

几种寡糖类物质对菜薹矿质养分吸收的影响

张运红¹ 吴礼树^{1*} 刘一贤¹ 张 赓¹ 赵 凯¹ 耿明建¹ 张善学²

(¹华中农业大学资源与环境学院, 湖北武汉 430070; ²海南正业中农高科股份有限公司, 海南海口 570001)

摘 要: 采用溶液培养, 研究了四种寡糖类物质 (海藻酸钠及其寡糖、寡聚半乳糖醛酸和壳寡糖) 不同施用浓度 (0、10、20、50、100 mg · L⁻¹) 对菜薹 (心) 矿质养分吸收的影响。结果表明: 海藻酸钠及其寡糖和寡聚半乳糖醛酸低浓度处理可显著促进菜薹对氮、磷、钙、镁、硼、锰、锌的吸收, 低浓度时寡聚半乳糖醛酸对菜薹钾吸收也有一定的促进作用; 高浓度时, 三者处理效果均不明显, 且各浓度处理对菜薹铜吸收也无显著促进作用。壳寡糖低浓度时对菜薹氮、镁、硼、铜、锌的吸收有一定的促进作用; 高浓度时引起铜的大量吸收, 同时抑制菜薹氮、磷、钾、镁、锰的吸收及钙由地下部向地上部转运。

关键词: 寡糖; 菜薹 (心); 矿质养分; 吸收

中图分类号: S634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6346 (2009) 20-0017-06

Effects of Different Oligosaccharides on Mineral Element Absorption of *B r a s s i c a c a m p e s t r i s L . v a r . u t i l i s* Tsen et Lee

ZHANG Yun-hong¹, WU Li-shu^{1*}, LIU Yi-xian¹, ZHANG Geng¹, ZHAO Kai¹, GENG Ming-jian¹, ZHANG Shan-xue²

(¹College of Resources and Environmental Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China;

²Hainan Zhengye Zhongnong High Technology Co., Ltd, Haikou 570001, Hainan, China)

Abstract: A hydroponic trial was conducted to investigate effects of several oligosaccharides (sodium alginate and its oligosaccharides, oligoglacturonide and chitosan oligosaccharide) with the application concentration of 0, 10, 20, 50, 100 mg · L⁻¹ on mineral element absorption of *B r a s s i c a c a m p e s t r i s L . v a r . u t i l i s* Tsen et Lee. The results showed that sodium alginate and its oligosaccharides and oligoglacturonide had significantly promotive effects on the absorption of N, P, Ca, Mg, B, Mn, Zn in low concentration. Oligoglacturonide with low concentration also promoted the K absorption to some extents. In high concentration, three oligosaccharides had no significant effects on the mineral element absorption, and did not improved Cu absorption in all concentration used in our experiment. Chitosan oligosaccharide could promote the absorption of N, Mg, B, Cu, Zn in low concentrations, but caused the luxury uptake of Cu and reduced the absorption of N, P, K, Mg, Mn and the transport of Ca from aerial part to the shoot in high concentrations.

Key words: Oligosaccharides; *B r a s s i c a c a m p e s t r i s L . v a r . u t i l i s* Tsen et Lee; Mineral element; Absorption

收稿日期: 2009-03-02; 接受日期: 2009-05-06

基金项目: 国家自然科学基金 (30500311)

作者简介: 张运红, 博士研究生, 专业方向: 寡糖的作用机理及应用途径, E-mail: zhangyunhong23@yahoo.com.cn

*通讯作者 (Corresponding author): 吴礼树, 教授, 博士生导师, 专业方向: 新型营养物质的生物效应及生理基础, E-mail: wls@mail.hzau.edu.cn

