

水分胁迫对不同抗旱性小麦品种芽根生长过程中 IAA、ABA 含量的影响^X

王 玮¹ 李德全¹ 杨兴洪¹ 邹 琦¹ 周 燮² 杨 军²

(¹山东农业大学植物科学系, 山东泰安 271018; ²南京农业大学农学系, 江苏南京 210095)

提 要 用 30% 的 PEG26000 模拟干旱条件, 对抗旱性强的北农 2 号和抗旱性弱的 921842 萌发期的小麦幼苗根系进行水分胁迫处理, 分别在处理后 0、3、8、20、32、45h 测定了 IAA、ABA 含量及芽、主根的长度、含水量。结果发现: 水分胁迫引起两个品种根、芽中 ABA 含量大量增加, 抗旱性强的北农 2 号 ABA 反应较抗旱性弱的 921842 快。在胁迫 3h, 北农 2 号的根、芽中 ABA 就有开始增加; 而 921842 在胁迫 8h 才开始增加。胁迫条件下, 921842 芽中 ABA 的含量较北农 2 号高, 较对照增加幅度大。水分胁迫下两个品种芽中 IAA 含量均有降低的趋势, 921842 降低相对较多; 但胁迫引起了北农 2 号根中 IAA 含量在 3h 和 8h 大幅度升高, 随后下降。921842 在胁迫 3h IAA 含量稍有升高, 随后降低到低于对照的水平。无论是胁迫条件下, 还是正常水分条件下, 根中 IAA 含量的峰值均在芽之前。水分胁迫对芽生长的抑制与 ABA 含量的升高和 IAA 含量的降低有关, 但根系生长与两种内源激素的关系则较复杂。

关键词 IAA; ABA; 水分胁迫; 小麦

Effects of Water Stress on Level Changes of IAA and ABA in Root and Shoot of Different Drought Resistance Wheat

WANG Wei¹ LI DeQuan¹ YANG XingHong¹ ZOU Qi¹ ZHOU Xie² YANG Jun²

(¹Department of Plant Sciences, Shandong Agricultural University, Taian 271018; ²Department of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract Desiccation stress conditions were applied to the roots of winter wheat using 30% (w/v) polyethylene glycol (PEG). The levels of indole-3-acetic acid (IAA) and abscisic acid (ABA) in roots and shoots of wheat with strong drought resistance and weak drought resistance wheat were determined by ELISA after water stress. The enhancement in ABA in both roots and shoots during water stress was observed. The largest increased contents of ABA were found in roots at 3h and in shoots at 20h after treatment in Beining No. 2 (a cultivar resistant to drought), respectively. And that were found at 8h after water stress treatment in both root and shoot in 921842 (a cultivar no resistant to drought). But the level of IAA in root and shoot were very different, the level of IAA in root increased strongly at 8h after treatment in Beining No. 2, then decreased. However, there is only a little increase at 3h in 921842. But, the level of IAA in shoots decreased, especially cultivar 921842 no

X 国家自然科学基金(39870526)和国家重点基础研究专项经费(G1999011700)资助项目
收稿日期: 1999203202, 接受日期: 1999212218

resistant to drought. The inhibition of shoot growth under water stress conditions is directly related to the increased level of ABA and decreased level of IAA, especially the IAA/ABA. But the relation of the root growth and phytohormones were complicated.

Key words IAA; ABA; Water stress; Wheat

在干旱条件下植物为了生存,必然会通过各种方式对干旱条件产生相应的适应。植物激素在这一过程中起着非常重要的作用^[1~2]。近年来,关于植物激素在植物对干旱适应中的作用报道逐渐增多。水分胁迫可以改变内源激素的水平^[3]。其中报道较多是ABA。有关小麦根系在这一领域的研究显得薄弱,研究小麦根系在水分胁迫下内源激素的动态变化及其对植物生长的调控作用,无论对于丰富逆境生理的理论基础,还是对指导旱作农业生产都有着十分重要的意义。

1 材料和方法

1.1 植物材料

两个不同抗旱性的小麦(*Triticum aestivum* L.)品种:抗旱性强的北农2号和抗旱性弱的921842,全部来源于黄淮海区。

1.2 材料培养与处理

直径10 cm的培养皿内放2张滤纸,加6 mL蒸馏水制成发芽床。取萌动24h整齐的小麦种子100粒,均匀摆放在发芽床上,放入25℃培养箱培养24h。在培养皿内加6 mL 30%的PEG26000对根系进行水分胁迫处理,对照加水。分别在处理后0、3、8、20、32、45h取样测定主胚根和芽长度。测定后材料冻干备用并同时计算含水量。重复3次。

