



常怀成,罗未蓉,张愉飞,等.外源 NO 对康乃馨鲜切花保鲜效果的影响[J].黑龙江农业科学,2019(7):89-93.

外源 NO 对康乃馨鲜切花保鲜效果的影响

常怀成,罗未蓉,张愉飞,徐 青,杨港港,孙涌栋
(河南科技学院 园艺园林学院,河南 新乡 453003)

摘要:为研究外源 NO 对康乃馨鲜切花保鲜效果的影响,以康乃馨为试验材料,硝普钠(SNP)为外源 NO 供体,研究了不同浓度(0,50,100,150,200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)SNP 处理对康乃馨鲜切花瓶插寿命和花径大小的影响,以此筛选出最佳 SNP 处理浓度,并测定了最佳 SNP 处理浓度下,鲜切花花瓣中的可溶性蛋白含量、过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化。结果表明:150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 SNP 处理康乃馨鲜切花瓶插寿命最长,比对照延长 1.53 d,延长率为 11.57%;与对照相比,第 8 天花径提升率最高,为 70.21%,第 16 天花径减退率最小,为 23.61%。此外,150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理明显提高了花瓣中的可溶性蛋白含量、POD 和 SOD 活性,有效延缓了康乃馨鲜切花衰老。

关键词:康乃馨;硝普钠;保鲜;抗氧化酶

康乃馨(*Dianthus caryophyllus* L.)属石竹科石竹属多年生草本花卉,花色绚丽,花姿高雅,气味芳香,为世界四大切花之一,在国内外广为栽培,具有较高的观赏和经济价值^[1]。但康乃馨鲜切花难以保存,瓶插寿命较短,易于失去观赏价值^[2]。因此,如何让康乃馨鲜切花尽可能地保持新鲜、延长观赏期是值得研究的问题。

目前,国内有关康乃馨鲜切花保鲜技术的研究主要是通过使用杀菌剂^[3]、植物生长调节剂^[3]、乙烯抑制剂^[4]、抗生素^[5]等化学保鲜剂延长其观赏寿命。但化学保鲜剂成分复杂,多含有 Ag^+ 、 Co^{2+} 等化学成分和重金属,易造成环境污染,且价格较高。因此,寻求一种配制简易,无毒环保、价格便宜的保鲜剂对于提高花卉业产值,增加花农收入,减少采后损失具有重要意义。

一氧化氮(nitric oxide,NO)是一种普遍存在的、具扩散性、生物活性的小分子,参与调节了生物体内众多的生理生化反应^[6]。NO 作为果蔬保鲜剂已被很多研究证实,在鲜切花保鲜上也有所研究和应用^[7-8]。Badiyan D 等^[9]应用外源 NO 处理 8 种切花后发现其平均寿命延长了 60%。杨

运英等^[10]研究发现,100 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理可明显降低非洲菊鲜切花弯茎率,延缓花枝鲜重变化率的降低及花色变淡,延长瓶插寿命,增加其观赏价值。邱芬等^[11]发现 NO 能增强月季鲜切花的 SOD 活性,延长采后寿命。但 NO 在康乃馨鲜切花保鲜方面的报道较少。余细红等^[12]初步研究了 SNP 对康乃馨鲜切花瓶插寿命的影响,发现 SNP 处理可延长鲜切花瓶插寿命,提高观赏价值。ZENG 等^[13]研究发现,外源 NO 处理能显著延长香石竹切花的瓶插寿命,提高其抗氧化酶活性。为深入探讨外源 NO 对瓶插康乃馨鲜切花保鲜的作用机制,本试验以康乃馨为试验材料,研究了不同浓度(0,50,100,150,200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)SNP 处理对康乃馨鲜切花瓶插寿命、花径大小的影响,筛选出最佳的 SNP 处理浓度,并测定了该浓度鲜切花花瓣可溶性蛋白含量以及 POD 和 SOD 活性,为深入研究外源 NO 对康乃馨鲜切花保鲜的作用机理提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