寡糖类物质具有独特的生理活性,可参与植物多种生长调控活动,且属天然提取物,相对传统人工合成的植物生长调节剂而言,更为安全、环保,作为新型生理活性物质,具有广阔的应用前景。目前已有不少关于寡糖对植物生长发育调控的报道^[1-3],但对其作用机理研究甚少,一般认为寡糖是一种氮代谢调节剂,可提高植物体内硝酸还原酶、谷氨酸脱氢酶活性,使蛋白水解酶活性下降,改变氮同化从GS-GOGAT转化成GDH途径,使更多的 NH_4^+ 转化成有机氮而进入氮代谢循环,从而有利于蛋白质积累,促进植物生长^[4-5]。养分吸收与植物生长发育有着密切的关系,寡糖是否通过影响植物对矿质养分的吸收,进而影响植物生长,目前未见报道。本试验以菜薹(心)为材料,通过在培养介质中添加不同寡糖类物质,研究其对菜薹矿质养分吸收的影响,为进一步探明寡糖对植物的作用机制提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试寡糖共4种,分别为海藻酸钠及其寡糖 $[(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6\text{Na})_n]$ 、寡聚半乳糖醛酸 $[(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_n]$ 和壳寡糖 $[(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_4)_n]$,均由中国科学院大连化学物理研究所提供。供试菜薹(*Brassica campestris* L. var. *utilis* Tsen et Lee)品种为31号油青甜菜心。

1.2 试验方法

试验于2007年底~2008年初在华中农业大学微量元素中心盆栽场中进行,化学分析在资源与环境学院完成。采用溶液培养试验,所用营养液为Hoagland大量元素配方和Amon微量元素配方;水培容器为直径20 cm的聚乙烯塑料盆,外套黑色塑料袋以避光。每盆装培养液800 mL。菜薹种子播于固定在塑料盆的纱布上,用去离子水培养至两片子叶展开时移苗,每盆栽种6株。首先采用1/4浓度营养液培养7 d,然后转至1/2浓度营养液中培养7 d,最后更换为全量营养液培养。幼苗二叶一心时进行寡糖处理,参照Nguyen等^[6]的试验方法,4种寡糖均设5个浓度水平,分别为0(CK)、10、20、50、100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,配成溶液后加入到营养液中,每处理3次重复。整个培养过程中每7 d更换1次培养液。处理14 d后收获。

1.3 指标测定

将植株按地下部和地上部分开,用去离子水冲洗干净,105℃杀青,65℃烘干,磨碎, $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消化,用流动分析仪(瑞典FIAstar 5000)测其N、P含量^[7],用火焰光度计测其K含量^[7];1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl提取,用ICP-AES测其Ca、Mg、B、Mn、Cu、Zn含量^[7]。

测定结果采用DPSv3.01专业版软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同寡糖类物质对菜薹氮、磷、钾吸收的影响

表1显示,海藻酸钠寡糖10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理可显著提高菜薹地上部氮含量,增幅分别为44.3%和33.7%,其余处理差异不显著;海藻酸钠各处理对菜薹地上部氮含量无显著影响;二者对菜薹地下部氮含量的影响也均不显著。寡聚半乳糖醛酸10~50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地上部和地下部氮含量均显著高于未施寡糖处理,增幅分别为21.3%~30.6%和3.7%~18.8%;100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地上部氮含量和未施寡糖处理无显著差异,地下部氮含量显著降低。壳寡糖各处理对菜薹地上部氮含量均无显著影响;10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地下部氮含量显著增加(增幅25.9%);100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理显著降低(降幅36.9%),其余处理无显著变化。说明寡聚半乳糖醛酸和壳寡糖低浓度处理可在一定程度上促进菜薹对氮的吸收,高浓度有一定的抑制作用。

海藻酸钠寡糖50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理可显著提高菜薹地上部磷含量,增幅为35.6%,其余处理的菜

薹地上部磷含量有增加趋势; $10 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 寡聚半乳糖醛酸处理的菜薹地上部磷含量均显著高于未施寡糖处理, 增幅为 $42.1\% \sim 104.1\%$; 二者对菜薹地下部磷含量影响不显著。海藻酸钠各处理的菜薹地上部磷含量和未施寡糖处理无显著差异, $10 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理菜薹地下部磷含量显著降低, 说明海藻酸钠及其寡糖和寡聚半乳糖醛酸处理可一定程度促进磷从菜薹地下部向地上部转移。壳寡糖 $10 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理对菜薹地上部和地下部磷含量均无显著影响, $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地下部磷含量显著低于未施寡糖处理, 说明壳寡糖高浓度处理抑制菜薹对磷的吸收。