1.3 IAA和ABA的测定

用酶联免疫法(ELISA)^[4~6]。

2 结果和分析

2.1 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽生长及含水量的影响

表1、表2总的趋势是水分胁迫使根、芽的含水量降低,生长受到抑制。北农2号的含水量降低及生长抑制小于921842。对根的生长抑制小于芽。在胁迫20h内,北农2号抑制相对较小,而921842根、芽的生长抑制相对较大。在胁迫45h,北农2号的芽长度抑制35.6%,主胚根长度抑制27.4%,而921842芽抑制54.74%,根抑制36.5%。所以,北农2号较921842对水分胁迫有较强的适应能力。

2.2 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽内源ABA水平的影响

测定结果(见表3)表明:水分胁迫引起根、芽中ABA含量大增。921842芽中ABA水平增加相对较多,在胁迫8h较对照增加了433.3%,以后一直维持较高的水平;北农2号增加相对较少,在处理20h才增加75.6%。根中ABA水平,无论正常水分条件下还是水分胁迫条件下,北农2号与921842含量增幅差异都不大。但北农2号的根对水分胁迫反映敏感,处理3h ABA水平就较对照增加了54.9%,而921842在处理8小时才有较大的增加。32h前,根中ABA水平相对平稳,以后下降。

表 1 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽生长的影响

Table 1 Effect of water stress on the growth of wheat root and shoot (mm)

品种名称 Variety	部位 Position	处理 Treatment	处理后时间(h) Time after treatment (h)											
			0		3		8		20		32		45	
			X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
北农 2 号 Beinong 2	芽 Shoot	CK	4.2	0.32	5.5	0.21	6.5	0.31	15.6	0.40	24.7	0.10	33.7	0.90
		T	4.2	0.32	4.7	0.0	6.4	0.44	14.6	0.92	21.7	0.78	21.7	0.78
		抑制%	0.0		14.5		1.5		6.4		12.1		35.6	
	根 Root	CK	9.1	1.59	12.9	0.52	15.4	1.04	25.6	1.11	56.5	6.3	56.5	6.27
		T	9.1	1.59	11.3	0.60	15.4	1.59	25.0	2.52	41.0	3.17	41.0	3.17
		抑制%	0.0		12.4		0.0		2.3		27.4		27.4	
921842	芽 Shoot	CK	3.3	0.25	4.8	0.10	6.4	0.17	13.2	1.25	20.9	0.70	27.4	0.61
		T	3.3	0.25	3.7	0.15	5.0	0.23	9.3	0.40	11.6	0.85	12.4	1.37
		抑制%	0.0		22.9		21.9		29.5		44.5		54.7	
	根 Root	CK	10.7	0.17	14.3	0.59	18.8	1.12	5.4	3.16	49.9	2.87	64.4	2.49
		T	10.7	0.17	13.6	0.90	16.3	1.84	28.8	1.15	37.5	0.40	40.9	4.51
		抑制%	0.0		4.9		13.3		18.6		24.8		36.5	

表 2 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽含水量变化的影响

Table 2 Effect of water stress on the water content of wheat root and shoot (%)

品种名称 Variety	部位 Position	处理 Treatment	处理后时间(h) Time after treatment (h)											
			0		3		8		20		32		45	
			X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
Beinong 2	芽 Shoot	CK	81.8	0.95	83.1	0.60	84.0	0.21	89.2	0.12	90.5	0.55	89.9	0.25
		T	81.8	0.95	82.3	1.23	82.1	0.23	81.4	0.72	78.3	1.37	78.6	0.74
		减少%	0.0		1.0		2.3		8.7		13.5		12.6	
	根 Root	CK	88.1	0.26	88.7	0.69	88.5	0.68	89.6	0.84	88.9	1.11	89.8	0.68
		T	88.1	0.26	84.8	1.50	85.0	0.68	78.3	1.23	76.9	1.61	77.6	0.76
		减少%	0.0		4.4		4.0		13		13.5		13.6	
921842	芽 Shoot	CK	80.8	1.18	82.6	0.25	83.1	0.81	88.7	0.30	89.9	0.36	90.4	0.25
		T	80.8	1.18	80.2	0.49	80.7	1.05	80.4	0.40	78.2	1.21	74.7	0.17
		减少%	0.0		2.9		2.4		9.4		13.0		17.4	
	根 Root	CK	86.4	1.44	89.5	0.26	89.5	0.26	90.7	0.58	91.2	0.42	91.2	0.23
		T	86.4	1.44	87.4	0.40	86.3	0.72	83.1	0.91	77.7	1.10	78.1	0.20
		减少%	0.0		2.3		3.6		8.4		14.8		14.4	

