

文章编号:1000-8551(2019)07-1465-07

# 琼胶寡糖对秋葵生长及品质的影响

李倩<sup>1</sup> 杨锐<sup>1,\*</sup> 陈海敏<sup>1</sup> 吴愉萍<sup>2</sup> 范海君<sup>3</sup> 陈娟娟<sup>1</sup> 骆其君<sup>1</sup><sup>1</sup> 宁波大学浙江省海洋生物工程重点实验室,浙江 宁波 315211;<sup>2</sup> 宁波市农产品质量安全总站,浙江 宁波 315012; <sup>3</sup> 宁波市奉化范氏农场,浙江 宁波 315500)

**摘要:**为探究琼胶寡糖作为叶面肥的效果,本研究以秋葵为试验材料,以复合肥作为基肥(对照),在秋葵的生长过程中分别增施 0.2‰琼胶寡糖(0.2‰ OA)、海藻肥基肥(SF),测定秋葵的生长指标、果实参数及营养品质。结果表明,与对照相比,0.2‰ OA 显著促进了秋葵植株的生长并提高了果实产量和营养品质( $P<0.05$ )。0.2‰OA 组的秋葵产量较对照提高 41.56%,果实中营养物质黄酮、果糖、果胶、游离氨基酸、可溶性糖和 Vc 分别增加 0.39 个百分点、29.33%、93.28%、36.09%、19.75%和 18.14%。海藻肥的促进效果虽稍逊于琼胶寡糖,但与对照相比仍有显著改善( $P<0.05$ )。SF 组产量较对照提高 14.74%,其营养物质黄酮、果胶、游离氨基酸、可溶性糖和 Vc 分别增加 0.31 个百分点、27.67%、13.26%、6.00%和 5.07%。综上,琼胶寡糖能够明显改善果蔬的生长及品质,在高品质果蔬的生产中具有较大应用潜力。本研究结果为琼胶寡糖在高品质农业生产中的应用提供了理论依据。

**关键词:**琼胶寡糖;海藻肥;黄秋葵;生长;品质

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2019.07.1465

秋葵(*Abelmoschus moschatus*)又名黄秋葵、黄葵、羊豆角,属锦葵科(Malvaceae)秋葵属(*Abelmoschus*),是一种菜、药、花兼用型植物<sup>[1]</sup>。秋葵果实中富含多糖、黄酮、果胶、游离氨基酸、可溶性蛋白、维生素 C(Vitamin C, Vc)和粗纤维等成分,具有抗衰老、抗疲劳、降血糖等功效<sup>[2-4]</sup>。秋葵果实可被制成调味品,秋葵花茶具有独特的花香和一定的药用价值,秋葵的种子亦可作为生活中铝盐的替代物<sup>[5]</sup>,因此,秋葵是生产价值较高的蔬菜作物之一。

生物寡糖广泛存在于有机体中,具有热量低、安全性高、较多糖溶解性好及结构稳定性受酸碱影响大等特性<sup>[6-7]</sup>。目前,已发现并确认的 1 000 多种寡糖中有 10 余种被广泛应用于食品、医药和农业生产中<sup>[8]</sup>。海藻寡糖由海藻多糖降解得到,聚合度在 2~10 的直链或支链低聚糖,保留了独特的活性基团,具有分子量小、水溶性好、功能多样等特点<sup>[9]</sup>。最具代表性的海藻寡糖是由红藻糖胶和褐藻胶降解而来的琼胶寡糖和

褐藻寡糖。其中,琼胶寡糖主要由琼二糖连接而成,包括琼寡糖和新琼寡糖,琼寡糖以 3,6-内醚- $\alpha$ -L-半乳糖残基为还原性末端,新琼寡糖则以  $\beta$ -D-半乳糖残基为还原性末端;褐藻寡糖由  $\beta$ -D-甘露糖醛酸和  $\alpha$ -L-古罗糖醛酸组成。

寡糖具有植物生长调节作用<sup>[10-11]</sup>,作为生物药剂和激发子能够诱导植株产生抗逆效应<sup>[12-13]</sup>,也可作为保鲜保湿剂<sup>[14]</sup>。海藻寡糖是寡糖的重要来源之一,具有促进作物生长、生殖及增加产量的效果<sup>[9]</sup>。Ma 等<sup>[15]</sup>研究表明,施用褐藻寡糖能够促进种子萌发和幼苗生长,增加幼苗中淀粉酶和叶绿素的含量,同时提高幼苗根系的活力。海藻寡糖能够诱导并提高植株产生抗病虫害、抗逆等能力。Zhang 等<sup>[16]</sup>研究发现 0.4% 海藻寡糖能够缓解毒死蜱对小麦生长产生的生理胁迫并增加植株抗性,且海藻寡糖处理浓度与作物细胞膜的通透性、脯氨酸及可溶性糖含量呈显著正相关。Liu 等<sup>[17]</sup>研究表明,藻酸衍生寡糖可以通过影响电解

