

石墨烯浓度对藜麦幼苗根系促进影响的二次曲线拟合分析

张洁萍¹, 韩生华^{2,3}, 郭绪虎², 赵建国^{2,3*}, 乔俊^{2,3}, 陈志文³ (1.山西大同大学数学与统计学院, 山西大同 037009; 2.山西大同大学炭材料研究所, 山西大同 037009; 3.山西大同大学化学与化工学院, 山西大同 037009)

摘要 采用不同质量浓度石墨烯的 MS 培养基, 测定藜麦幼苗根系投影面积, 利用回归分析法对石墨烯浓度与藜麦幼苗根系投影面积进行二次曲线回归, 得到回归模型并进行检验, 研究石墨烯浓度与藜麦幼苗根系投影面积变化的规律。结果表明, 模型的 P 值小于 0.05, 说明该模型可以良好地反映两者之间的关系; 模型的 R^2 值为 0.984, 回归系数达显著水平。因此该模型适合描述石墨烯浓度和藜麦幼苗根系投影面积的关系, 可以对试验结果进行科学预测。

关键词 二次曲线拟合; 石墨烯; 藜麦; 幼苗根系

中图分类号 S519 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)08-0008-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.08.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Quadratic Curve Analysis of Effects of Graphene Concentration on Root Promotion of Quinoa Seedlings

ZHANG Jie-ping¹, HAN Sheng-hua^{2,3}, GUO Xu-hu² et al (1. College of Mathematics and Statistics, Shanxi Datong University, Datong, Shanxi 037009; 2. Institute of Carbon Materials, Shanxi Datong University, Datong, Shanxi 037009; 3. College of Chemistry and Chemical Engineering, Shanxi Datong University, Datong, Shanxi 037009)

Abstract This study prepared MS medium containing different concentrations of graphene and studied the effect of projected area of quinoa seedlings. Through regression analysis which quadratic curve was used to graphene concentration and root projected area of quinoa seedlings, the relationship between graphene concentration and root projection area of quinoa seedlings was studied. The results showed that the P value of the model was less than 0.05, indicating that the model could well reflect the relationship between the two; the R^2 value of the model was 0.984, and the regression coefficient reached a significant level. Therefore, the model was suitable for describing the relationship between graphene concentration and root projected area of quinoa seedlings, and could predict the experimental results scientifically.

Key words Quadratic curve fitting; Graphene; Quinoa; Seedling root system

石墨烯作为典型的纳米碳材料, 在通信领域、航空航天、新能源电池和复合材料等领域中已经得到了广泛关注^[1-5]。近年来, 石墨烯在农林业方面的研究逐渐稳步开展, 如石墨烯增效复合肥料促进了农作物产量的提高, 经过石墨烯处理的花卉可以加速种子萌发、促进根系生产等^[6-8]。藜麦是一种产于南美洲安第斯山脉的双子叶植物, 其籽粒营养丰富, 叶和苗同样富含营养和功能物质, 具有很高的食用和药用价值^[9-10]。目前藜麦已经作为特色作物, 获得大量引入种植。

该研究以不同质量浓度石墨烯溶液对藜麦种子进行处理, 通过对二次曲线拟合来求解石墨烯对藜麦幼苗根系总投影面积的影响, 考察两者之间的相关性, 并建立合适的数学模型, 分析数量关系, 旨在对石墨烯对藜麦幼苗根系生长的影响进行预测, 从而进一步加深藜麦的增产增收。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 藜麦幼苗、石墨烯溶液均由山西大同大学石墨烯林业应用国家林草局重点实验室提供。

1.2 试验方法

1.2.1 石墨烯处理藜麦幼苗。 配制各个不同质量浓度的石墨烯溶液(0.2、4、8、12 mg/L)的 MS 培养基, 将已经消毒的藜

麦种子分别播种在不同浓度的培养基上, 后用人工气候箱培养 14 d。

1.2.2 藜麦根系面积分析。 将培养好的含有不同石墨烯浓度的藜麦幼苗取出, 清洗干净, 利用根系分析系统(WinRHIZO)进行根系投影面积分析。

1.3 数据分析 以石墨烯浓度为自变量 x , 藜麦幼苗根系投影面积为因变量 y , 绘制散点图观察数据在图中的分布情况及特点, 选用回归模型对数据进行回归拟合, 以此来判断石墨烯浓度与藜麦幼苗根系投影面积这 2 变量是否适用于回归模型。

2 结果与分析

以石墨烯浓度为自变量 x , 藜麦幼苗根系投影面积为因变量 y , 绘制散点图(图 1), 根据石墨烯浓度与藜麦幼苗根系投影面积的统计结果选择的回归模型为 $y = a_2x^2 + a_1x + a_0$, 拟合曲线见图 2。从图 2 可以看出, 没有添加石墨烯的培养基, 藜麦幼苗根系投影面积为 3.40 cm², 随着石墨烯浓度从 2 mg/L 增加至 8 mg/L 时, 藜麦幼苗根系的投影面积不断增大, 当超过浓度 12 mg/L, 投影面积逐渐减小。拟合曲线与观测值基本吻合, 因此可以判断石墨烯浓度与藜麦幼苗根系投影面积适用于该模型。

