

丁二酸浸种对大穗型小麦幼苗生长及产量的影响

原换换,冯一俭,郑会芳,李蕾蕾,信龙飞,邵瑞鑫,杨青华*

(河南农业大学农学院/河南粮食作物协同创新中心,河南 郑州 450002)

摘要:以2个大穗型小麦品种济麦2和兰麦223为材料,采用盆栽的方式,研究了丁二酸浸种对大穗型小麦苗期和成熟期相关指标的影响,旨在探讨丁二酸对小麦苗期生长和产量的调控机制。结果表明,丁二酸浸种能够增加2个小麦品种叶片的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性,同时也促进了小麦干物质的积累和分蘖的发生。丁二酸浸种提高了小麦的产量,300 mg/L处理增产最多,济麦2和兰麦223分别比对照增产17.15%和30.44%。

关键词:小麦; 产量; 丁二酸; 酶活性

中图分类号:S512.1 文献标志码:A 文章编号:1004-3268(2015)05-0031-04

Effects of Soaking Seeds with Succinic Acid on Seedling Growth and Grain Yield of Large-spike Wheat Cultivars

YUAN Huanhuan, FENG Yijian, ZHENG Huifang, LI Leilei, XIN Longfei, SHAO Ruixin, YANG Qinghua*

(College of Agronomy, Henan Agricultural University/Collaborative Innovation

Center of Henan Grain Crops, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In a pot experiment, Jimai 2 and Lanmai 223 were used to study the effect of soaking seeds with succinic acid on leaf physiological parameters at seedling stage and grain yield of large-spike wheat cultivars under different concentrations of succinic acid. The results showed that soaking seeds with succinic acid could increase the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) and the content of photosynthetic pigment in leaves, as well as the number of tillers and the accumulation of dry matter in roots and leaves, leading to the increase of grain yield. The best dose of succinic acid was 300 mg/L, which increased the grain yield of Jimai 2 and Lanmai 223 by 17.15% and 30.44%, respectively.

Key words: wheat; yield; succinic acid; enzyme activity

植物生长调节剂是近代植物生理学研究领域的重要发现之一。众多研究表明,植物生长调节物质能够调节和控制植物的生长发育及代谢生理,促进作物早发,协调作物源库关系^[1]。丁二酸(琥珀酸)是一种常见的天然有机酸,为生物体三羧酸循环的中间产物,广泛存在于人体、动物、植物和微生物细胞中,是植物体内重要的二羧酸,除参与呼吸作用外,对维持活性氧代谢平衡也起到一定的作用^[2]。

现有研究结果表明^[3-9],施用丁二酸对玉米幼苗生理代谢及产量有促进作用,并且影响玉米生育后期

光合特性和水分的利用效率,但是丁二酸浸种在小麦上的研究并不多见,尤其是在大穗型小麦上的应用报道较少。为此,研究了不同浓度的丁二酸浸种对大穗型小麦苗期生长发育及产量的影响,以期为丁二酸在小麦生产上的应用提供理论与技术依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试小麦品种为大穗型济麦2和兰麦223。丁二酸($C_4H_6O_4$)为分析纯(相对分子质量118.09),

收稿日期:2014-12-02

基金项目:河南省科技创新人才计划项目(114100510019)

作者简介:原换换(1989-),女,河南辉县人,在读硕士研究生,研究方向:作物化控栽培技术。

E-mail:yuanhuanhuan111@126.com

*通讯作者:杨青华(1966-),男,河南柘城人,教授,主要从事作物化控栽培技术研究。

由天津市科密欧化学试剂开发中心生产。

1.2 试验方法

试验于 2013—2014 年在河南农业大学科教园进行。供试土壤为壤质潮土, 0~30 cm 耕层土壤主要物理性状: 容重为 1.36 g/cm³, 有机质含量为 9.34 g/kg, 全氮含量为 0.78 g/kg, 速效磷含量为 36.6 mg/kg, 速效钾含量为 119.27 mg/kg, 土壤 pH 值为 7.5。丁二酸质量浓度分别为 100 mg/L (J1 和 L1)、200 mg/L (J2 和 L2)、300 mg/L (J3 和 L3)、400 mg/L (J4 和 L4)、500 mg/L (J5 和 L5), 济麦 2 和兰麦 223 的处理分别用 J1~J5 和 L1~L5 表示, 3 次重复, 清水为对照 (JCK 和 LCK)。浸种 12 h 后用清水洗 3 次, 纸中培养至发芽, 选露白一致的种子进行播种。采用盆栽试验的方法。盆栽土壤取于大田耕层, 混匀过筛, 每盆装土 15 kg, 盆高 26.7 cm, 内直径 31 cm; 于 10 月 15 日播种, 2 个小麦品种均为 6 个处理, 每个处理 5 盆, 每盆种 9 穴, 最终留苗 18 株。

