

离体培养下锌对春小麦子粒形成及干物质积累的影响

董心久, 周洪华, 王金玲, 魏凌基*, 郝向东, 王仙, 赵高博

(新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆石河子 832003)

摘要: 采用离体穗培养技术研究了锌对春小麦后期生长及产量的影响。结果表明, 在 Zn^{2+} 浓度为 6 mmol/L 的处理小麦的生长发育状况最好, 其旗叶内叶绿素含量、倒一节长度、穗粒数、结实率、千粒重以及穗的干重与对照相比差异均达到显著或极显著水平; 倒二节长度和小花数与对照的差异不显著。低锌和锌过量 (Zn^{2+} 浓度为 0.3 和 300 mmol/L) 条件下, 小麦的生长发育受阻, 各项性状指标均低于对照, 不利于产量的提高; 而且锌过量不但降低产量还造成锌肥的浪费和环境污染。

关键词: 锌; 春小麦; 离体穗培养; 子粒形成; 干物质积累

中图分类号: S521⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X (2006)06-0822-04

Effects of zinc on development of grain and dry matter accumulation in spring wheat after the ear culture *in Vitro*

DONG Xin-jiu, ZHOU Hong-hua, WANG Jin-ling, WEI Ling-ji*, HAO Xiang-dong, WANG Xian, ZHAO Gao-bo

(Key Lab. of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Bingtuan, Shihezi 832003, China)

Abstract: Ear *in Vitro* culture technology was employed to study the disciplinarian of the effect of zinc on spring wheat growth at the last stages and yield character. The selected 6 zinc levels were 0, 0.3, 3, 6, 30 and 300 mmol/L. The results showed that spring wheat appeared to grow best under Zn^{2+} concentration of 6 mmol/L, in which the chlorophyll content in flag leaf, length of the first joint under spike, kernel number per spike, grain percentage, 1000 - grain weight and dry matter weight of spike were significantly or highly significant higher than those of CK; However, the difference of length of the second joint under spike and flowering number was not significant between these two treatments. Growth of wheat was restrained under the condition of both low zinc (the concentration of Zn^{2+} is 0.3 mmol/L) and high zinc (the concentration of Zn^{2+} is 300 mmol/L). All the trait index under low zinc condition was lower than those of CK. High zinc application not only reduced yield but also caused the waste of zinc fertilizer and environment pollution.

Key words: zinc; spring wheat; *in Vitro* culture; development of grain; dry matter accumulation

在高等植物体内, 锌既是酶的组成成分, 也可以作为酶结构和功能的调节因子, 影响植物体的蛋白质、核酸和激素代谢以及光合作用和呼吸作用^[1-2]。自 1926 年 Sommer 和 Lipman 发现锌是高等植物生长发育的必需元素以来, 土壤和作物缺锌问题引起了世界各国的重视^[3-4]。据联合国粮农组织 (FAO) 报

道, 世界上有 30% 左右的耕地缺锌^[5]; 新疆有 39.7% 的土壤缺锌, 其有效锌的含量为 0.109 ~ 10.60 mg/kg, 平均为 0.996 mg/kg。

离体穗培养作为一种方法很早就用于研究小麦穗、花发育与子粒形成的生理过程^[6]。Jenner^[7]在无茵条件下采用短期离体穗培养研究了小麦子粒淀粉

收稿日期: 2005-11-14

修改稿收到日期: 2006-01-09

基金项目: 石河子大学自然科学基金 (ZRKX2005041) 资助。

作者简介: 董心久 (1980-), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 从事生物技术在作物遗传育种上的应用研究。* 通讯作者

的合成;Ahmadi和Baker^[8]研究了激素对小麦子粒灌浆进程的影响;Cazetta等^[9]研究了蔗糖和氮对玉米子粒生长的调控等。此外,采用离体穗培养方法研究还用于不同水平碳素或氮素对玉米淀粉、蛋白质合成的调节作用及对子粒蔗糖合成酶(SS)和焦磷酸化酶(ADPG-Ppase)活性的影响^[9-10]。由于离体穗培养技术可以有效地屏蔽大田试验中各环境因子的干扰及相互作用,避免穗与其它器官的相互作用,形成新的“源”(培养基)——“库”(穗器官)系统,使“源”的供应水平得到有效的控制^[11]。因此,离体穗培养技术越来越受研究者的重视。但这种试验在培养期间需将培养基维持在+1℃的冷水浴中,培养过程繁琐且均为短期处理,培养时间短。我们在前人试验基础上简化了培养方法,延长了培养时间。本试验采用此项技术研究了小麦孕穗至成熟期间锌对穗、花发育及产量性状的影响,探讨了锌在小麦子粒形成及干物质积累中的作用,为高效栽培及锌肥的合理施用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验方法