对模型的统计量进行检验并进行方差分析, 结果发现, 该二次曲线模型的 R^2 为 0.984, 调整的 R^2 为 0.968, 标准误差为 0.075, F 值为 62.345, P 值为 0.016。模型的回归系数见表 1, 从表 1 可以看出, 藜麦幼苗根系投影面积对自变量(石墨烯浓度) x 、 x^2 的非标准化回归系数分别为 0.315 和 -0.026, 对应的显著性检验 t 值分别为 10.729 和 -11.166; 2 个回归系数的显著性水

基金项目 山西省石墨烯产业化应用技术协同创新中心(晋财教[2017]204号); 山西省石墨烯功能材料工程技术中心开放基金项目(DTGR2017004); 大同市重点研发计划项目(2018025)。

作者简介 张洁萍(1982—), 女, 山西定襄人, 讲师, 硕士, 从事统计应用研究。*通信作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事石墨烯在农林业方面的应用研究。

收稿日期 2020-09-07

平 P 值均小于 0.05, 因此可认为 x 、 x^2 对投影面积均有显著影响。据此得到回归方程为 $y = -0.026x^2 + 0.315x + 3.449$ 。

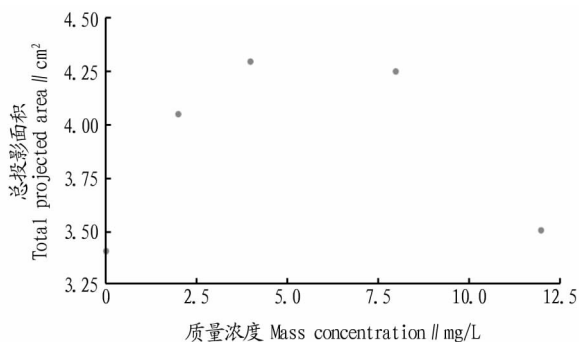


图 1 石墨烯浓度和藜麦幼苗根系投影面积的散点图

Fig.1 Scatter plot of graphene concentration and projected area of quinoa seedling root system

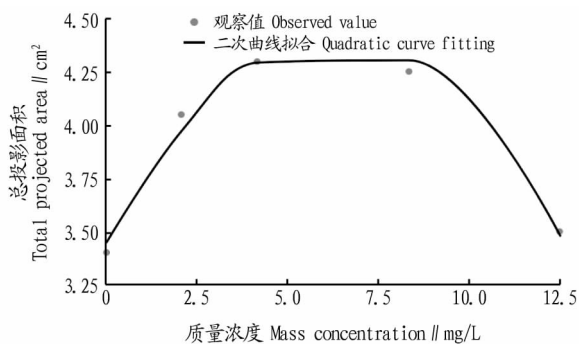


图 2 石墨烯浓度和藜麦幼苗根系投影面积的拟合曲线

Fig.2 Fitted curve of graphene concentration and projected area of quinoa seedling root system

表 1 模型回归系数汇总

Table 1 Summary of model regression coefficients

项目 Item	非标准化系数 Unstandardized coefficient		标准化 系数 Beta Stand- ardized coefficient Beta	t 值	P 值
	B	标准误 Standard error			
常数 Constant	3.449	0.067	—	51.722	0.000
x	0.315	0.029	3.593	10.729	0.009
x^2	-0.026	0.002	-3.739	-11.166	0.008

(上接第 7 页)

[10] 沈萍,陈向东.微生物学实验[M].5版.北京:高等教育出版社,2018.
 [11] 魏景超.真菌鉴定手册[M].上海:上海科学技术出版社,1979.
 [12] 陈瑞,贾仁勇,殷中琼,等.青刺果多糖对糖尿病小鼠肝组织病理变化的影响[J].辽宁中医药大学学报,2007,9(5):167-169.
 [13] 蒲中慧,贾仁勇,殷中琼,等.青刺果种粕粉乙酸乙酯提取物及其体外抑菌作用[J].中国兽医杂志,2009,45(7):76-78.
 [14] 解仲伯,林华庆,余楚钦,等.青刺果各类提取物的药理作用研究进展[J].中成药,2016,38(12):2651-2656.
 [15] 曹定知,廖志航.青娜油软胶囊对大鼠血脂的影响[J].中药药理与临床,2004,20(2):45.
 [16] 刘刚,王庆旭,杨立成,等.青刺尖种籽油抗缺氧生理活性的研究[J].西南农业大学学报,2002,24(6):548-550.
 [17] 格桑泽仁,徐国庆,欧文伟.青娜油软胶囊对高血脂近期疗效的观察[J].华西药学杂志,2003,18(1):72.
 [18] 袁瑾,李风起,钟惠民.野生植物青刺尖和火棘果实的营养成分[J].植