2.3 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽内源 IAA 水平的影响

测定结果(见表 4)表明: 两个品种芽中 IAA 水平, 在正常条件下差异就较大, 北农 2 号较 921842 高。水分胁迫使 IAA 含量有所降低, 但不明显。北农 2 号无论对照还是处理, 在处理 20h 时均出现一个明显的 IAA 高峰, 921842 正常条件下分别在 8h 和 32h 出现两个小峰, 水分胁迫时峰值消失, 但处理 45h IAA 含量有所升高, 达到与对照 32h 和 45h 的水平。根中 IAA 含量的变化趋势, 正常水分条件下, 北农 2 号在 8h 有一个高峰, 此后迅速下降, 20h 后基本平稳; 921842 在 3h 和 32h 有两个相对较小的峰。水分胁迫条件下, 北农 2 号根中 IAA 水平升高, 峰值明显变高, 峰值过后迅速下降, 20h 后基本平稳, 但维持在比对照较高的水平

表3 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽 ABA 水平的影响

Table 3 Effect of water stress on ABA level in wheat root and shoot (Lmolög FW)

品种名称 Variety	部位 Position	处理 Treatment	处理后时间(h) Time after treatment (h)											
			0		3		8		20		32		45	
			X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
北农 2 号 Beinong 2	芽 Shoot	CK	0.17	0.09	0.49	0.05	0.37	0.04	0.41	0.02	0.26	0.06	0.27	0.05
		T	0.17	0.09	0.40	0.03	0.36	0.02	0.72	0.07	0.55	0.05	0.47	0.03
		增加%	0.0		-18.4		-7.3		75.6		111.54		74.1	
	根 Root	CK	0.49	0.06	0.51	0.04	0.36	0.03	0.51	0.08	0.26	0.03	0.15	0.02
		T	0.49	0.06	0.79	0.11	0.75	0.04	0.75	0.05	0.84	0.29	0.41	0.00
		增加%	0.0		54.9		108.3		47.1		223.1		173.3	
921842	芽 Shoot	CK	0.47	0.03	0.50	0.02	0.24	0.01	0.45	0.05	0.32	0.05	0.33	0.07
		T	0.47	0.03	0.40	0.01	1.28	0.26	1.08	0.15	0.96	0.02	0.94	0.04
		增加%	0.0		-20		433.3		140.0		200.0		64.9	
	根 Root	CK	0.51	0.03	0.35	0.04	0.24	0.03	0.33	0.03	0.40	0.05	0.18	0.03
		T	0.51	0.03	0.44	0.04	0.70	0.06	0.60	0.02	0.62	0.06	0.43	0.05
		增加%	0.0		25.7		191.7		81.8		55.0		138.9	

注: 表中的增加值是与对照相比较增加的百分数。(下同)

Note: The increase % in the table is the increase over the CK. (The same in following table)

表4 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽 IAA 水平的影响

Table 4 Effect of water stress on IAA level in wheat root and shoot (Lmolög FW)

品种名称 Variety	部位 Position	处理 Treatment	处理后时间(h) Time after treatment (h)											
			0		3		8		20		32		45	
			X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
北农 2 号 Beinong 2	芽 Shoot	CK	2.18	0.11	1.53	0.09	0.77	0.02	9.26	1.09	0.44	0.00	1.93	0.12
		T	2.18	0.11	0.12	0.00	0.41	0.01	8.19	0.03	1.84	0.06	1.15	0.00
		增加%	0.0		-92.2		-46.8		-11.56		318.2		-40.4	
	根 Root	CK	4.63	0.26	19.01	1.47	50.12	2.81	9.73	0.31	1.19	0.06	3.47	0.09
		T	4.63	0.26	33.03	1.62	102.5	1.50	12.89	0.81	11.88	0.81	19.16	0.78
		增加%	0.0		73.8		104.5		39.8		898.35		452.2	
921842	芽 Shoot	CK	1.65	0.05	0.08	0.00	1.24	0.04	0.21	0.04	2.66	0.28	2.42	0.08
		T	1.65	0.05	0.39	0.01	0.47	0.01	0.10	0.00	1.23	0.06	2.69	0.08
		增加%	0.0		387.5		-62.1		-52.4		-53.8		11.2	
	根 Root	CK	0.29	0.02	37.32	2.02	16.46	0.54	12.38	0.30	27.94	1.90	2.90	0.04
		T	0.29	0.02	50.62	3.09	6.70	0.45	6.30	0.23	6.27	0.32	1.14	0.06
		增加%	0.0		35.6		-59.3		-49.1		-77.6		-60.7	