1.3 测定项目及方法

于小麦越冬期、返青期、抽穗期及成熟期调查分蘖数量; 在 3 叶期测定全展叶第 2 片叶子的超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 活性和叶绿素含量。叶片 SOD 活性的测定采用氮蓝四唑法; POD 活性的测定采用愈创木酚法; CAT 活性测定采用过氧化氢法^[10]; 采用 95% 乙醇浸泡法提取叶绿素, 测定叶绿素含量^[11]。同时用游标卡尺测定其株高、叶片等外部形态变化; 取样在

105 °C 杀青 20 min 后 80 °C 烘干称其质量, 记录地上部分和地下部分的干物质积累量。小麦成熟收获后进行考种。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析, 并采用 Excel 2007 软件作图。

2 结果与分析

2.1 丁二酸浸种对 3 叶期小麦形态指标的影响

由表 1 可以看出, 随丁二酸质量浓度的增加, 济麦 2 幼苗的叶面积、株高、根和茎叶的干质量均呈先升后降的趋势。以根为例, J1、J2、J3、J4、J5 在 3 叶期根的干质量分别较 JCK 增多 10.53%、15.79%、26.32%、21.05%、15.79%, 茎叶的干质量积累规律与根的干质量变化类似, 综合比较来看, 以 J2 和 J3 处理较好。说明适宜质量浓度的丁二酸浸种有利于小麦苗期植株各器官干物质的积累。同时, 兰麦 223 幼苗的叶面积、株高、根和茎叶干物质量也随丁二酸质量浓度的增加呈先升后降的趋势。综合比较来看, 以 L2、L3 处理较好。这说明适宜质量浓度的丁二酸浸种能够促进小麦的生长。

丁二酸浸种后, 2 个大穗型小麦品种在苗期有相似的变化趋势, 济麦 2 株高和叶面积较兰麦 223 高, 但是兰麦 223 的生长更壮实, 主要表现在地下部分根系的生长和地上部分茎叶的肥壮程度, 兰麦 223 (L1~L5) 的根系干质量分别比济麦 (J1~J5) 高 9.52%、18.18%、20.83%、8.70%、9.09%。

表 1 丁二酸浸种对 3 叶期小麦生长的影响

处理	叶面积/cm ²	株高/cm	地上部干质量/(g/株)	根干质量/(g/株)
J1	7.14 ± 1.08a	20.63 ± 0.62b	0.065 ± 0.01a	0.021 ± 0.00b
J2	7.68 ± 0.78a	21.13 ± 0.44b	0.068 ± 0.00b	0.022 ± 0.00bc
J3	7.80 ± 0.94a	21.73 ± 0.73b	0.075 ± 0.01c	0.024 ± 0.01d
J4	6.60 ± 0.14a	18.57 ± 0.64a	0.065 ± 0.01a	0.023 ± 0.00c
J5	6.00 ± 0.35a	17.97 ± 0.12a	0.065 ± 0.01a	0.022 ± 0.00bc
JCK	7.00 ± 0.61a	18.37 ± 0.64a	0.064 ± 0.01a	0.019 ± 0.00a
L1	6.41 ± 0.64abc	19.57 ± 1.34bc	0.082 ± 0.01c	0.023 ± 0.00a
L2	7.01 ± 0.79abc	20.23 ± 0.87bc	0.087 ± 0.00d	0.026 ± 0.00d
L3	7.32 ± 0.66bc	21.77 ± 0.58c	0.087 ± 0.00d	0.029 ± 0.00e
L4	7.67 ± 0.57c	17.87 ± 0.72b	0.079 ± 0.01b	0.025 ± 0.00c
L5	5.68 ± 0.06ab	14.73 ± 0.15a	0.074 ± 0.00a	0.024 ± 0.00b
LCK	5.33 ± 0.27a	15.03 ± 0.69a	0.073 ± 0.01a	0.023 ± 0.00a

