

张美玲,刘克锋. 水杨酸浸种对 NaCl 胁迫下黍稷种子萌发时  $\alpha$ -淀粉酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):149-152.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.042

# 水杨酸浸种对 NaCl 胁迫下黍稷种子萌发时 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响

张美玲<sup>1</sup>, 刘克锋<sup>2</sup>

(1. 北京农学院园林学院, 北京 102206; 2. 北京农学院城乡发展学院, 北京 102206)

**摘要:**以黍稷为试验材料,研究在不同的浸种温度、浸种时间、水杨酸浓度对  $\alpha$ -淀粉酶活性影响的基础上,利用响应面分析法优化设计处理试验所得数据,以确定黍稷萌发时  $\alpha$ -淀粉酶活性最高时的参数。试验结果表明,最优的参数温度为 31.3 °C、时间为 18.44 h、水杨酸浓度为 0.461 9 mmol/L,在这样的优化条件下, $\alpha$ -淀粉酶活性的理论值为 0.461 9,与理论值的贴进度达 97.79%。

**关键词:**黍稷;水杨酸;浸种;NaCl 胁迫; $\alpha$ -淀粉酶活性;响应面分析

**中图分类号:** S516.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0149-04

盐胁迫是指植物生长在浓度比较高的盐土壤中,由于高浓度的盐对其有很大的影响而生长不良。人类赖以生存的这片大地一直受到土壤高含盐量的困扰,中国高含盐量土壤主要分布在黑龙江、河北、山西、西北等一些地区,近年来,设施大棚生产较多,同时设施内土壤含盐量也在逐渐增加,产量逐

年下降,大田种植中这种情况发生也很普遍,土壤盐渍化已成为农业生产的主要阻碍因素之一。通过采取相应的化学技术措施可以有效减少盐胁迫对植物的危害,增强作物在高盐度情况下也能良好生长,使得作物的收获量稳定增加,而且每年总收获量能呈现出上升趋势。水杨酸(SA)是植物体内产生的一种简单酚类化合物,即邻羟基苯甲酸,广泛存在于高等植物中<sup>[1]</sup>。水杨酸浸种能够减弱高盐含量对黍稷的危害,使其对盐胁迫的适应性提高。黍稷是中国常见的种植农作物之一,在经历了很长的农业种植历史后,形成了品种种类繁多的种质资源。黍稷属于禾本科(Gramineae)黍属一年生草本植物。本试验在 NaCl 胁迫下,研究不同水杨酸浓度浸种对黍稷种子萌发时  $\alpha$ -淀粉酶活性的影响,筛选合适的水杨酸浓度、浸种温度、浸种时间,为在高盐条件下黍稷的抗盐栽培提供技术依据。

收稿日期:2014-11-01

基金项目:国家自然科学基金(编号:31100509);北京市教育委员会科技计划面上项目(编号:KM201210020005);国家现代农业科技城成果惠民科技示范工程(编号:Z121100007412003)。

作者简介:张美玲(1988—),女,山西大同人,硕士研究生,研究方向为园林植物栽培生理与生态。E-mail:1004990855@qq.com。

通信作者:刘克锋,硕士,研究员,主要从事土壤肥料及花卉栽培、引种选育、工厂化标准育苗方面的研究。E-mail:liukefeng006@163.com。

[19] Woods W I, Teixeira W G, Lehmann J, et al. Effects of charcoal as slow release nutrient carrier on N-P-K dynamics and soil microbial population: pot experiments with ferralsol substrate[M]//Woods W I, Teixeira W G, Lehmann J, et al. Amazonian dark earths: Wim Sombroek's Vision. Berlin; Springer Netherlands, 2009: 325-338.

[20] Khan M A, Kim K, Mingzhi W, et al. Nutrient-impregnated charcoal: an environmentally friendly slow-release fertilizer[J]. The Environmentalist, 2008, 28(3): 231-235.

[21] 高海英,陈心想,张雯,等. 生物炭和生物炭基氮肥的理化特征及其作物肥效评价[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2013(4): 69-78, 85.

[22] 乔志刚,陈琳,李恋卿,等. 生物炭基肥对水稻生长及氮素利用率的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(5): 175-180.