海藻酸钠及其寡糖 $10 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理对菜薹地上部钾含量均无显著影响, $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 海藻酸钠处理菜薹地上部钾含量显著降低 (降幅为 17.5%); 海藻酸钠各处理对菜薹地下部钾含量无显著影响, 其寡糖处理的菜薹地下部钾含量变化无规律可循。壳寡糖 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地上部和地下部钾含量显著降低, $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地上部钾含量也显著低于未施寡糖处理, 其余处理差异不显著, 说明海藻酸钠及其寡糖和壳寡糖低浓度处理对菜薹钾吸收无显著影响, 高浓度处理有一定的抑制作用。寡聚半乳糖醛酸 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地上部钾含量显著增加 (增幅为 12.3%), 其余处理差异不显著; 各处理对菜薹地下部钾含量无显著影响。

表 1 不同寡糖类物质对菜薹不同部位氮、磷、钾吸收的影响

寡糖	浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	氮含量 / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (DW)		磷含量 / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (DW)		钾含量 / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (DW)	
		地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部
海藻酸钠	110 (CK)	34.53 a	23.79 a	4.61 a	5.78 a	40.99 a	18.00 a
	110	36.42 a	21.38 a	5.97 a	3.96 c	42.21 a	14.28 a
	20	40.38 a	23.05 a	6.38 a	3.71 c	41.81 a	12.42 a
	50	40.90 a	22.62 a	5.57 a	5.03 b	41.90 a	13.50 a
	100	39.25 a	23.04 a	5.46 a	5.76 a	33.80 b	14.32 a
海藻酸钠寡糖	110 (CK)	34.53 b	23.79 a	4.61 b	5.78 a	40.99 ab	18.00 b
	10	49.81 a	24.02 a	5.62 ab	5.98 a	45.22 a	24.29 a
	20	46.18 a	25.93 a	5.57 ab	6.21 a	44.69 a	15.57 cd
	50	37.97 b	22.49 a	6.25 a	7.61 a	40.91 ab	13.96 d
	100	36.78 b	22.53 a	5.28 ab	4.59 a	37.57 b	16.34 bc
寡聚半乳糖醛酸	110 (CK)	34.53 c	23.79 c	4.61 d	5.78 a	40.99 bc	18.00 a
	10	45.10 a	28.26 a	6.55 c	5.45 a	44.29 ab	16.96 a
	20	41.89 ab	24.75 b	7.43 b	5.68 a	46.03 a	16.62 a
	50	44.39 a	24.68 b	9.41 a	4.83 a	40.12 c	14.16 a
	100	36.85 bc	22.92 d	5.46 d	3.14 a	41.10 bc	15.48 a
壳寡糖	110 (CK)	34.53 ab	23.79 b	4.61 ab	5.78 a	40.99 a	18.00 a
	10	37.38 a	29.95 a	5.37 a	5.71 a	38.49 a	19.17 a
	20	33.81 ab	25.21 ab	4.89 ab	4.88 a	36.04 a	18.44 a
	50	30.74 b	25.59 ab	3.76 ab	4.59 ab	27.83 b	18.22 a
	100	31.29 ab	15.00 c	3.28 b	2.41 b	26.93 b	12.95 b

注: 表中同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($\alpha=0.05$), 下表同。

2.2 不同寡糖类物质对菜薹钙、镁吸收的影响

表 2 显示, 海藻酸钠及其寡糖和寡聚半乳糖醛酸各处理均可显著提高菜薹地上部钙含量, 增幅分别为 $5.0\% \sim 12.2\%$ 、 $6.1\% \sim 12.2\%$ 和 $8.9\% \sim 15.0\%$; 海藻酸钠和寡聚半乳糖醛酸各处理对菜薹地下部钙含量影响不显著, 海藻酸钠寡糖 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地下部钙含量显著降低 (降幅分别为 7.4% 和 15.7%), 其他处理无显著差异。壳寡糖 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地上部钙含量显著低于对照, 降幅分别为 14.4% 和 16.7% ; $20 \sim 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的菜薹地下部钙含量显著增加, 增幅为 $71.0\% \sim 117.1\%$, 表明壳寡糖处理有利于菜薹地下部对钙的吸收, 但抑制其向地上部转移。