收稿日期:2018-02-08 接受日期:2018-08-10

基金项目:现代农业产业技术体系专项资金资助(CARS-50),浙江省重大科技专项(2016C02055-6B),宁波市科技计划项目(2017C10020、2017C10026),宁波农科教结合项目(2015NK27)

作者简介:李倩,女,主要从事藻类基础研究。E-mail:1198276177@qq.com

\* 通讯作者:杨锐,女,副研究员,主要从事藻类生物技术研究。E-mail:yangrui@nbu.edu.cn

质、游离脯氨酸、丙二醛 (malondialdehyde, MDA)、抗氧化酶和苯丙氨酸酶 (phenylalaninammonio-lyase, PAL) 活性而增强番茄幼苗的抗旱性。此外,海藻寡糖能够提高果实保水保鲜的能力,并改善其营养品质。蓝炎阳等<sup>[18]</sup>用海藻寡糖处理琯溪蜜柚,发现海藻寡糖处理下的蜜柚保鲜时间明显延长,有效保存了蜜柚的营养成分及果实品质。

目前,在农业生产中应用的寡糖多为陆源,而海洋来源的寡糖则较少使用。虽然目前已有关于藻类混合物及褐藻寡糖在小范围内应用的研究报道,但有关单一功能物质,如琼胶寡糖等在农业中应用的研究尚鲜见报道。因此,本研究以琼胶寡糖作为秋葵生产中的辅助肥料,探究其对秋葵营养生长、果实品质、营养成分及功能物质含量的影响,旨在明确以琼胶寡糖为代表的海藻功能物质在高端农业或果蔬生产中的可行性,为高品质秋葵生产及海藻加工产业拓展新的应用领域提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试秋葵品种:绿空 328,由浙江省宁波市奉化区范氏农场提供。

供试肥料:1) 复合肥:市售高浓度硫酸钾型复混肥料 17-17-17(广州市凯美瑞化肥有限公司),总养分 $\geq 51\%$ ;2) 琼胶寡糖溶液:称取 40 g 琼脂粉加入到盛有 2 L 纯水的锥形瓶中,加热至沸腾(注意搅拌以免糊化),直至溶液澄清,随后加入 8 mL 浓盐酸,利用恒温搅拌器搅拌 2 h,温度保持在 95℃(此时会出现絮状物或沉淀),冷却至室温后,用 NaOH 调节溶液 pH 值至 6.8(沉淀物会消失),即得到 2% 琼胶寡糖溶液,于 4℃ 保存备用,使用时用水稀释成 0.2% 琼胶寡糖溶液(作用液)<sup>[19-20]</sup>;3) 海藻生物有机肥:成分为海洋生物活性物质,有机质 $\geq 45\%$ (山东洁晶集团股份有限公司),pH 值 7~8,有益菌 0.2 亿个 $\cdot\text{g}^{-1}$ 、海藻蛋白 $\geq 20\%$ 、海藻多糖 $\geq 3\%$ 、海藻酸 $\geq 2\%$ 、生长素 $\geq 0.08\%$ 、甘露醇 $\geq 0.03\%$ 、藻元酸钠 $\geq 0.05\%$ 、酚类聚合物 $\geq 0.02\%$ 。

### 1.2 试验设计

2017 年 4 月 10 日播种秋葵种子,田间常规管理。2017 年 7 月 25 日采摘秋葵果实样品进行果实品质检测。2017 年 10 月 22 日进行黄秋葵植株与果实的生长及产量指标测定。

所有处理组均分别于 2017 年 5 月 15 日、7 月 12 日和 7 月 23 日基部撒施复合肥,首次施用量为 50

kg $\cdot 667\text{m}^{-2}$ ,后续施用量为 15 kg $\cdot 667\text{m}^{-2}$ 。

试验共设置 3 个处理组,即 1) 对照组(CK):除基本养护外,不进行其他处理;2) 0.2% 琼胶寡糖组(记作 0.2%OA):分别于 7 月 9 日和 7 月 23 日喷施叶面肥,每次约 45 L $\cdot 667\text{m}^{-2}$ ;3) 海藻肥组(记作 SF):分别于 5 月 5 日、7 月 7 日和 7 月 23 日在植株根部基施,每次约 150 kg $\cdot 667\text{m}^{-2}$ 。每个处理设 3 个小区,每个小区面积为 223 m<sup>2</sup>,包括约 600 株秋葵植株。各处理组间隔 1.2 m,行区间隔 0.5 m,植株间隔 0.3 m。田间管理同常规。喷施琼胶寡糖时,其他 2 组喷洒等量清水。

### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 植株生长指标测定 分别从各处理组中随机挑选 30 株秋葵植株,测量株高、基部主茎周长、分枝数、枝条开展度及单株结果数等。秋葵的株高、基部主茎周长、枝条开展度<sup>[21]</sup>分别用直尺和卷尺进行测量。

1.3.2 产量及果实形态参数检测 分别从各处理组中随机挑选 30 个符合上市规格的秋葵嫩果,称量单果重量,测量果实纵径和横径。根据秋葵植株上果柄残留的疤痕统计单株坐果数量,根据平均单果重计算单株产量。以平均单株产量与每 667m<sup>2</sup> 的植株总数折算每 667m<sup>2</sup> 的总产量。

1.3.3 秋葵果实品质检测 分别从各处理组中随机挑选 36 颗秋葵果实进行品质测定,每小区 12 颗,每 4 颗混合研磨作为 1 个样本,重复 3 次。采用试剂盒法分别测定秋葵果实中可溶性糖含量(南京建成生物工程研究所,产品序号 A145)、果糖含量(南京建成生物工程研究所,产品序号 A085)、Vc 含量(南京建成生物工程研究所,产品序号 A009)和游离氨基酸含量(苏州科铭生物技术有限公司)。以芦丁为标准品,采用亚硝酸钠-硝酸铝-氢氧化钠紫外分光光度法<sup>[22]</sup>,于 493 nm 波长下测吸光度,利用标准曲线计算黄酮含量;采用质量法<sup>[23-24]</sup>测定果胶、粗纤维含量;采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[25]</sup>测定可溶性蛋白含量。烘干称重法<sup>[25]</sup>测定干物质含量。采用乙醇提取-紫外分光光度法<sup>[25]</sup>分别于 665、649、470 nm 波长下测吸光度,按照公式分别计算叶绿素 a(C<sub>a</sub>)、叶绿素 b(C<sub>b</sub>)和类胡萝卜素的(C<sub>X-C</sub>)含量:

$$C_a = 13.95 A_{665} - 6.88 A_{649} \quad (1)$$

$$C_b = 24.96 A_{649} - 7.32 A_{665} \quad (2)$$

$$C_{X-C} = (1000A_{470} - 2.05C_a - 114.8C_b/225) \quad (3)$$

### 1.4 数据分析

采用 SAS.JPM.v 7.0 软件处理系统进行 One-way ANOVA 统计分析;采用 Origin 9.0 软件作图,图、表数值均为平均值 $\pm$ 标准误 (Mean $\pm$ SE)。

## 2 结果与分析

### 2.1 秋葵植株的生长

由表 1 可知,0.2‰琼胶寡糖能够显著促进秋葵植株生长并显著提高单株结果数。0.2‰OA 组的株高和茎周长均显著高于 SF 组和 CK,分别为 SF 组的 1.08 倍和 1.05 倍,CK 的 1.05 倍和 1.06 倍。SF 组对

植株株高和茎周长增长贡献不大,与 CK 相比无显著差异( $P>0.05$ )。0.2‰OA 和 SF 对秋葵植株的分枝数、枝条开展度及单株结果数的促进效果均优于 CK。其中,0.2‰OA 和 SF 组的分枝数分别为 CK 的 1.25 倍和 1.16 倍,枝条开展度分别为 CK 的 1.10 倍和 1.01 倍,单株结果数则分别为 CK 的 1.27 倍和 1.17 倍。结果表明,喷施琼胶寡糖对秋葵营养生长和结果数量的促进作用优于根施海藻肥(SF)和 CK。

表 1 不同处理对秋葵生长指标的影响

Table 1 Effect of different treatments on the growth indexes of okra

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎周长 Stem circumference /cm	分枝数 Number of branches/个	枝条开展度 Branch expansion /(cm×cm)	单株结果数 Fruit numbers of single plant/个
CK	103.63±1.02b	9.55±0.16b	3.58±0.13b	32.18×24.93b	58.60±1.90c
0.2‰OA	109.24±1.46a	10.13±0.21a	4.47±0.15a	35.50×31.44a	74.40±2.20a
SF	101.60±1.45b	9.41±0.19b	4.17±0.14a	32.37×29.30ab	68.60±1.88b

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase in the same column indicate significant difference at 0.05 level among treatments. The same as following.