上; 水分胁迫使 921842 IAA 的第一个峰值有所升高, 但随后 IAA 含量下降, 低于对照, 并一直维持较低的水平, 没有出现第二个高峰。根中 IAA 的峰值较芽提前, 且根中的 IAA 的实际含量较芽高出一个数量级。

2.4 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种 IAA/ABA 比值的影响

考虑到 ABA 与 IAA 的拮抗关系, 我们计算了 IAA 与 ABA 的比值, 结果(见图 1)发现: 北农 2 号根中 IAA/ABA 比值, 正常水分条件下与水分胁迫条件下基本一致, 而 921842 根中 IAA/ABA 比值, 水分胁迫条件下则有较大程度的降低。由此可见, 根的生长并不决定于某种激素的绝对含量, 而与各种激素的平稳关系更大。水分胁迫使两个品种芽中 IAA/ABA 下

降, 抗旱性弱的 921842 下降更大, 变化趋势与 IAA 基本一致。

3 讨论

业已证明, 水分胁迫条件下, 小麦可以通过降低细胞渗透势, 增强吸水, 维持膨压, 从而维持一定的生长^[8, 11]。据此, 有人认为, 水分胁迫条件下, 细胞伸长的抑制不是由于细胞和水源间水势梯度的降低造成的, 至少不完全是由于膨压的降低造成的^[7]。我们在研究不同小麦品种膨压与胚芽鞘生长的关系时也发现, 不同品种单位膨压的升高引起的生长并不一致(论文待发表)。植物细胞的扩张除了受膨压的影响以外, 还受细胞壁伸展性的控制^[11, 12]。而细胞壁的伸展性与植物激素关系密切, IAA 可以通过增加细胞壁的可塑性, 增强细胞伸展性; 而 ABA 则降低细胞壁的可塑性^[6]。从以上结果可以看出, 抗旱性强的小麦品种北农 2 号的芽, 在水分胁迫条件下, 除了含水量降低较小外, ABA 含量相对 921842 较低, 而 IAA 的含量则相对较高, 特别是 20h, 北农 2 号的 IAA 含量较 921842 高出 80 多倍, 这可能是北农 2 号的芽在水分胁迫条件下生长较 921842 快的重要原因之一, 因为 20h 左右是芽鞘生长最快的时期, 这一点从表 1 可以得到答案。

根系与地上部相比, 水分胁迫对根系生长的抑制小于地上部。对抗旱性强的北农 2 号抑制小于抗旱性弱的 921842, 与芽的结果相同。水分胁迫条件下, 两个品种根中 ABA 含量都有较大幅度的增加, 两个品种的增加幅度差异不大, 但根中 IAA 水平对水分胁迫的反映与芽则完全不同, 抗旱性强的北农 2 号 IAA 水平, 在水分胁迫下反而提高了。在胁迫 3h 较对照提高了 73.8%, 在胁迫 8h 较对照增加 104.9%。关于水分胁迫引起根系 IAA 水平提高的现