[23] Straczek A, Sarret G, Manceau A, et al. Zinc distribution and speciation in roots of various genotypes of tobacco exposed to Zn[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 63(1/2/3): 80-90.

[24] 魏孝荣. 旱地长期定位试验对土壤锌、铜、锰、铁化学特性影响的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2004: 6-7.

[25] 汪洪,刘荣乐,金继运. 土层水分非均匀供应下施锌对玉米植

株中 Ca、Fe、Mn、Cu 吸收积累的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(1): 1-7.

[26] 汪洪,汪立刚,周卫,等. 干旱条件下土壤中锌的有效性及其与植物水分利用的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1178-1184.

[27] 刘铭,吴良欢,路兴花,等. 覆膜旱作对稻田土壤有效 Fe、Mn、Zn、Cu 含量的影响[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2004(6): 60-63.

[28] 吴名字,李顺义,张杨珠. 土壤锰研究进展与展望[J]. 作物研究, 2005, 19(2): 137-142.

[29] 杨钙仁,童成立,肖和艾,等. 水分控制下的湿地沉积物氧化还原电位及其对有机碳矿化的影响[J]. 环境科学, 2009, 30(8): 2381-2386.

[30] 林蕾,陈世宝. 土壤中锌的形态转化、影响因素及有效性研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 221-229.

[31] 谢伯承,张春霞,薛绍掌. 土壤中微量元素的环境化学特性[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊1): 132-135.

[32] 马新明,王小纯,倪纪恒,等. 不同土壤类型烟草根系发育特点研究[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(1): 40-45.

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试种子为黍稷原平农 20;试剂:柠檬酸缓冲液、3,5-二硝基水杨酸(DNS)、高锰酸钾、麦芽糖标准溶液<sup>[2]</sup>、淀粉溶液、四水硝酸钙、硝酸钾、硝酸铵、磷酸二氢钾、硫酸镁、铁盐溶液(乙二胺四乙酸二钠和七水硫酸亚铁)、碘化钾、硼酸、硫酸锰、硫酸锌、钼酸钠、硫酸铜<sup>[3]</sup>、氯化钴。

1.2 仪器与设备

722 型可见分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司),Anke TDL-40B 离心机,电热恒温干燥箱,恒温水箱。

1.3 试验方法

1.3.1 浸种温度、浸种时间、水杨酸浓度 确定水杨酸浓度为 0.25、0.50、0.75、1.00、1.25 mmol/L 5 个浓度;试验温度为 10、20、30、40、50 ℃;时间为 10、14、18、22、26 h。

1.3.2 α-淀粉酶活性的测定

1.3.2.1 标准曲线的制作<sup>[4]</sup> 取试管 7 支,每支刻度为 25 mL,各种试剂添加量见表 1。试剂混合均匀,在沸腾的水中加热 5 min 之后,取出冷却,注入蒸馏水定容至 20 mL,振动均匀。把 1 号管定为 CK,整到零, $D_{540\text{ nm}}$ 波长下比色。由此得出麦芽糖的方程为  $y=0.2627x-0.0168$ ,  $r^2=0.9868$ ,式中: $y$  表示吸光度, $x$  表示麦芽糖含量。麦芽糖标准曲线见图 1。

| 表 1 试剂添加浓度 |                 |             |                    |               |
|------------|-----------------|-------------|--------------------|---------------|
| 试管编号       | 麦芽糖标准溶液<br>(mL) | 蒸馏水<br>(mL) | 3,5-二硝基水<br>杨酸(mL) | 麦芽糖含量<br>(mg) |
| 1          | 0               | 2.0         | 2.0                | 0             |
| 2          | 0.2             | 1.8         | 2.0                | 0.2           |
| 3          | 0.4             | 1.6         | 2.0                | 0.4           |
| 4          | 0.8             | 1.2         | 2.0                | 0.8           |
| 5          | 1.2             | 0.8         | 2.0                | 1.2           |
| 6          | 1.6             | 0.4         | 2.0                | 1.6           |
| 7          | 2.0             | 0           | 2.0                | 2.0           |