### 2.2 秋葵果实形态参数及产量

由表 2 可知,0.2‰OA 组的秋葵在单果重和单株产量 2 个指标上表现出明显优势。0.2‰OA 组秋葵果实的单果重分别为 SF 组和 CK 的 1.07 倍和 1.11 倍,单株产量分别为 1.15 倍和 1.42 倍,增产率达到

14.74%和 41.56%。0.2‰OA 和 SF 组产量均显著高于 CK。SF 组秋葵果实表观(果实纵径、果实横径)均大于 0.2‰OA 组和 CK,但与 0.2‰OA 组无显著差异( $P>0.05$ )。

表 2 不同处理对秋葵果实参数及产量的影响

Table 2 Effect of different treatments on fruit parameters and yield of okra

处理 Treatment	单果重 Single fruit weight /(g·个 <sup>-1</sup> )	单株产量 Yield per plant /(g·株 <sup>-1</sup> )	产量 Production /(kg·667m <sup>-2</sup> )	果实纵径 Longitudinal diameter of fruit/cm	果实横径 Transverse diameter of fruit/cm
CK	13.27±0.43b	770±30.13c	1404c	1.71±0.02b	10.56±0.43a
0.2‰OA	14.70±0.37a	1090±41.77a	1962a	1.80±0.02ab	11.36±0.23a
SF	13.80±0.44ab	950±38.39b	1764b	1.89±0.07a	11.57±0.30a