海藻酸钠及其寡糖和寡聚半乳糖醛酸均能显著促进菜薹对镁的吸收,各处理的地上部镁含量均显著高于未施寡糖处理,增幅分别为 20.9% ~ 34.5%、26.5% ~ 36.5% 和 17.7% ~ 40.6%;海藻酸钠和寡聚半乳糖醛酸各处理对菜薹地下部镁含量均无显著影响,海藻酸钠寡糖 10 mg·L⁻¹处理的菜薹地下部镁含量显著增加(增幅 14.9%),其他处理无显著差异。壳寡糖 10 mg·L⁻¹和 20 mg·L⁻¹处理的菜薹地上部镁含量显著高于未施寡糖处理(增幅分别为 20.1% 和 17.7%),其他处理无显著差异;各处理对菜薹地下部镁含量影响均不显著。

表 2 不同寡糖类物质对菜薹不同部位钙、镁吸收的影响

寡糖	浓度 /mg·L ⁻¹	钙含量 /g·kg ⁻¹ (DW)		镁含量 /g·kg ⁻¹ (DW)	
		地上部	地下部	地上部	地下部
海藻酸钠	110 (CK)	3.60 d	2.17 a	2.49 c	1.68 a
	110	3.87 b	2.16 a	3.01 b	1.57 a
	20	4.04 a	2.24 a	3.35 a	1.63 a
	50	3.92 b	2.17 a	3.25 ab	1.66 a
	100	3.78 c	2.12 a	3.05 b	1.65 a
海藻酸钠寡糖	110 (CK)	3.60 b	2.17 a	2.49 b	1.68 b
	10	4.02 a	2.01 b	3.32 a	1.93 a
	20	4.04 a	1.83 c	3.40 a	1.64 b
	50	3.93 a	2.05 ab	3.40 a	1.69 ab
	100	3.82 a	2.09 ab	3.15 a	1.77 ab
寡聚半乳糖醛酸	110 (CK)	3.60 c	2.17 a	2.49 d	1.68 ab
	10	3.99 b	2.09 a	3.03 bc	1.48 b
	20	4.14 a	2.33 a	3.26 b	1.52 ab
	50	3.92 b	2.30 a	2.93 c	1.63 ab
	100	3.96 b	2.23 a	3.50 a	1.74 a
壳寡糖	110 (CK)	3.60 a	2.17 c	2.49 b	1.68 a
	10	3.73 a	2.01 c	2.99 a	1.60 a
	20	3.63 a	3.71 b	2.93 a	1.64 a
	50	3.08 b	4.71 a	2.39 b	1.51 a
	100	3.00 b	4.49 a	2.23 b	1.57 a

2.3 不同寡糖类物质对菜薹硼、锰、铜、锌吸收的影响

表 3 显示,海藻酸钠 50 mg·L⁻¹处理可显著提高菜薹地上部硼含量,增幅为 28.3%,其他处理均有增加趋势,但差异未达显著水平;20~100 mg·L⁻¹处理菜薹地下部硼含量显著低于未施寡糖处理(降幅为 10.0%~17.3%)。海藻酸钠寡糖各处理均可显著提高菜薹地上部硼含量,增幅为 7.3%~18.9%;寡聚半乳糖醛酸除 50 mg·L⁻¹处理外,其余处理菜薹地上部硼含量也显著增加;二者对菜薹地下部硼含量均无显著影响。壳寡糖 50 mg·L⁻¹和 100 mg·L⁻¹处理的菜薹地上部硼含量显著高于未施寡糖处理,增幅分别为 22.9%和 27.6%,其余处理亦有增加趋势,但差异未达显著水平;各处理对菜薹地下部硼含量影响均不显著。说明不同寡糖类物质均能在一定程度上促进硼从菜薹地下部向地上部转移。