注: 同列中不同字母表示 0.05 水平上差异显著, 下同。

2.2 丁二酸浸种对 3 叶期小麦叶片生理指标的影响

由图 1 可知, 2 个大穗型小麦在不同质量浓度丁二酸浸种后, SOD、POD 和 CAT 活性均比 CK 增

高, 并且随质量浓度的升高呈现出倒 V 字形变化。济麦 2 表现更好, 其 SOD、POD 和 CAT 的活性在 300 mg/L 丁二酸处理后比兰麦 223 分别增加 3.50%、9.94%、5.77%。

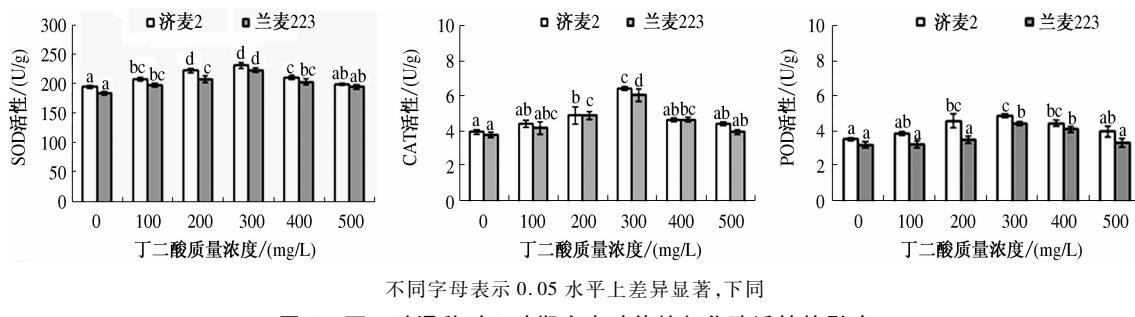


图 1 丁二酸浸种对 3 叶期小麦叶片抗氧化酶活性的影响

2.3 丁二酸浸种对 3 叶期小麦叶片色素含量的影响

由图 2 可知,济麦 2 处理中 J3 的叶绿素 a 含量高于其他处理,比 JCK 高 0.41 mg/g ($P < 0.05$);济麦 J1~J5 在叶绿素 b 含量和类胡萝卜素含量上差

异较小。兰麦 223 叶绿素 a 含量表现为 L3 比 LCK 高 0.38 mg/g ($P < 0.05$);L3 的叶绿素 b 含量最高,比 LCK 高 0.02 mg/g;L1 的类胡萝卜素含量最高,而 L4 的类胡萝卜素含量最低。济麦 2 的叶绿素 a 含量平均较兰麦 223 高 5.03%。

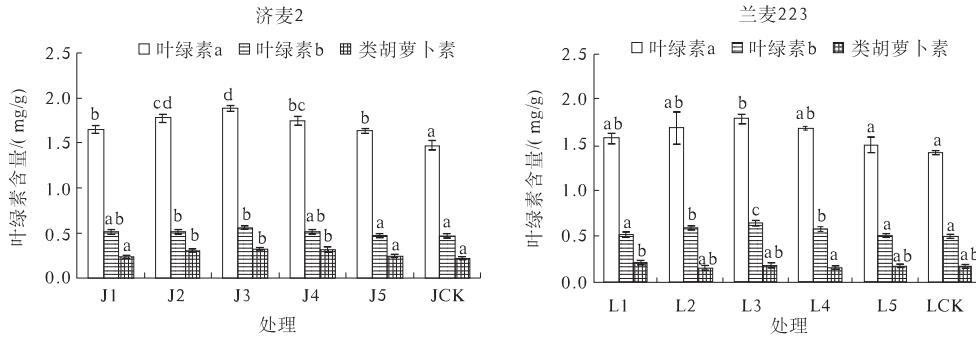


图 2 丁二酸浸种对 3 叶期小麦叶片色素含量的影响

2.4 丁二酸浸种对小麦单株分蘖的影响

由图 3 可知,丁二酸促进了 2 个大穗型小麦分蘖的发生,济麦 2 在越冬期、返青期和抽穗期比 JCK 分蘖数增加。在 4 个生育时期中,济麦 2 的单株分蘖数平均较 JCK 增加 0.60 个。兰麦 223 在越冬期、返青期、抽穗期、成熟期比 LCK 分蘖数增加,且后 3

个时期与 LCK 差异达显著性水平 ($P < 0.05$) ;在成熟期,100~500 mg/L 丁二酸浸种后单株成穗数分别较 LCK 增加 0.20、0.40、0.60、0.20、0.10 个。相比较而言,济麦 2 前期分蘖数少于兰麦 223,但不同处理的济麦 2 成穗率较兰麦 223 高 10.00%、4.55%、4.17%、9.09%、5.26%、5.56%。