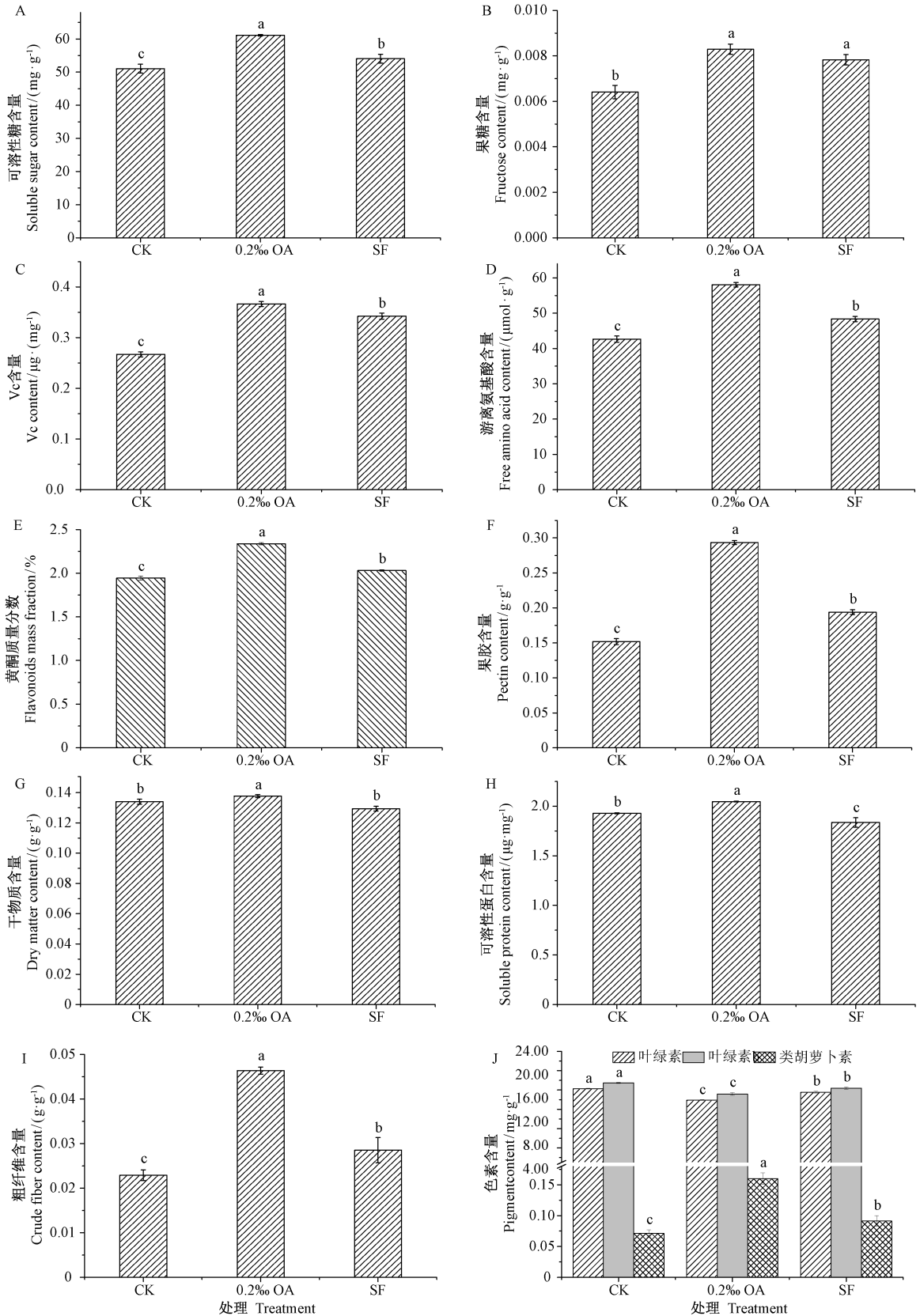
### 2.3 秋葵的果实品质

由图 1 可知,0.2‰OA 能够极显著提高秋葵果实中的可溶性糖、果糖、Vc、游离氨基酸、果胶、干物质、可溶性蛋白、粗纤维含量和黄酮质量分数( $P<0.01$ ),分别较 CK 极显著增加 19.75%、29.53%、18.14%、36.08%、93.28%、6.08%、102.18%,黄酮较 CK 显著提高 0.39 个百分点。除干物质和可溶性蛋白含量外,SF 组的可溶性糖、果糖、Vc、游离氨基酸、果胶、粗纤维含量分别较 CK 显著增加 6.00%、22.34%、5.07%、13.26%、27.67%、24.45%,黄酮质量分数较 CK 显著提高 0.31 个百分点。由 1-J 可知,CK 秋葵果实中的叶

绿素 a 和叶绿素 b 含量均极显著高于 SF 组和 0.2‰OA 组,均依次表现为 CK>SF>0.2‰OA,而 0.2‰OA 的类胡萝卜素含量则极显著高于 SF 组和 CK( $P<0.01$ )。结果表明,0.2‰OA 处理可明显提高秋葵果实中营养物质的含量。

## 3 讨论

植物的根、茎、叶等营养器官是植株生长的基础,其生长状况对后期的各指标具有重要影响。研究表明,寡糖具有调节并促进植物生长发育、提高产量和抗



注:不同小写字母表示处理间差异极显著( $P < 0.01$ )。

Note: Different lowercase indicate extremely significant difference at 0.01 level among treatments.

图1 不同处理对黄秋葵果实品质的影响

Fig.1 Effect of different treatments on the fruit quality of okra

逆性能等作用<sup>[26]</sup>。这与本研究结果相同。本研究中,与 CK 和 SF 组相比,喷施 0.2‰ 琼胶寡糖能显著促进单果重量、单株产量、结果数及分枝数等各生长参数。究其原因可能是:1)寡糖能够促进作物代谢及物质活性。Hu 等<sup>[27]</sup>用 0.075% 褐藻寡糖溶液处理玉米种子,发现寡糖能够通过提高淀粉酶活力,加速代谢活动,进而促进玉米发芽生长。2)寡糖能够促进作物蛋白质的合成与积累。Zhang 等<sup>[28]</sup>研究表明,海藻寡糖能结合外源  $\text{Ca}^{2+}$ ,提高植物叶片细胞内硝酸还原酶(nitrate reductase, NR)、谷氨酰胺合成酶(glutamine synthetase, GS)和谷氨酸脱氢酶(glutamate dehydrogenase, GDH)等相关代谢酶的活性,使更多  $\text{NH}_4^+$  进入氮代谢,促进蛋白质的合成和积累,从而影响植物生长。3)寡糖具有通过某些反应,平衡并替代某些激素的作用。Bilicics 等<sup>[29]</sup>研究发现寡聚半乳糖醛酸作用于豌豆茎段 18 h 后,能够通过改变细胞壁和细胞内外的糖苷酶的活力抑制由 2,4-D 诱导的豌豆茎段的生长。4)寡糖具有激发子功能,能够诱导植物产生一些具有特殊效应的物质来激发作物自身的防御能力,从而提高其抗逆性和免疫能力。Liu 等<sup>[30]</sup>研究表明,施用寡糖类物质能够有效提高小麦中抗氧化酶活性,降低 MDA 含量,并通过调控脱落酸(abscisic acid, ABA)依赖的信号途径来提高小麦的抗逆性等。