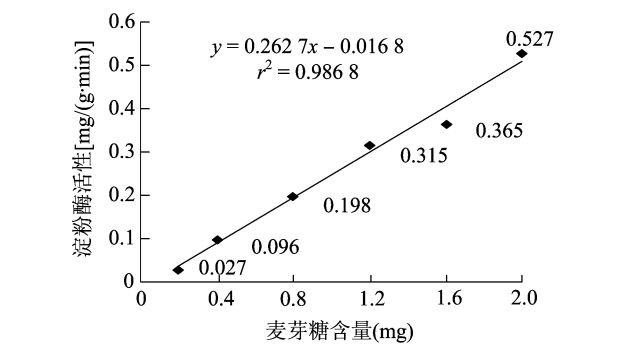


图1 麦芽糖标准曲线

1.3.2.2 α-淀粉酶的提取 称取 0.5 g 萌发 3~5 d 的黍稷种子(芽长 1.5~2.0 cm),放在研钵里,加少量的二氧化硅和 1 mL 蒸馏水,研磨至匀浆。把匀浆倒在 50 mL 容量瓶中,用蒸馏水将剩余物洗 3 次倒在容量瓶中,添加蒸馏水定容到 50 mL。放在常温下 15~20 min 以利于充分提取,每隔 1~2 min 摇动 1 次,使其完全提取。之后取少量溶液在 3 000 r/min 的离心机下,离心 10 min,上面清澈的液体就是淀粉酶原液。

1.3.2.3 α-淀粉酶活性的测定 清洗试管 6 支,分别标明 3 支为对照,3 支为测定管;每个试管中加入 1 mL 的酶提取液,在 69.5~70.5 ℃下加热 15 min,降低 β-淀粉酶,拿出每支管后用自来水冷却;各试管中加入 0.1 mol/L、pH 值 5.6 的柠檬酸提取液 1 mL;对照管加入 4 mL 0.4 mol/L NaOH 溶液,以钝化酶的活性。再加入 1% 淀粉溶液 2 mL,混匀;把测定管放于 39.5~40.5 ℃ 恒温水浴中保温 15 min 后,向其中注入 40 ℃ 下预热的 1% 淀粉溶液 2 mL。振动均匀并立刻放回 40 ℃ 水浴中保温 5 min,拿出试管后立即注入 0.4 mol/L NaOH 4 mL,然后准备下步糖的测定。

样品测定:吸取上面每个试管中酶反应之后的液体及对照管中的液体分别为 2 mL,然后加入到 25 mL 具塞试管刻度中,再注入 DNS 试剂 2 mL,混合均匀,放到沸腾水中加热 15 min,拿出冷却,注入蒸馏水稀释至 20 mL,振动均匀后,在  $D_{540\text{ nm}}$  下对比色,记下吸光度,计算麦芽糖的量,并由以下公式计算酶活性。

结果计算:淀粉酶活性以每克鲜质量所含麦芽糖毫克数表示[ $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$ ]。

$\alpha\text{-淀粉酶} = (A - A') \times V_1 / (m \times V_s \times t)$ 。  
式中: $A$  表示酶水解淀粉变为糖; $A'$  表示淀粉酶 CK 管里糖含量; $V_1$  表示样品的稀释液总体积; $m$  表示样品的鲜质量(g); $V_s$  表示显色时所用的酶液体积; $t$  表示酶作用的时间(min)。

1.3.3 响应面优化设计 响应面优化设计是利用合理的试验设计方法并通过试验得到的数据,采用多元二次回归方程拟合因素与响应值之间的函数关系,通过对回归方程的分析寻求最优工艺参数,解决多变量问题的一种统计方法<sup>[5-7]</sup>。

在不同的水杨酸浓度、浸种温度、浸种时间单因素试验结果的基础上,用 Design-Expert V8.0.6 软件<sup>[8]</sup> 对其中重要的 3 个因素进行响应面分析(表 2),进一步优化 α-淀粉酶活性的参数。

| 表 2 响应面优化设计试验 |       |      |      |      |
|---------------|-------|------|------|------|
| 因素            | 编码    | 编码水平 |      |      |
|               |       | -1   | 0    | 1    |
| 浸种温度(℃)       | $X_1$ | 20   | 30   | 40   |
| 浸种时间(h)       | $X_2$ | 14   | 18   | 22   |
| 水杨酸浓度(mmol/L) | $X_3$ | 0.25 | 0.50 | 0.75 |