试验于2005年在新疆石河子大学农学院试验站(42°N,86°E)进行。试验地土壤为壤土,0—20 cm耕层含有有机质15.1 g/kg,全氮0.94 g/kg,全磷0.89 g/kg,全钾25.8 g/kg,碱解氮63.1 mg/kg,速效磷27.8 mg/kg,速效钾168.2 mg/kg。供试春小麦品种为新春8号,事先在田间种植,面积66.67 m²,条播,整个生育期除不施肥外其余正常管理。

离体培养试验设Zn²⁺浓度为0、0.3、3、6、30和300 mmol/L 6个处理[分别用1(CK)、2、3、4、5、6表示],每处理重复10次。

培养时于抽穗期选取田间生长一致的春小麦主

穗挂牌标记,开花前6 d选取标记植株,从基部剪断,置于净水中带回室内,去掉底部叶片,保留旗叶和下部叶片的叶鞘,用1‰升汞消毒15 min,经3次无菌水冲洗后,通过棉塞插入装有经过高压灭菌的液体培养基的广口瓶中(广口瓶、移液管、量筒、烧杯等仪器洗干净后置于1 mol/L的盐酸溶液中浸泡6 h,然后用重蒸水冲洗干净),每个处理重复10次,每瓶插5穗,组织培养室中培养。光照12 h/d,培养室温度控制在18~22℃,每5~7 d更换1次培养基。培养基采用MS培养基的无机成分(除去ZnSO₄·7H₂O)和B₅培养基的有机成分组成基本培养基,蔗糖浓度为4%,pH值为5.0~5.5。

1.2 测定项目与方法

开花当天和花后两周分别用SPAD-502型叶绿素仪(美国产)测定旗叶内叶绿素的相对含量,重复30次;开花当天和花后6、9、12、15、18和21 d分别取穗,105℃杀青15 min,60℃烘至恒重,称干物质重;子粒成熟后各处理取10株测量倒一节和倒二节节间长度,计算小花数、穗粒数、结实率,测定千粒重。

2 结果与分析

2.1 锌对小麦旗叶叶绿素含量的影响

表1看出,与开花当天相比,开花后两周各处理的叶绿素含量均有所降低;同一时期不同浓度Zn²⁺处理的叶绿素含量也有差异。开花当天只有Zn²⁺浓度为300 mmol/L的处理叶绿素含量与对照的差异达到显著水平。开花后两周,除了Zn²⁺浓度为300 mmol/L的处理与对照相比叶绿素含量差异达到显著水平外,Zn²⁺浓度为3、6和30 mmol/L的处理均达到极显著水平。Zn²⁺浓度为0.3 mmol/L(低锌)的处理叶绿素的含量在两个时期均比对照低。

表1 不同处理春小麦旗叶的SPAD值和节间长度

Table 1 SPAD value in flag leaf and joint length of spring wheat under different treatments

处理 Treatments	SPAD值 SPAD Value		节间长度 Joint length(cm)	
	开花当天	花后两周	倒一节	倒二节
	Day of anthesis	Two weeks after anthesis	1st joint under spike	2nd joint under spike
1(CK)	53.97 ± 2.05 a	50.72 ± 2.94 c	38.6 ± 2.4 bc	18.7 ± 2.2 a
2	53.62 ± 1.34 ab	50.15 ± 3.00 c	36.4 ± 2.4 c	17.7 ± 2.0 a
3	54.42 ± 2.30 a	54.05 ± 2.33 a	40.2 ± 2.9 ab	18.9 ± 1.1 a
4	54.45 ± 2.33 a	53.98 ± 2.01 a	41.3 ± 2.5 a	18.7 ± 2.1 a
5	54.04 ± 2.37 a	54.19 ± 2.53 a	41.8 ± 3.5 a	19.1 ± 1.7 a
6	52.53 ± 2.47 b	52.16 ± 2.10 b	42.0 ± 1.3 a	19.2 ± 1.7 a

注(Note):不同字母表示差异达5%显著水平 Different letter in same column means significant difference at 5% levels. 下同 Same as follows.