提高产量和特殊营养物质的含量、改善色泽、增强果实硬度是高品质果蔬生产的重要方向。García Sahagún 等<sup>[31]</sup>将寡糖作用于番茄,发现番茄果实中可溶性固形物、可滴定酸等含量和果实硬度明显提高,同时色泽也得到改善。Wang<sup>[32]</sup>研究发现壳寡糖施用于茶树能显著提高茶叶中茶多酚、咖啡碱、可溶性糖、游离氨基酸的含量和  $\beta$ -葡萄糖苷酶活性,同时还可以改变茶叶的香气组成和含量。王婷婷<sup>[33]</sup>研究发现寡糖可通过调节植物的生理活性达到促进生长、提高品质的效果。这与本研究结果相同。本研究中,喷施 0.2‰ 琼胶寡糖能够明显增加秋葵果实中黄酮、果糖、果胶、Vc、类胡萝卜素、可溶性蛋白等成分的含量,说明琼胶寡糖可以作为营养改良剂用于秋葵栽培,以达到改善果实营养物质含量,提高果实品质的目的。

本研究发现适量施用海藻肥基肥,能够促进秋葵生长及果实品质。基施海藻肥对秋葵营养品质的改善作用不如琼胶寡糖,这可能是由于琼胶寡糖作为经海藻多糖降解后得到的功能独特的小分子物质具有良好的水溶性,以叶面肥形式喷施的琼胶寡糖可在短时间内被植株的茎叶吸收利用,进而促进植株的生长和营养积累。基施海藻肥是以海洋藻类为基础材料,配以

一定配方的氮磷钾及微量元素的复合型肥料。当基肥施用于土壤后,肥力缓释,通过植株根系促进作物生长,同时,基肥中大量成分可能被土壤中的其他生物利用,或者通过改善土壤结构滞留在环境中,未被作物直接利用<sup>[34-35]</sup>,因此,本研究中施用海藻肥的效果较单一琼胶寡糖稍弱。尽管如此,与 CK 相比,除干物质和可溶性蛋白含量外,基施海藻肥的其他各指标仍表现出较大的优势。这与孙锦等<sup>[36]</sup>的研究结果相似。此外,研究表明,将海藻肥应用于肥城桃亦可明显促进肥城桃生长,提高单果重,改善桃果实的营养品质<sup>[37]</sup>。

对本研究所采用的不同处理方式进行成本核算,发现喷施琼胶寡糖每次约合  $1\sim 2$  元 $\cdot 667\text{m}^{-2}$ ,而施用海藻肥基肥成本约为 165 元 $\cdot 667\text{m}^{-2}$ (均不计运费)。如果以琼胶寡糖作为植物生长调节剂和营养改良剂达到量产,则成本还会下降。因此,从提高作物产量和果实品质的角度而言,将琼胶寡糖合理地应用于农业生产中具有更大的应用和推广价值。此外,本研究还发现寡糖对植株的抗性具有一定的诱导作用,能够抵御病虫害的侵袭,故今后工作中将进一步开展琼胶寡糖对植株的抗性影响的研究。

## 4 结论

琼胶寡糖和海藻肥对秋葵生长均具有一定的促进作用,其中以琼胶寡糖的效果最佳。琼胶寡糖能够促进秋葵的植株生长,显著提高秋葵产量及果实中黄酮、果糖、果胶、游离氨基酸、可溶性糖、Vc、粗纤维等营养成分的含量。综上所述,琼胶寡糖作为高品质果蔬的生长促进剂具有巨大潜力。

## 参考文献:

- [1] Sheu S C, Lai M H. Composition analysis and immuno-modulatory effect of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) extract [J]. Food Chemistry, 2012, 134(4): 1906-1911
- [2] Santos I F, Santos A M P, Barbosa U A, Barbosa U A, Lima J S, Santos D C. Multivariate analysis of the mineral content of raw and cooked okra (*Abelmoschus esculentus* L.) [J]. Micro-chemical Journal, 2013, 110(9): 439-443
- [3] Jarret R L, Wang M L, Levy I J. Seed oil and fatty acid content in okra (*Abelmoschus esculentus*) and related species [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2011, 59(8): 4019-4024
- [4] Liu I M, Thingfong T, Shorongshii L. *Abelmoschus moschatus* (Malvaceae), an aromatic plant, suitable for medical or food uses to improve insulin sensitivity [J]. Phytotherapy Research, 2010, 24(2): 233-239
- [5] 袁学平. 浅谈黄秋葵种植及综合开发技术 [J]. 中国农业信息,