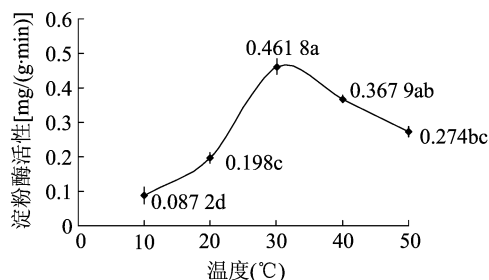
1.4 统计与分析

单因素试验数据的显著性用“ $\bar{x} \pm s$ ”来表示,采用 Excel、SAS 等软件进行统计分析与制作图表。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 不同浸种温度对黍稷发芽时 α-淀粉酶活性的影响 设定水杨酸的浓度为 1.0 mmol/L,浸种温度为 18 h,比较不同的浸种温度(10、20、30、40、50 ℃)在含盐量较高的土壤逆境中对黍稷发芽时 α-淀粉酶活性的影响,结果见图 2。从图 2 可以看出,α-淀粉酶的活性受浸种温度的影响,α-淀粉酶的活性随着浸种温度的上升而提高,当温度为 30 ℃ 时,α-淀粉酶的活性最高,随着浸种温度的上升,α-淀粉酶的活性下降。因此,α-淀粉酶活性最高时浸种温度为 30 ℃。



处理间数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图3、图4同

图2 温度对黍稷 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响结果

分析结果,淀粉酶活性温度为 30 °C 显著高于 20、10、50 °C;40 °C 显著高于 10、20 °C;50 °C 显著高于 10 °C,其他处理间差异不显著。

2.1.2 不同浸种时间对黍稷 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响 设定水杨酸浓度为 1.0 mmol/L,浸种温度为 30 °C,比较不同的浸种时间(10、14、18、22、26 h)在盐逆境条件下对黍稷 $\alpha$ -淀粉酶的活力的影响,结果见图 3。

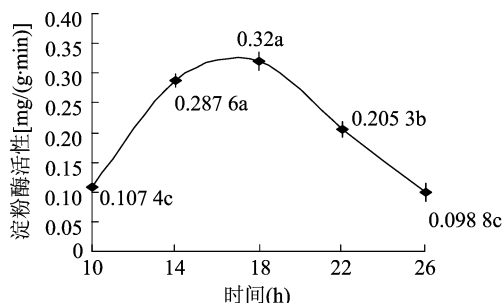


图3 浸种时间对黍稷 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响

从图 3 可以看出, $\alpha$ -淀粉酶的活性随着浸种时间的延长显示出上升的趋势,试验时间达 18 h 时为最大值,继续增加反应时间, $\alpha$ -淀粉酶的活性呈下降趋势。因此,浸种时间为 18 h 时 $\alpha$ -淀粉酶活性最高。

多重比较结果:淀粉酶活性浸种 18、14 h 显著高于 22、10、26 h;22 h 显著于 10、26 h,其他处理之间差异不显著。

2.1.3 不同水杨酸浓度对黍稷发芽时 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响 设定浸种温度为 30 °C,浸种时间为 18 h,比较不同水杨酸浓度(0.25、0.50、0.75、1.00、1.25 mmol/L)在盐胁迫下对黍稷种子萌发的 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响,结果见图 4。