2.2 锌对小麦节间长度的影响

不同 Zn^{2+} 浓度对小麦倒一节长度的影响显著, Zn^{2+} 浓度为 6 mmol/L 和 30 mmol/L 时倒一节长度与对照的差异达到显著水平, Zn^{2+} 浓度为 300 mmol/L 时则达到了极显著水平; 不同 Zn^{2+} 浓度对小麦倒二节长度无显著影响; Zn^{2+} 浓度为 0.3 mmol/L (低锌) 时, 倒一节和倒二节的长度均比对照低(表 1)。

2.3 锌对小麦穗部干物质积累的影响

图 1 可知, 随着生育进程小麦穗部干物质积累总体上呈上升趋势, 不同时期不同处理下增长的幅度有一定的差异, 开花至花后 18 d, 增长趋势基本一致; 花后 18 d 至成熟, Zn^{2+} 浓度为 6 mmol/L 和 30 mmol/L 处理的穗干重急剧上升, 明显比其它处理高, 到花后 21d 时分别比对照提高 73.96% 和 56.25%, 但是 Zn^{2+} 浓度为 0.3 mmol/L 和 300 mmol/L 的处理反而比对照降低了 20.83% 和 10.42%, 其它处理的干重变化趋势基本保持不变。可见, 低锌和锌过量的处理对小麦穗部干物质积累的抑制作用均比缺锌还要严重。

2.4 锌对小麦产量性状的影响

2.4.1 对小麦穗粒数和结实率的影响 如表 2 所示, Zn^{2+} 浓度为 6 mmol/L 的条件下 1 花 + 2 花结子数、穗粒数及其结实率均最高, 与对照的差异达到显著水平, Zn^{2+} 浓度为 300 mmol/L 时, 3 花 + 4 花结子数和穗粒数均比对照低; 其它浓度下的 1 花 + 2 花结子数、3 花 + 4 花结子数、穗粒数、可见小花数及结实率与对照无明显差异。高锌和低锌条件下, 每穗

的可见小花数均明显比对照少, 这说明供锌不足和锌过量均对小麦小花的分化和子粒的发育产生一定的抑制作用。

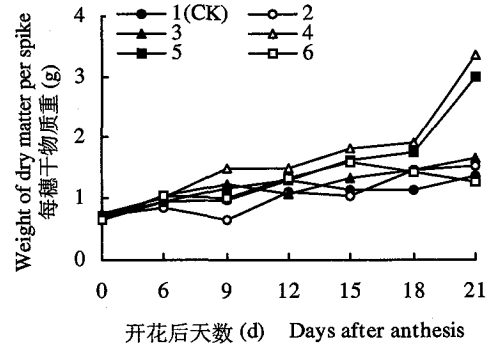


图 1 不同处理对小麦穗部干物质积累的影响

Fig.1 Effect of different treatments on dry matter weight of spike

2.4.2 对小麦千粒重的影响 表 2 还看出, 锌对小麦千粒重的影响显著, 在一定范围内, 随着 Zn^{2+} 浓度的增大千粒重逐渐提高; 但当 Zn^{2+} 浓度超过 6 mmol/L 千粒重又有所下降。 Zn^{2+} 浓度为 6 和 30 mmol/L 的处理分别比对照的千粒重提高 255.5% 和 179.2%, 达到差异极显著水平, 但 Zn^{2+} 浓度为 0.3 mmol/L 的处理反而比对照降低了 6.98%, 说明锌肥过量 and 缺乏都不利于提高小麦产量。过量施锌还会造成栽培成本的提高和环境污染。因此, 施用锌肥时应根据实际情况把握好适宜的施肥量, 才能达到高产、高效的栽培目标。