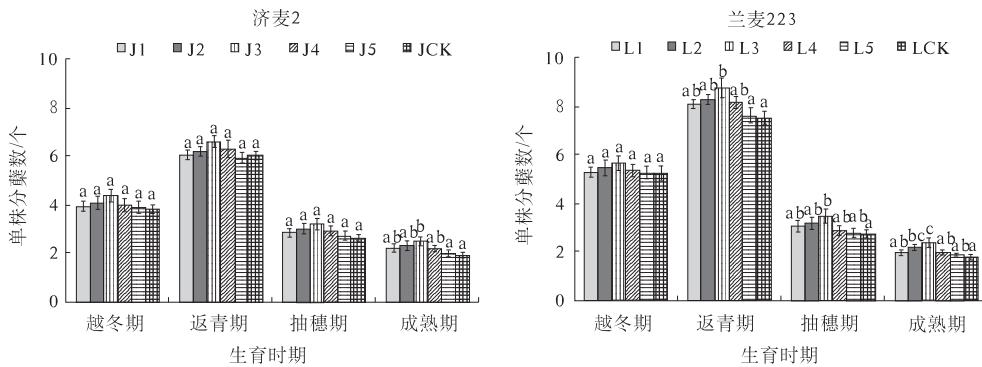


图 3 丁二酸浸种对小麦分蘖的影响

2.5 丁二酸浸种对小麦产量及其构成因素的影响

不同质量浓度的丁二酸浸种后显著提高了小麦的产量(表 2),济麦 2 的 J2 处理千粒质量比 JCK 增加 8.61%,J3 的产量比 JCK 增加 17.15%。济麦 2

J3 处理的穗长和穗粒数在 J1~J5 中分别最长和最多。兰麦 L2 和 L3 处理的穗长分别长于 LCK 0.88 cm 和 1.14 cm ($P < 0.05$),L3 的千粒质量比 LCK 增加 13.30%,产量比 LCK 增加 30.44%。由此可见,

籽粒产量的提高主要是由于穗部性状的改善。

兰麦与济麦相比,L3 的穗长长于 J3,穗粒数多于 J3,增产幅度大于 J3。但是,L3 的千粒质量较 J3 低 6.57% (表 2)。原因可能是兰麦 223 生育期长,

在相同的生长时间内籽粒未完全成熟,而丁二酸浸种能够促进小麦幼穗分化,缓解部分高温引起的产量下降。

表 2 丁二酸浸种对小麦产量及其构成因素的影响

处理	千粒质量/g	收获指数	穗长/cm	小穗数/个	穗粒数/粒	产量/(kg/hm ²)
J1	54.19 ± 0.49b	0.43 ± 0.00a	9.51 ± 0.15ab	21.60 ± 0.78b	64.50 ± 2.91a	13 079.45 ± 27.41b
J2	56.13 ± 0.40c	0.44 ± 0.00bc	9.89 ± 0.19bc	21.60 ± 0.78b	65.10 ± 3.20a	13 230.87 ± 28.31b
J3	55.83 ± 0.19c	0.46 ± 0.00d	9.96 ± 0.11c	21.20 ± 0.44ab	65.80 ± 1.62a	14 125.73 ± 202.60c
J4	52.67 ± 0.31ab	0.45 ± 0.00c	9.51 ± 0.15ab	20.80 ± 0.33ab	61.70 ± 2.42a	13 021.91 ± 2.91b
J5	51.93 ± 0.41a	0.45 ± 0.00c	9.39 ± 0.14a	20.60 ± 0.31ab	59.20 ± 1.54a	12 142.19 ± 103.71a
JCK	51.68 ± 0.92a	0.44 ± 0.00b	9.27 ± 0.08a	19.80 ± 0.02a	58.60 ± 2.45a	12 058.32 ± 78.12a
L1	48.30 ± 0.08b	0.41 ± 0.00b	12.86 ± 0.20ab	22.20 ± 0.36ab	58.10 ± 2.37a	12 080.70 ± 145.59c
L2	52.26 ± 0.21d	0.44 ± 0.00c	13.26 ± 0.15b	22.60 ± 0.67bc	68.30 ± 3.09bc	13 114.04 ± 204.33d
L3	52.39 ± 0.54d	0.47 ± 0.01d	13.52 ± 0.21b	23.80 ± 0.47c	75.20 ± 3.10c	13 670.53 ± 49.22d
L4	52.18 ± 0.37d	0.43 ± 0.01c	12.81 ± 0.39ab	23.00 ± 0.61bc	66.50 ± 2.31b	11 707.41 ± 27.84bc
L5	49.51 ± 0.26c	0.39 ± 0.01a	12.94 ± 0.36ab	22.20 ± 0.36ab	56.70 ± 2.06a	11 279.33 ± 311.27b
LCK	46.24 ± 0.41a	0.39 ± 0.01a	12.38 ± 0.16a	20.80 ± 0.33a	50.80 ± 2.26a	10 479.94 ± 207.42a