从图 4 可以看出, $\alpha$ -淀粉酶的活性由于水杨酸浓度的

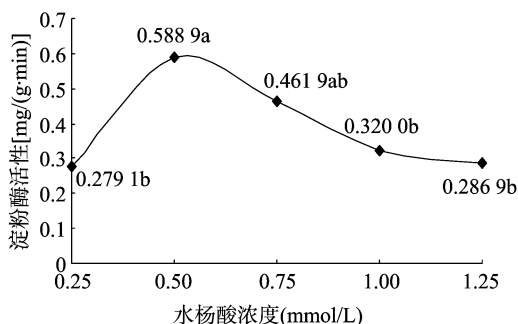


图4 水杨酸浓度对黍稷 $\alpha$ -淀粉活性的影响

增加也渐渐增大,当浓度达到 0.5 mmol/L 时,活性最大。因此,水杨酸浓度为 0.5 mmol/L  $\alpha$ -淀粉酶活性最高。

多重比较结果,淀粉酶活性当水杨酸浓度为 0.5 mmol/L 显著高于 0.25、1.00、1.25 mmol/L,其他处理间差异不显著。

## 2.2 响应面优化

2.2.1 响应面优化设计结果 综合单因素的试验结果,选择对 $\alpha$ -淀粉酶的活性产生影响较大的水杨酸浓度、浸种温度、浸种时间,进行响应面试验设计并应用软件 Design - Expert 8.0.6 来分析处理数据,结果见表 3。

表 3 响应面设计方差分析

| 试验号 | 编码水平  |       |       | 试验值          | 预测值          |
|-----|-------|-------|-------|--------------|--------------|
|     | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | [mg/(g·min)] | [mg/(g·min)] |
| 1   | 0     | -1    | 0     | 0.2643       | 0.26         |
| 2   | 0     | 0     | 0     | 0.4723       | 0.46         |
| 3   | 0     | 0     | 0     | 0.4566       | 0.46         |
| 4   | 0     | 0     | 0     | 0.4424       | 0.46         |
| 5   | 0     | 1     | 1     | 0.2643       | 0.27         |
| 6   | 0     | 1     | -1    | 0.3374       | 0.33         |
| 7   | 1     | 0     | 1     | 0.2491       | 0.23         |
| 8   | 0     | -1    | 1     | 0.2889       | 0.28         |
| 9   | -1    | -1    | 0     | 0.2447       | 0.26         |
| 10  | 0     | 0     | 0     | 0.4620       | 0.46         |
| 11  | -1    | 1     | 0     | 0.3119       | 0.32         |
| 12  | 1     | -1    | 0     | 0.3497       | 0.35         |
| 13  | -1    | 0     | 1     | 0.2271       | 0.23         |
| 14  | 0     | 0     | 0     | 0.4600       | 0.46         |
| 15  | 1     | 0     | -1    | 0.3090       | 0.31         |
| 16  | 1     | 1     | 0     | 0.3394       | 0.34         |
| 17  | -1    | 0     | -1    | 0.2781       | 0.27         |

利用 Design - Expert. V8.0.6 软件对该试验结果进行响应面分析,由回归拟合,得出了水杨酸浓度、浸种温度、浸种时间 3 个因素与 $\alpha$ -淀粉酶的活性 $Y$ 的回归方程 $Y = 0.46 + 0.023X_1 + 0.013X_2 - 0.020X_3 - 0.019X_1X_2 - 2.225X_1X_3 - 0.025X_2X_3 - 0.085X_1^2 - 0.062X_2^2 - 0.11X_3^2$ ,回归模型方差分析所得结果见表 4。根据表 4 可知,回归模型 $P < 0.000 1$ ,表示此模型显著水平很高,能应用响应值,而模型失拟项不显著,模型非常适用。