海藻酸钠及其寡糖 10 mg·L⁻¹和 20 mg·L⁻¹处理均可显著提高菜薹地上部锰含量(增幅分别为 33.8%和 56.0%、38.8%和 50.0%),海藻酸钠 50 mg·L⁻¹处理也显著增加菜薹地上部锰含量(增幅 40.2%),其余处理差异不显著;二者各处理的菜薹地下部锰含量也显著增加,增幅分别为 61.5%~99.7%和 93.6%~250.4%。寡聚半乳糖醛酸 20 mg·L⁻¹处理可显著提高菜薹地上部锰含量(增幅 34.1%),10~50 mg·L⁻¹处理的菜薹地下部锰含量也显著增加,增幅 121.0%~134.3%。壳寡糖 50 mg·L⁻¹和 100 mg·L⁻¹处理的菜薹地上部锰含量显著降低(降幅分别为 35.4%和 37.6%);10 mg·L⁻¹处理的菜薹地下部锰含量显著增高(增幅 61.7%),其

余处理差异不显著, 说明低浓度壳寡糖对菜薹锰吸收影响不大, 高浓度有明显的抑制作用。

海藻酸钠及其寡糖和寡聚半乳糖醛酸处理对菜薹地上部铜含量无显著影响; 海藻酸钠及其寡糖各处理的菜薹地下部铜含量均显著降低 (降幅分别为 21.2 % ~ 27.1 % 和 27.7 % ~ 35.8 %), 寡聚半乳糖醛酸各处理对菜薹地下部铜含量影响不显著, 说明海藻酸钠及其寡糖和寡聚半乳糖醛酸对菜薹铜吸收无明显促进效果。壳寡糖处理可显著促进菜薹对铜的吸收, 20 mg · L⁻¹以上处理的菜薹地上部铜含量和所有处理的菜薹地下部铜含量均显著高于未施寡糖处理。

不同寡糖处理对菜薹锌吸收均有一定的促进作用, 海藻酸钠及其寡糖 100 mg · L⁻¹处理的菜薹地上部锌含量均显著增加 (增幅分别为 77.5 % 和 76.6 %), 其余处理差异不显著; 二者所有处理对菜薹地下部锌含量影响均不显著。寡聚半乳糖醛酸 20 mg · L⁻¹以上处理的菜薹地上部锌含量显著增加 (增幅为 54.8 % ~ 69.6 %), 100 mg · L⁻¹处理的菜薹地下部锌含量显著降低 (降幅 24.7 %), 其余处理无显著差异。壳寡糖 20 mg · L⁻¹处理的菜薹地上部锌含量显著高于未施寡糖处理 (增幅 78.7 %), 20 mg · L⁻¹和 50 mg · L⁻¹处理的菜薹地下部锌含量也显著增加 (增幅分别为 69.3 % 和 56.4 %), 其余处理差异不显著。