表 2 锌对小麦穗粒数、结实率和千粒重的影响

Table 2 Effects of zinc on grains per spike, grain percentage and 1000 - grain

处理 Treatments	结子数 Grain number(No.)			小花数 Flower number (No.)	结实率 Grain percentage (%)	千粒重 1000 - grain wt (g)
	1 花 + 2 花 1st and 2nd flower	3 花 + 4 花 3rd and 4th flower	总数 Total			
1(CK)	32.2 ± 2.49 b	19.3 ± 3.09 a	51.5 ± 4.67 ab	77.0 ± 5.93 a	67.01 ± 5.75 b	9.31 ± 0.20 e
2	32.7 ± 2.67 ab	20.1 ± 4.07 a	52.8 ± 6.00 ab	75.9 ± 5.82 a	69.63 ± 7.01 ab	8.66 ± 0.30 f
3	34.0 ± 2.16 ab	20.7 ± 4.57 a	54.7 ± 6.38 a	77.4 ± 5.48 a	70.60 ± 5.94 ab	14.94 ± 0.37 d
4	35.2 ± 2.97 a	21.7 ± 3.53 a	56.9 ± 5.55 a	77.2 ± 8.36 a	74.02 ± 6.13 a	33.70 ± 0.62 a
5	33.7 ± 4.42 ab	20.3 ± 4.76 a	54.3 ± 8.04 ab	74.5 ± 9.14 a	73.07 ± 8.48 ab	25.99 ± 0.29 b
6	32.4 ± 2.17 ab	18.1 ± 2.69 a	50.5 ± 4.06 b	73.6 ± 3.20 a	68.56 ± 3.87 ab	22.21 ± 0.34 c

3 小结

本研究表明, 锌对小麦旗叶内叶绿素含量、倒一节节间的长度、穗粒数、结实率及千粒重的影响显著; 对小麦倒二节节间长度、3 花 + 4 花结子数及可

见小花数的影响不显著。不同浓度锌对穗离体培养小麦干物质积累也产生一定的影响作用。综合分析表明, 在 Zn^{2+} 浓度为 6 mmol/L 条件下, 进行离体穗培养的小麦生长及发育状况均表现为最优, 而低锌和高锌处理条件下小麦的节间伸长和穗、花发育都

受到一定的抑制。

低锌危害可能是由于一定量的锌启动了小麦对锌的需求反应,使之对锌的需求量更高,而供给的锌又远不能满足其对锌的需求造成的。高锌则是因为锌营养过剩造成细胞结构破坏,抑制了光合作用的电子传递与光合磷酸化,这不仅不利于提高小麦产量而且在一定程度上造成锌肥的浪费,还会造成锌污染。因此,合理地运筹锌肥不但有利于作物的增产增收,节约栽培成本,同时还起到防止污染的环保作用。

参 考 文 献:

- [1] 廖红,严小龙. 高级植物营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 215-223.
Liao H, Yan X L. Advanced nutrition of plant[M]. Beijing: Scientific Press. 2003. 215-223.
- [2] 施木田,陈如凯. 锌硼营养对苦瓜叶片碳氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2004, 10(2): 198-201.
Shi M T, Cheng R K. Effect of zinc and boron nutrition on carbon and nitrogen metabolism in leaf of balsam pear (*Momordica charantia*)[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(2): 198-201.
- [3] 胡明芳,文启凯,田长彦. 作物锌素营养研究进展与展望[J]. 新疆农业科学, 1997(5): 214-216.
Hu M F, Wen Q K, Tian C Y. Research and expectation of zinc in crop [J]. *Agriculture Science of Xinjiang*, 1997(5): 214-216.
- [4] 房蓓,武泰存,王景安. 低锌和缺锌对玉米生长发育的影响[J]. 生命科学研究, 2003, 7(3): 255-261.
Fang B, Wu T C, Wang J A. Effect of low zinc and zinc deficiency on maize growth[J]. *Life Science Research*, 2003, 7(3): 255-261.
- [5] 黄建国. 植物营养学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003. 197-204.
Huang J G. Nutrition of plant[M]. Beijing: Press of China Forestry, 2003. 197-204.
- [6] Keller W. Seed production on grass culms detached prior to pollination [J]. *J. Am. Soc. Agron.*, 1943, 35: 617-624.
- [7] Jenner C F. Synthesis of starch in detached ear of wheat[J]. *Augat. J. Biol. Sci.*, 1968, 21: 597-608.
- [8] Ahmadi A, Baker D A. Effects of abscisic acid (ABA) on grain filling processes in wheat[J]. *Plant Growth Regul.*, 1999, 28: 187-197.
- [9] Cazetta J O, Seebauer J R, Below F E. Sucrose and nitrogen supplies regulate growth of maize kernels[J]. *Ann. Bot.*, 1999, 84: 747-754.
- [10] Faleiros R R S, Seebauer J R, Below F E. Nutritionally induced changes in endosperm of shrunken - 1 and brittle - 2 maize kernels grown in vitro[J]. *Crop Sci.*, 1996, 36: 947-954.
- [11] 王志敏. 小麦穗培养系统的建立及其在花粒发育生理研究中的应用[J]. 中国农学通报, 1995, 11(6): 1-5.
Wang Z M. Establishment of spike culture system and its application to physiological research of floret and grain development in wheat [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 1995, 11(6): 1-5.