3 结论与讨论

近年来,用有机酸来调节作物生长发育的研究越来越多,有机酸被作物吸收转化后能改善其生理代谢,增强植株抗逆性^[12-14]。本试验结果表明,适宜质量浓度(200~300 mg/L)丁二酸浸种可显著促进小麦苗期的生长,提高小麦叶片的生理活性,具体表现为叶片 SOD、POD 和 CAT 活性升高,进而促进了叶片的光合作用。

分蘖和产量有着密不可分的关系,由于小麦分蘖的可调节性,小麦的产量有 1/2 以上是由分蘖发生而形成的,而生长调节剂能够促进分蘖的发生,抵御倒春寒的侵害^[15]。本试验中大穗型小麦分蘖成穗稳定在 2 个或 3 个,丁二酸浸种增加了小麦的分蘖,提高了小麦的成穗率。

丁二酸浸种对苗期小麦起到了壮苗作用,为后期籽粒发育和干物质积累奠定了基础。本试验与杨青华等^[4-6]在玉米上的研究结果一致。近年来,植物生长调节剂的开发利用为农业生产做出了很大贡献,合理应用植物生长调节剂对小麦进行调控是一项行之有效的增产措施,可控制小麦旺长,提高光合效率,提高抗病、抗倒伏的能力,增加结实率,促进籽粒饱满,增加粒质量,提高产量。

参考文献:

- [1] 杨文钰,樊高琼,李玲. 植物生长调节剂在粮食作物上的应用 [M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [2] 马二培,黄勇,刘媛媛. 丁二酸浸种对玉米幼苗生理代谢及产量的影响 [J]. 玉米科学,2006,14(5):98-100.
- [3] 马二培,杨青华,黄勇. 丁二酸浸种对玉米生育后期光和特性和水分利用效率的影响 [J]. 玉米科学,2007,15(1):96-99.
- [4] 杨青华,马兴立,李健,等. 丁二酸浸种对玉米干物质积累和运转的影响 [J]. 河南农业大学学报,2009,43(6):1-5.
- [5] 杨青华,马二培,马兴立. 丁二酸浸种对玉米籽粒发育及产量的影响 [J]. 河南农业科学,2009(11):28-31.
- [6] 杨青华,马兴立,马二培. 丁二酸浸种对玉米干物质积累和运转的影响 [J]. 河南农业科学,2010(8):16-19.
- [7] 刘福建,杨青华. 丁二酸浸种对玉米根系生长和生理特性的影响 [J]. 华北农学报,2010,25(3):145-147.
- [8] 邵瑞鑫,李健,赵宇. 激动素和丁二酸拌种对玉米衰老过程中抗氧化系统和植物激素的影响 [J]. 植物生理学报,2012,48(4):343-349.
- [9] 邵瑞鑫,李健,信龙飞. 激动素和丁二酸拌种对玉米衰老过程中叶绿体结构和叶绿素荧光参数的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(6):1362-1369.
- [10] 赵世杰,刘华山,董新纯. 植物生理学实验指导 [M]. 北京:中国农业科技出版社,1998.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术 [M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [12] 蒋明洋,商涛,张娟,等. 植物生长调节剂对超高产小麦生长发育的效果 [J]. 山东农业科学,2012,44(9):104-105.
- [13] 刘世亮,杨振民. 不同有机酸对烤烟生长发育和生理生化特性的影响 [J]. 中国农学通报,2005,21(5):248-252.
- [14] 邢雪荣,吕春生,郭大立. 有机酸对蔬菜硝酸还原酶活性的影响 [J]. 植物学通报,1995,12(生态学专辑):156-162.
- [15] 王向阳,彭文博,崔金梅,等. 有机酸和硼、锌对小麦旗叶活性氧代谢及粒重的影响 [J]. 中国农业科学,1995,28(1):69-74.