表 3 不同寡糖类物质对菜薹不同部位硼、锰、铜、锌吸收的影响

寡糖	浓度 mg · L ⁻¹	硼含量 /mg · kg ⁻¹ (DW)		锰含量 /mg · kg ⁻¹ (DW)		铜含量 /mg · kg ⁻¹ (DW)		锌含量 /mg · kg ⁻¹ (DW)	
		地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部
海藻酸钠	110 (CK)	16.68 b	12.65 a	165.02 c	180.98 c	13.27 a	18.23 a	31.47 b	176.66 ab
	110	18.82 ab	11.99 ab	87.02 b	133.68 b	4.04 a	13.94 b	31.49 b	83.11 a
	20	20.12 ab	11.39 bc	101.40 a	161.72 a	3.76 a	14.36 b	41.27 ab	78.18 ab
	50	21.40 a	10.76 bc	91.19 ab	138.64 b	3.44 a	13.91 b	44.57 ab	75.54 ab
	100	19.58 ab	10.46 c	71.90 c	130.76 b	3.46 a	13.29 b	55.85 a	63.12 b
海藻酸钠寡糖	110 (CK)	16.68 b	12.65 a	65.02 c	80.98 c	3.27 a	18.23 a	31.47 b	76.66 a
	10	19.75 a	12.60 a	90.27 ab	255.24 a	3.20 a	12.93 b	34.48 b	67.56 a
	20	19.84 a	12.07 a	97.50 a	195.86 b	3.27 a	11.71 b	35.55 b	66.91 a
	50	19.37 a	11.46 a	84.57 abc	156.74 b	3.62 a	13.18 b	41.89 ab	71.44 a
	100	17.90 a	11.44 a	75.76 bc	283.74 a	3.46 a	12.82 b	55.58 a	75.30 a
寡聚半乳糖醛酸	110 (CK)	16.68 b	12.65 a	65.02 b	80.98 b	3.27 a	18.23 a	31.47 c	76.66 a
	10	19.33 a	12.10 a	71.14 b	179.12 a	2.76 a	17.74 a	37.84 bc	67.53 ab
	20	19.46 a	13.76 a	87.17 a	189.70 a	2.83 a	20.50 a	53.36 a	75.88 ab
	50	18.62 ab	14.80 a	63.25 b	178.98 a	3.34 a	21.64 a	49.02 ab	77.13 a
	100	20.44 a	13.58 a	63.45 b	117.03 b	4.05 a	19.94 a	48.73 ab	57.69 b
壳寡糖	110 (CK)	16.68 c	12.65 ab	65.02 a	80.98 b	3.27 b	18.23 c	31.47 b	76.66 b
	10	19.22 abc	12.36 ab	65.42 a	130.93 a	4.17 b	26.99 b	42.84 b	76.56 b
	20	18.28 bc	9.08 b	59.87 a	77.13 b	11.79 a	27.86 b	56.24 a	129.75 a
	50	20.50 ab	12.86 ab	42.00 b	69.56 b	14.78 a	39.20 a	34.51 b	119.90 a
	100	21.28 a	13.50 a	40.56 b	54.35 b	10.96 a	44.44 a	34.27 b	83.92 b

3 讨论

在本试验施用浓度范围内, 海藻酸钠及其寡糖和寡聚半乳糖醛酸低浓度处理可显著促进菜薹对氮、磷、钙、镁、硼、锰、锌的吸收, 低浓度时寡聚半乳糖醛酸对菜薹钾吸收也有一定的促进作用; 高浓度时, 三者作用均不明显, 且各浓度处理对菜薹铜吸收也无显著促进作用。壳寡糖低浓度时对菜薹氮、镁、硼、铜、锌的吸收有一定的促进作用, 高浓度时引起铜的奢侈吸收, 同时抑制菜薹氮、磷、钾、镁、锰的吸收及钙由地下部向地上部转运。笔者已有的研究表明, 海藻酸钠及其寡糖施入营养液中, 10 ~ 20 mg · L⁻¹时可显著促进菜薹增产, 寡聚半乳糖醛酸和壳寡糖处理无明显效果, 20 mg · L⁻¹以上还有一定的抑制作用^[6]。Nguyen等^[8]采用同样的培养方式, 也发

现浓度 $20 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的海藻酸钠寡糖可显著促进水稻生长。不同寡糖对菜薹生长有促进或抑制作用^[6]，从本试验结果来看可能与寡糖对菜薹矿质养分吸收的调控有关。