- 2014(1): 44
- [6] 黄菊艳. 寡糖对植物不同发育形式的生理调节作用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014
- [7] 张运红. 高活性寡糖筛选及其促进植物生长的生理机制研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011
- [8] Renard-merlier D, Randoux B, Nowak E, Farcy F, Durand R. Ioduric acid, salicylic acid, heptanoyl salicylic acid and trehalose exhibit different efficacies and defence targets during a wheat/powdery mildew interaction[J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(8): 1156-1164
- [9] Yu J C. Research progress in application of seaweed oligosaccharides in agriculture[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2016, 47(6): 921-927
- [10] Kollárová K, Kamenická V, Vatehová Z, Lišková D. Impact of galactoglucomannan oligosaccharides and Cd stress on maize root growth parameters, morphology, and structure[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2018, 222:59-66
- [11] Zhao X, Liang T, Zhao R. Effects of Chitooligosaccharide on plant growth and antioxidant system in seedlings of wheat (*Triticum aestivum* L.) under PEG stress[J]. *Journal of Agricultural Science & Technology*, 2018, 20(4): 20-28
- [12] Yin H, Li Y, Zhang H Y, Wang W X, Lu H. Chitosan oligosaccharides-triggered innate immunity contributes to oilseed rape resistance against sclerotinia sclerotiorum[J]. *International Journal of Plant Sciences*, 2013, 174(4): 722-732
- [13] Kang L, Liu B, Yang X, Chai X R. Studies on chitooligosaccharide-induced resistance to rhizoctonia solani in flowering chinese cabbage [J]. *Acta Agriculturae Boreali-sinica*, 2014, 29(4): 145-150
- [14] Jing H, Wan L, Shen M. Effects of chitosan oligosaccharide on fresh keeping of cut rose[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2016, 44(10): 126-128
- [15] Ma C Y, Bu N, Ma L J. Effects of alginatederived oligosaccharide on seed germination and seedlings physiological characters of sorghum [J]. *Journal of Shenyang Normal University (Natural Science)*, 2010, 28(1): 79-82
- [16] Zhang S D, Zhang T Z, Han X D, Su J P. Alleviation effects of spraying alginate-derived oligosaccharide on physiological indexes of wheat seedlings under chloryrifosstress [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2015, 34(5): 1277-1281
- [17] Liu R Z, Jiang X L, Guan H, Li X, Du Y. Promotive effects of alginate-derived oligosacchrides on the inducing drought resistance of tomato[J]. *Oceanic and Coastal Sea Research*, 2009, 8(3): 303-311
- [18] 蓝炎阳, 高剑龙, 曾润颖, 王少峰. 海藻寡糖对瑯溪蜜柚保鲜品质的影响[J]. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 2013, 42(5): 480-484
- [19] Wang X J, Chen H M, Chen J J, Luo Q J, Xu J L, Yan X J. Response of *Pyropia haitanensis* to agaro-oligosaccharides evidenced mainly by the activation of the eicosanoid pathway[J]. *Journal of Applied Phycology*, 2013, 25(6):1895-1902
- [20] Chen H, Jian Q, Luo Q, Zhu Z, Yang R. Application of oligoogars as elicitors for field aquaculture of *Pyropia haitanensis*[J]. *Journal of Applied Phycology*, 2016, 28(3): 1783-1791
- [21] 孟秋峰, 曹亮亮, 任锡亮, 陈承, 魏其炎. 结球芥(包心芥)品种比较试验初报[J]. *中国瓜菜*, 2015, 28(5): 49-51
- [22] Ordóñez A A L, Gómez J D, Vattuone M A, Lslá M I. Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts [J]. *Food Chemistry*, 2006, 97(3): 452-458
- [23] 国家标准物质网. 果胶物质测定-重量法[DB/OL]. (2013-11-25) [2018-01-15]. [http://www.bzwz.com/HTML\\_News/News\\_12677.html](http://www.bzwz.com/HTML_News/News_12677.html)
- [24] 高尚. 施肥对黄秋葵生长、产量和品质的影响[D]. 海口: 海南大学, 2016
- [25] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004
- [26] 刘瑞志. 褐藻寡糖促进植物生长与抗逆效应机理研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009
- [27] Hu X K, Jiang X L, Hwang H M, Liu S L, Guan H S. Promotive effects of alginate-derived oligosaccharide on maize seed germination [J]. *Journal of Applied Phycology*, 2004, 16(1): 73-76
- [28] Zhang Y H, Zhang G, Liu L Y, Zhao K, Wu L. The role of calcium in regulating alginate-derived oligosaccharides in nitrogen metabolism of *Brassica campestris* L. var. utilis Tsen et Lee [J]. *Plant Growth Regulation*, 2011, 64(2): 193-202
- [29] Bilisic L, Vojtaak J, Capek P, Kollárová K, Lišková D. Changes in glycosidase activities during galactoglucomannan oligosaccharide inhibition of auxin induced growth [J]. *Phytochemistry*, 2004, 65(13): 1903-1909
- [30] Liu H, Zhang Y H, Yin H, Wang W X, Zhao X M. Alginate oligosaccharides enhanced *Triticum aestivum* L. tolerance to drought stress[J]. *Plant Physiology & Biochemistry*, 2013, 62: 33-40
- [31] García Sahagún M L, Martínez Juárez V, Avendaño López A N, Padilla Sahagún M, Izquierdo Oviedo H. Action of oligosaccharides on the yield and quality of tomato[J]. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 2009, 32(4): 295-301
- [32] Wang L M. Effect of chito-oligosaccharides application on tea quality [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(5): 1908-1909
- [33] 王婷婷. 海洋寡糖对植物促生长及生理特性的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012
- [34] Wang Y, Fu F, Li J, Wang G, Wu M. Effects of seaweed fertilizer on the growth of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings, soil enzyme activities and fungal communities under replant condition [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2016, 75: 1-7
- [35] 许俊香, 邹国元, 孙钦平, 刘本生, 李钰飞. 施用有机肥对蔬菜生长和土壤磷素累积的影响[J]. *核农学报*, 2016, 30(9): 1824-1832
- [36] 孙锦, 于庆文. 5种海藻肥在黄瓜上的施用效果比较试验[J]. *甘肃农业科技*, 2005(2): 45-47
- [37] Zhang R, Wang Y X, Zhao X H, Ling L I, Fu X L. Effects of different seaweed fertilizer levels on soil fertility and fruit quality of 'Feicheng' peach[J]. *Plant Physiology Journal*, 2016(12): 1819-1828