表 4 回归模型方差比较

| 方差来源     | 平方和                    | 自由度 | 均方                     | $F$ 值  | $P$ 值    |
|----------|------------------------|-----|------------------------|--------|----------|
| 模型       | 0.12                   | 9   | 0.013                  | 2.39   | <0.000 1 |
| $X_1$    | $4.297 \times 10^{-3}$ | 1   | $4.297 \times 10^{-3}$ | 17.02  | 0.004 4  |
| $X_2$    | $1.412 \times 10^{-3}$ | 1   | $1.412 \times 10^{-3}$ | 5.59   | 0.051 0  |
| $X_3$    | $3.140 \times 10^{-3}$ | 1   | $3.140 \times 10^{-3}$ | 12.44  | 0.009 6  |
| $X_1X_2$ | $1.502 \times 10^{-3}$ | 1   | $1.502 \times 10^{-3}$ | 5.59   | 0.044 9  |
| $X_1X_3$ | $1.980 \times 10^{-3}$ | 1   | $1.980 \times 10^{-3}$ | 0.078  | 0.787 5  |
| $X_2X_3$ | $2.430 \times 10^{-3}$ | 1   | $2.430 \times 10^{-3}$ | 9.63   | 0.017 3  |
| $X_1^2$  | 0.030                  | 1   | 0.030                  | 120.35 | <0.000 1 |
| $X_2^2$  | 0.016                  | 1   | 0.016                  | 64.68  | <0.000 1 |
| $X_3^2$  | 0.049                  | 1   | 0.049                  | 194.06 | <0.000 1 |
| 残差       | $1.768 \times 10^{-3}$ | 7   | $2.525 \times 10^{-4}$ |        |          |
| 失拟误差     | $1.300 \times 10^{-3}$ | 3   | $4.333 \times 10^{-4}$ | 3.71   | 0.119 0  |
| 纯误差      | $4.676 \times 10^{-3}$ | 4   | $1.169 \times 10^{-4}$ |        |          |
| 总误差      | 0.12                   | 16  |                        |        |          |

因素  $X_1$  (浸种温度)、 $X_3$  (水杨酸浓度) 对  $\alpha$ -淀粉酶活性的影响的线性效应  $P < 0.01$ , 是极显著, 而  $X_2$  (浸种时间) 是显著,  $X_1X_2$ 、 $X_2X_3$  对  $\alpha$ -淀粉酶活性的交互影响是显著, 而  $X_1X_3$  不显著, 但  $X_1^2$ 、 $X_2^2$ 、 $X_3^2$  的曲面效应都极显著, 说明各个因素与响应值之间没有表现出简单的线性关系, 可由单因素  $F$  值的大小判断各因素对  $\alpha$ -淀粉酶活性的作用次序, 由此得出强弱的次序为浸种温度 > 水杨酸浓度 > 浸种时间。

**2.2.2 不同处理间的多重比较** 从表 4 可以看出: 在建立的数学回归模型中, 在  $\alpha = 0.05$  水平上,  $X_1$  与  $X_2$ 、 $X_2$  与  $X_3$  交互作用显著, 而  $X_1$  与  $X_3$  交互作用不显著, 依据数据, 作出  $X_1X_2$  和  $X_2X_3$  的等高线图和三维空间响应面图<sup>[9]</sup>, 据此可分析和评价双因素交互作用的影响 (图 5、图 6)。水杨酸浓度一定时, 时间与温度的交互作用显著, 当水杨酸浓度在零水平时, 即 0.5 mmol/L 时, 随着时间与温度的增加,  $\alpha$ -淀粉酶活性显著增大, 随后呈下降趋势, 坡度较缓; 当温度在零水平上时, 即为 30 °C 时, 水杨酸浓度与时间的交互作用表现显著, 响应值随着水杨酸浓度与时间变大而渐渐升高, 当为最大值之后,  $\alpha$ -淀粉酶活性反而跟着处理的增高而降低, 经软件分析  $\alpha$ -淀粉酶活性的最佳件: 温度 31.3 °C, 时间 18.44 h, 水杨酸浓度 0.472 5 mmol/L, 在此条件下,  $\alpha$ -淀粉酶活性的理论值为 0.461 876。综合实际操作,  $\alpha$ -淀粉酶活性的最佳条件为: 温度 30 °C, 时间 18 h, 水杨酸浓度 0.5 mmol/L, 与理论值的贴进度达 97.79%。