作物养分吸收受根系生长状况及其生理活性的影响。前人研究，海藻酸钠及其寡糖促根生长效果显著，根部施用 $2 \sim 4 \text{ h}$ 后根系伸长速率从 $2.9 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 增加到 $5.3 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ，且其中的三糖、四糖、五糖及六糖效果最佳^[8-9]。薄芯等^[10]报道不同寡糖不同浓度对玉米根系生长的调控存在差异， 0.025% 脱乙酰壳聚糖浸种对玉米根质量及脱氢酶活性增加效果较好，对根系活跃吸收面积促进作用较弱，而 0.025% 壳聚糖对增加根质量效果较差，高浓度时还有一定的负调节作用。笔者先前的试验表明，海藻酸钠及其寡糖可显著提高菜薹根系吸收活力，而壳寡糖则有一定的抑制作用，推测寡糖可能通过影响菜薹根系生长及其生理活力，进而影响菜薹对养分的吸收^[11]。此外，寡糖可能还参与其离子通道等方面的调节，王秀武等^[12]报道壳寡糖分子上携带的正电荷基团连接到猪消化道细胞膜上，可使膜上细胞间紧密结合蛋白的结构发生改变，导致跨膜通道的开放，有利于矿质离子的吸收。Masashi等^[13]报道寡糖处理豌豆和豇豆细胞，可促进 K^+ 、 Na^+ 离子通道开放，使胞外溶液中的 K^+ 、 Na^+ 浓度升高。Mathieu等^[14]报道烟草悬浮细胞经寡聚半乳糖醛酸诱导后，膜电位发生变化， Ca^{2+} 和 H^+ 流入细胞内，而 K^+ 流出，且 K^+ 的流出依赖于 Ca^{2+} ， Ca^{2+} 还可被 Mg^{2+} 代替。本试验中，不同寡糖不同浓度对菜薹不同养分离子吸收的调控，可能是其参与了离子通道等方面的调节，有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 卜宁, 马莲菊, 马纯艳. 褐藻胶寡糖浸种对高粱幼苗部分生理特性的影响 [J] 江苏农业科学, 2007 (2): 40 - 42.
- [2] 郝林华, 石红旗, 孙丕喜, 陈靠山, 李光友. 牛蒡寡糖对黄瓜植株生理生化特性的影响 [J] 西北植物学报, 2006, 28 (8): 1612 - 1616.
- [3] 扈学文, 许秋瑾, 金相灿, 刘景辉, 李立军, 郭俊秀, 欧阳坤. 不同分子量壳寡糖对黑麦草种子萌发和幼苗抗病酶活性影响的研究 [J] 中国农学通报, 2007, 23 (2): 221 - 225.
- [4] Osuji GO, Cuero R G. Regulation of ammonium ion salvage and enhancement of the storage protein of corn, sweet potato, and yam tuber by N-(Carboxymethyl) chitosan application [J] Food Biotechnology, 1992, 40: 724 - 734.
- [5] 师素云, 王学臣. 羧甲基壳寡糖对玉米籽粒氮代谢关键酶和种子贮藏蛋白含量的影响 [J] 植物生理学报, 1999, 25 (2): 187 - 192.
- [6] 张运红, 吴礼树, 耿明建, 胡红青, 张善学. 几种寡糖类物质对菜心产量与品质的影响 [J] 华中农业大学学报, 2009, 28 (2): 164 - 168.
- [7] 鲍士旦. 土壤化学分析 [M] 北京: 中国农业出版社, 2000: 265, 270 - 271.
- [8] Nguyen Q H, Naotsugu N, Le X T, Fumio Y, Vo H D, Hiroshi M, Keizo M, Tamikazu K. Growth promotion of plants with depolymerized alginates by irradiation [J] Radiation Physics and Chemistry, 2000, 59: 97 - 101.
- [9] Iwasaki K, Matsubara Y. Purification of alginate oligosaccharides with root growth-promoting activity toward lettuce [J] Bioscience Biotechnology Biochem, 2000, 64 (5): 1067 - 1070.
- [10] 薄芯, 李京霞, 何立千. 壳聚糖类植物保养剂对玉米根生理作用初探 [J] 北京联合大学学报: 自然科学版, 2003, 17 (3): 32 - 35.
- [11] 张运红, 吴礼树, 何华飞, 耿明建, 张善学. 几种寡糖类物质对菜心根系形态及生理特性的影响 [J] 华中农业大学学报, 2009, 28 (5): 564 - 568.
- [12] 王秀武, 郭无瑕, 栗衍华, 李永德, 杜昱光. 海洋壳寡糖对仔猪生产性能及器官、肌组织和血清中矿物元素含量的影响 [J] 营养饲料, 2008, 44 (5): 40 - 42.
- [13] Masashi A, Kazuhiro T, Yuki I, Tetsuji Y, Tomonori S. Association between ion fluxes and defense responses in pea and cowpea tissues [J] Plant Cell Physiology, 1997, 38 (6): 698 - 706.
- [14] Mathieu Y, Lapous D, Thomine S, Laurière C, Guem J. Cytoplasmic acidification as an early phosphorylation dependent response of tobacco cells to elicitors [J] Planta, 1996, 199: 416 - 424.