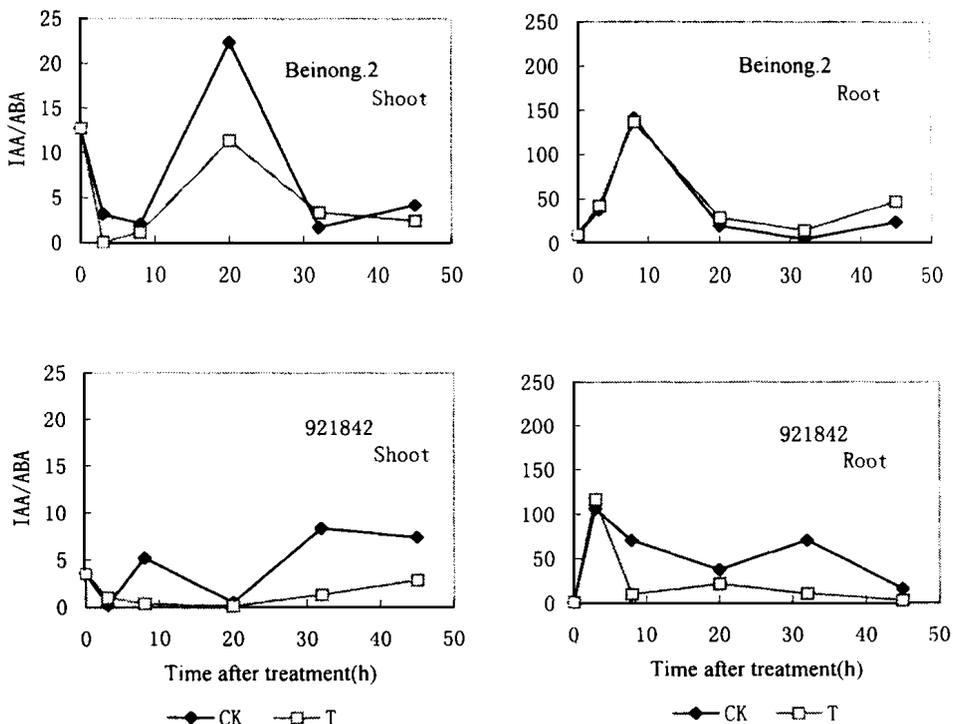


图 1 水分胁迫对抗旱性不同的小麦品种根、芽 IAA/ABA 比值的影响

Fig. 1 Effect of water stress on IAA/ABA in wheat root and shoot

象已有报道^[10],但机理不清楚。这种 IAA 水平的提高,似乎与平衡 ABA 对生长的抑制有关,这一点从根系 IAA 与 ABA 的比值可以看出(图 1)。这可能是水分胁迫对北农 2 号根系生长抑制小的原因之一,而 921842 根系 IAA 与 ABA 的比值则降低较多。

许多试验证明^[3, 10],ABA 作为一种“胁迫激素”,在地上部与地下部的干旱信号传递中起着重要作用。干旱刺激了根系 ABA 的合成,并运输到地上部促进气孔关闭,从而减少水分丢失。从图 1 可以看出,抗旱性强的北农 2 号芽根中 ABA 在胁迫后几乎同时开始增加,根在胁迫 3h 就接近达到最高峰,一直持续到 32h,然后下降;而芽在 20h 达到最高峰,然后开始下降。921842 在胁迫 8h 同时增加,而后开始下降。这种芽根之间的 ABA 动态关系,似乎找不出明显的规律,芽中的 ABA 是从根系运来的,还是自身合成的,还不清楚。萌发期的小麦芽(主要是胚芽鞘)没有气孔,也谈不上气孔关闭,这种 ABA 的增加对抗旱性的效应到底如何,还有待于进一步研究。但 ABA 毕竟是一种抑制生长的植物激素,ABA 的大量增加必然会抑制生长,抗旱性弱的 921842 芽中 ABA 的测定结果可以证明这一点。

无论正常水分条件下,还是水分胁迫条件下,IAA 在根中和芽中都有峰值的出现,根中 IAA 峰值在芽之前,且根中的 IAA 的含量较芽高出近 10 倍,这种现象似乎与激素信号有关,但机理还需要进一步的研究。

综上所述,水分胁迫引起根、芽生长降低的原因,一方面与水分状况的恶化有关,另一方面,植物内源激素在生长过程中起着调控作用。这种调控作用除了与某种激素的绝对含量有关外,各种激素间的平衡非常重要。抗旱性强的品种,在水分胁迫条件下各种激素的消长平衡相对协调,抗旱性弱的品种激素间的协调能力相对较差,这可能是抗旱性弱的品种生长抑制较大的重要原因之一。有关胁迫条件下各种激素的消长与平衡之间的复杂关系以及作用机理的揭示,还需要深入探讨。

参 考 文 献

- 刁枷连,何钟佩,于运华等.见:阎隆飞,王学臣主编,生命科学研究进展,北京:中国农业大学出版社,1996 219~226
- Van Rooijen G J H, R W W ilen, L A Holbrook et al. In: Karssen C M (eds), *Progress in Plant Growth Regulation*, Netherlands, 1992, 354~ 359
- 许旭旦.植物生理学通讯,1988,(1): 1~ 8
- 周 燮,郑志富,陈薄言等.植物生理学报,1996,23(3): 284~ 287
- 张能刚,周 燮.南京农业大学学报,1990,13(1): 116~ 119
- 李宗霖,周 燮.植物激素及其免疫检测技术.南京:江苏科学技术出版社,1996 250~ 284
- Kazuyuki W, H Takayuki, K Seichiro. *Plant Cell Physiology*, 1997, 38(3): 297~ 303
- Westgate M E, J S Boyer. *Planta*, 1985, 164: 540~ 549
- Ze Yu Xin, Xie Zhou, Paul Em ile Pilet. *Journal of Plant Physiology*, 1997, 151: 120~ 124
- 丁 雷,王学臣.干旱地区农业研究,1993,11(2): 50~ 56
- Nonami H, J S Boyer. *Plant Physiology*, 1989, 89: 798~ 804
- Taiz L. *Ann Rev Plant Physiology*, 1984, 35: 585~ 657