABA 可能阻碍了光合产物向籽粒的运输,使高位籽粒营养供应不足而停止发育。这一推断尚待于进一步的实验证明。

参 考 文 献

- [1] 余叔文:在不同养料和水分供应条件下小麦粒重分布的研究,《植物生理学报》,(增刊)1964,12(1):272—283。
- [2] 盛宏达:水分亏缺对冬小麦籽粒充实的影响,《西北农学院学报》1983(2):103—111
- [3] Wardlaw, I.F.: The early stages of grain development in wheat:response to water stress in a single variety, *Aust.J.Biol.Sci.* 1971(24):1047-1055
- [4] 李淑俊、刘怒东:小麦成熟过程中籽粒的增长、分布和调节,《中国植物生理学会第一届年会论文集》,1963:174。
- [5] 夏镇澳、王辅德、宛新杉:开花后去叶与喷糖对小麦籽粒形成的影响,《植物生理学通讯》,1964(2):27—30。
- [6] Quarrie, S.A.: Genotypic differences in leaf water potential, abscisic acid and proline concentrations in spring wheat during drought stress, *Ann. Bot.* 1980(46):383-394
- [7] Wright, S.T.C.: Phytohormones and stress phenomens, In *Phytohormones and Related Compounds: A Comprehensive Treatise*, Vol. II(Ed. D. S. Letham, P.B. Goodwin, and T.J.V. Higgins). 1978:495-536. Amsterdam,

Elsevier/North Holland Biomedical, 1978 : 495—536.

- [8] Saini, H.S., Sedgley, M., Aspinall, D. : Developmental anatomy in wheat of male sterility induced by heat stress, water deficit or abscisic acid. *Ans. J. Plant Physiol.* 1984 (11) : 143-254.
- [9] King, R.W. : Absciscic acid in developing wheat grains and its relationship to grain growth and maturation, *Planta (Berl.)* 1976, 132 : 43-51.
- [10] Morgan, J.M. : Possible role of abscisic acid in reducing yield in water-stressed wheat plants. *Nature*, 1980, 285 : 655-657
- [11] Quarrie, S. A. : The role of abscisic acid in the control of spring wheat growth and development, *In Plant Growth substances*. 1982 (ed. P.F. Wareing), London Academic Press. 1982: 609-619.
- [12] Evans, L.T., Wardlaw, I.F. : Aspects of the Comparative Physiology of Grain Yield in Cereals, *Advances in Agro.* 1976 (28) : 301-359.
- [13] Brocklohurst, P.A., Moss, J.P., Watkin Williams, : Effects of irradiance and water supply on grain development in wheat, *Ann. Appl. Biol.* 1978 (90) : 265-276.
- [14] 余叔文、王怀智、龚灿霞等：抽条穗后土壤供水件对小麦干物质积累和运输的影响，《植物生理学报》1964b : 78-89。
- [15] 山岑、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。
- [16] oad, G. V. : Effect of osmotic on abscisic acid level in xylem sap of sunflower, *Planta*, 1975, 124 : 25-29
- [17] Walton, D.C., Harrison, M. A., Cote, P. : The effects of water stress on abscisic acid level and metabolism in roots of *phaseolus vulgaris* L. and other plants, *Planta*, 1976, 131 : 141-144

EFFECTS OF SOIL DROUGHT AND EXTERNAL ABA ON SEED-SETTING RATE OF WINTER WHEAT

Shen Hongda Xi Lei Wang Shaotang

*(The Plant Physiological and Biochemistry Research Lab,
Northwestern Agricultural University)*

Abstract

The seed-setting rate of top floret in the mid-section of spikes in the grain developing stage of winter wheat (during the 14 days after the florescence) can be reduced by soil drought and the application of external ABA. The ability to transport the storables in the vegetative organs of water stressed wheat plants to spikes has been strengthened. Although the accumulation of photosynthetes is reduced, they can ensure the supply of organic nutrients to wheat spikes in the early stage, yet the supply of them is not enough in the middle and late periods. Absciscic acid has the effects upon blocking or inhibiting the transportation of photosynthates to wheat grains. The increase of amount of ABA of water stressed wheat plants is likely to be one of important causes for the low seed-setting rate in grain developing stage.

Key Words: winter wheat, soil drought, absciscic acid, seed-setting rate