3 结论

目前农业试验研究中应用回归分析手段方法十分普遍^[11-12]。该研究在农业试验的基础上,配制了不同浓度的石墨烯培养基,测定石墨烯对藜麦幼苗根系投影面积的影响,建立了石墨烯浓度与藜麦幼苗根系投影面积之间的函数模型,借助 SPSS 软件进行拟合分析,对模型方程经 F 检验后,达到显著水平,说明方程拟合良好,可以进行进一步研究。

综上所述,根据模型可求解得出石墨烯浓度为 4.8 mg/L 的 MS 培养基,藜麦幼苗根系投影面积不断增大,这与郭绪虎等^[13]的试验结果一致。根据该模型可以预测石墨烯浓度大于 12 mg/L 时,不利于藜麦幼苗根系促进。因此,通过该模型可以为石墨烯对藜麦幼苗根系面积影响进行科学预测,为农业科研工作者提供一种高效的数据处理方法。

参考文献

[1] SUI Y, APPENZELLER J. Screening and interlayer coupling in multilayer graphene field-effect transistors[J]. Nano Lett, 2009, 9(8): 2973-2977.
 [2] DREYER D R, PARK S, BIELAWSKI C W, et al. The chemistry of graphene oxide[J]. Chem Soc Rev, 2010, 39(1): 228-240.
 [3] SALEH T A, SARI A, TUZEN M. Effective adsorption of antimony (III) from aqueous solutions by polyamide-graphene composite as a novel adsorbent[J]. Chem Eng J, 2017, 307(7): 230-238.
 [4] DUZHKO V V, DUNHAM B, ROSA S J, et al. N-doped zwitterionic fullerenes as interlayers in organic and perovskite photovoltaic devices[J]. ACS Energy Lett, 2017, 2(5): 957-963.
 [5] QU G, CHENG J, LI X, et al. A fiber supercapacitor with high energy density based on hollow graphene/conducting polymer fiber electrode[J]. Adv Mater, 2016, 28(19): 3646-3652.
 [6] 姚建忠,张占才,薛斌龙,等.石墨烯对欧洲山杨组培苗不定根表观形态影响作用的研究[J].山西大同大学学报(自然科学版),2018,34(5):1-4.
 [7] 张晓,曹慧芬,赵建国,等.石墨烯对白榆扦插苗生长和生理生化特征的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2020,40(4):97-103.
 [8] 胡晓飞,赵建国,高丽岩,等.石墨烯对树莓组培苗生长发育影响[J].新型炭材料,2019,34(5):447-454.
 [9] 高睿,李志坚,秦培友,等.藜麦的发展与应用潜力分析[J].饲料研究,2019,42(12):77-80.
 [10] 张晓玲,袁加红,何丽,等.云南省高海拔低温干旱山区藜麦种植技术探讨[J].安徽农业科学,2018,46(30):45-46,50.
 [11] 田生昌.最小二乘法的统计学原理及在农业试验分析中的应用[J].数学的实践与认识,2015,45(4):124-133.
 [12] 张鹏,刘雅晴,熊炳辉,等.金针菇接种过程中环境微生物含量与污染率的曲线拟合分析[J].安徽农业科学,2020,48(4):46-48.
 [13] 郭绪虎,赵建国,温日宇,等.石墨烯对藜麦幼苗根系形态及生物量的影响[J].山西农业科学,2019,47(8):1395-1398.

物资源与环境学报,2002,11(2):63-64.

[19] 邓加艾,戴好富,王宇光,等.沉香样品中曲霉属真菌菌株 HNWSW-20 的分离鉴定及其次生代谢产物的研究[J].热带作物学报,2018,39(8):1618-1624.
 [20] 柴晓蕾,宋希强,朱婕.华石斛内生真菌组织分布特点及其抑菌活性[J].热带作物学报,2018,39(1):137-144.
 [21] 李培,阳蓉蓉,胡晓萍,等.海南粗榧内生真菌 F127 发酵液的次级代谢产物研究[J].热带作物学报,2017,38(5):962-968.
 [22] 张书亚,李玲,陈秀龙,等.香榧果实褐斑病原菌鉴定及防治药剂筛选[J].植物保护学报,2017,44(5):817-825.
 [23] 冯连荣,彭儒胜,周宏民,等.杨树上一株链格孢菌的分离、鉴定及室内防治药剂筛选[J].西部林业科学,2018,47(6):106-111.
 [24] 闫璐,高贵田,哈益明,等.谷物中链格孢毒素的研究进展[J].核农学报,2017,31(2):334-341.
 [25] 李宏光,易图永,肖艳松,等.7%井冈霉素·极细链格孢激活蛋白可湿性粉剂对烟草病毒病的防效研究[J].现代农业科技,2014(24):126-131.