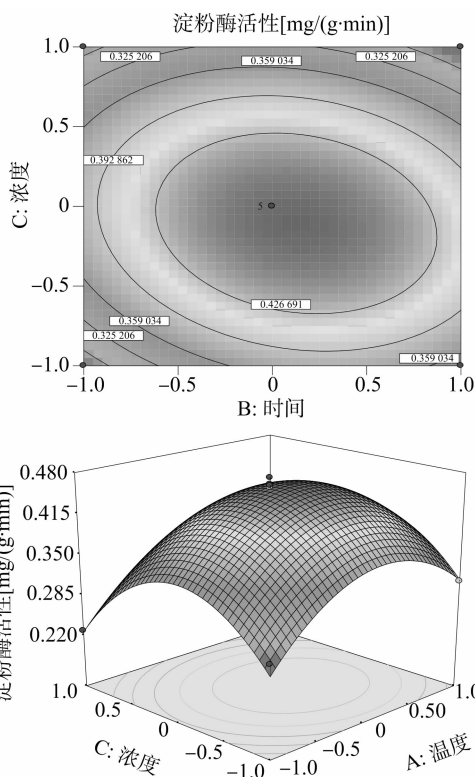


图6 不同浸种时间和水杨酸浓度对 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响

面考虑  $\alpha$ -淀粉酶活性。由回归模型方差比较结果, 浸种温度、浸种时间和水杨酸浓度对  $\alpha$ -淀粉酶活性的影响的强弱顺序依次为浸种温度 > 水杨酸浓度 > 浸种时间。根据单因素试验结果, 对参数采用响应面试验的方法处理数字, 即黍稷种子萌发时  $\alpha$ -淀粉酶活性在水杨酸浓度为 0.472 5 mmol/L、温度为 31.3 °C、时间为 18.44 h 的试验条件下,  $\alpha$ -淀粉酶活性为 0.461 9, 与理论值的贴进度为 97.79%。

#### 参考文献:

- [1] 张逸帆, 祝咪娜. 浅谈水杨酸的植物生理作用[J]. 中国新技术新产品, 2009(1): 8.
- [2] 崔 婧. 水杨酸与植物抗逆性[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(9): 35-38.
- [3] 马宗琪, 邱念伟. 植物营养液的配制与应用[J]. 生物学教学, 2012, 37(2): 57-58.
- [4] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 26-33.
- [5] 王瑶琳, 赵荷娟, 魏启舜, 等. 双孢蘑菇子实体多糖的响应面法优化提取及其纯化[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(5): 1139-1146.
- [6] 孔 涛, 范杰平, 胡小芳, 等. 响应面法优化超声辅助提取车前草中的熊果酸[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 80-84.
- [7] 朱兴一, 彭章芯, 谢 捷, 等. 响应面法优化口一环糊精辅助提取茶多酚的工艺[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9): 221-223.
- [8] 许 莺, 杨星钢, 乔俊亭, 等. 星点设计-效应面法优化尼美舒利双层渗透泵片处方[J]. 沈阳药科大学学报, 2010, 27(11): 857-861.
- [9] 吴 伟, 崔光华. 星点设计-效应面优化法及其在药学中的应用[J]. 国外医学: 药学分册, 2000, 27(5): 292-298.

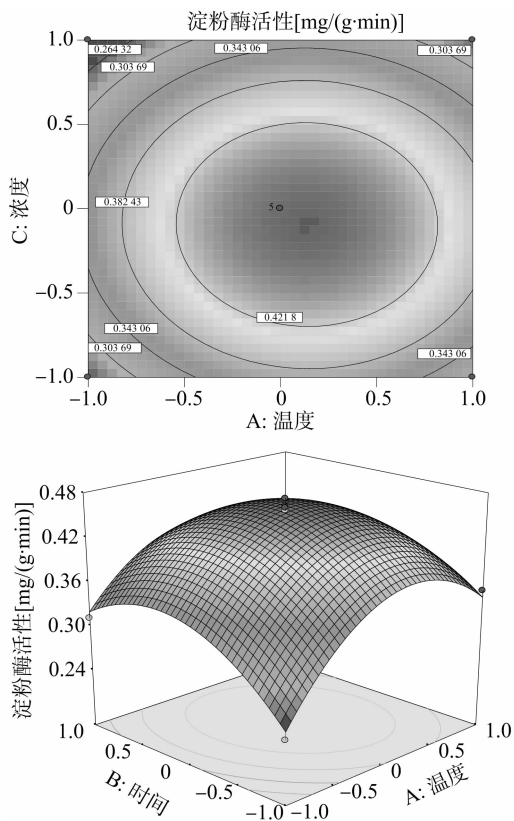


图5 不同浸种温度和浸种时间对 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响

### 3 结论

以黍稷为原料, 从不同的温度、时间、水杨酸浓度 3 个方