## Effect of Oligoagars on the Growth and Quality of Okar (*Abelmoschus moschatus*)

LI Qian<sup>1</sup> YANG Rui<sup>1,\*</sup> CHEN Haimin<sup>1</sup> WU Yuping<sup>2</sup> FAN Haijun<sup>3</sup>  
CHEN Juanjuan<sup>1</sup> LUO Qijun<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Marine Biotechnology of Zhejiang Province, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211; <sup>2</sup>Ningbo Agricultural Food Safety Management Station, Ningbo, Zhejiang 315012; <sup>3</sup>Ningbo Fenghua Fan's Farm, Ningbo, Zhejiang 315500)

**Abstract:** In order to explore the effects of oligoagars (OA) as a foliar fertilizer, okar (*Abelmoschus moschatus*) was tested in this study. Compound fertilizer as the basic fertilizer (control group), 0.2‰ OA and seaweed fertilizer (SF) were applied as the experimental groups, and the growth indexes, fruit parameters and nutritional qualities of okra were measured for each group. The results showed that 0.2‰ OA significantly promoted the plant growth and improved fruit yield and nutritional quality ( $P < 0.05$ ). Compared with the control groups, the yield of okra in the 0.2‰ OA group increased by 41.56%, the content of nutrients such as flavone, fructose, pectin, free amino acid, soluble sugar, and Vc increased by 0.39 percentage points, 29.33%, 93.28%, 36.09%, 19.75%, and 18.14%, respectively. Although the promotion effect of seaweed fertilizer was slightly lower than that of 0.2‰ OA, it was still significantly improved compared with the control group ( $P < 0.05$ ). Compared with the control group, the yield of okra in the SF groups increased by 14.74%, the content of nutrient such as flavone, pectin, free amino acid, soluble sugar, and Vc increased by 0.31 percentage points, 27.67%, 13.26%, 6.00% and 5.07%, respectively. In summary, oligoagars had great potential to improve the yield and quality of vegetables, which could be popularized in the high-quality agricultural production. The results provided a theoretical basis for the application of oligoagars in high-quality agricultural production.

**Keywords:** oligoagars, seaweed fertilizer, *Abelmoschus moschatus*, grow, quality