供试康乃馨鲜切花品种为“马斯特”(Master),大红色,购自河南省新乡市花卉市场。挑选发育状况相对一致、健壮、无病虫害和无机械损害的初绽花枝为试验材料,每枝花上保留 3~4 片叶,叶片无残缺,花瓣伸出萼片长约 1.0~1.5 cm 的花蕾。外源 NO 供体为硝普钠(SNP),购自天

收稿日期:2019-02-25

基金项目:河南省高校科技创新人才支持计划(17HAST-IT040);河南科技学院大学生创业训练计划(2018CY18)。

第一作者简介:常怀成(1996-),男,在读硕士,从事蔬菜生理生态研究。E-mail:15617199956@163.com。

通讯作者:孙涌栋(1980-),男,博士,副教授,从事园艺学教学和科研。E-mail:suny2001@163.com。

津市大茂化学试剂厂。

1.2 方法

1.2.1 SNP 瓶插液浓度筛选 分别配制 50, 100, 150, 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 4 种浓度的 SNP 溶液为瓶插液, 以蒸馏水为对照(CK)。45°斜切花茎, 茎保留 20 cm, 然后分别插入盛有配制好的 SNP 溶液的培养瓶中, 每瓶瓶插液 200 mL, 茎没入深度为 5 cm, 用铝箔纸封住瓶口。每瓶 4 枝, 3 个重复。瓶插期间温度为 16~28 $^{\circ}\text{C}$, 每 4 d 修剪一次茎、更换一次瓶插液。从瓶插当天开始, 每天记录鲜切花形态特征的变化, 当花枝弯折或鲜切花失水萎蔫, 瓶插寿命结束。每隔 4 d 用游标卡尺测定鲜切花的最大花径。

1.2.2 生理指标测定 配制最佳 SNP 浓度溶液作为瓶插液, 蒸馏水为对照, 3 次重复, 从瓶插当天开始, 每隔 4 d 重复取样, 取样部位为花瓣。采用考马斯亮蓝 G-250 法测定可溶性蛋白含量^[14], 采用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性^[15]、采用氮蓝四唑光还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性^[15]。

1.2.3 数据分析 采用 DPS 7.55 和 Excel 2010 软件进行数据统计分析和绘制图表。

2 结果与分析

2.1 外源 NO 对康乃馨瓶插寿命的影响

从表 1 可知, 对照和 50, 100, 150, 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理瓶插寿命分别为 13.22, 13.75, 14.08, 14.75, 13.58 d。与对照相比, 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理的瓶插寿命最长, 延长 1.53 d, 延长率为 11.57%, 明显高于对照。其他 SNP 处理的瓶插

寿命延长率分别为 4.01%、6.51% 和 2.72%, 皆大于对照。由此可知, 外源 SNP 处理提高了康乃馨鲜切花的瓶插寿命, 其中 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理效果最好。

2.2 外源 NO 对康乃馨鲜切花花径大小的影响

由图 1 可知, 瓶插前期(0~8 d)康乃馨持续开放, 各处理花径均呈上升趋势, 在第 8 达到最大值。第 8 天时, 对照花径为 7.38 cm, 与瓶插当天相比, 提升率为 58.03%; 而在第 8 天时 50, 100, 150, 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理花径提升率分别为 29.70%、70.05%、70.21% 和 50.30%, 其中 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理提升率最高。第 8 天后花径大小均呈下降趋势, 至第 16 天, 对照花径减退率为 30.49%, 50、100、150、200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理减退率分别为 39.13%、32.65%、23.61% 和 34.00%, 其中 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理的花径减退率最小。这说明瓶插前期适宜浓度的 SNP 处理能够提高康乃馨鲜切花花径大小, 后期延缓鲜切花萎蔫速率, 且 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 的处理效果较好。

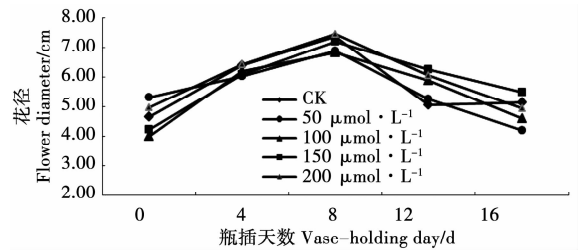


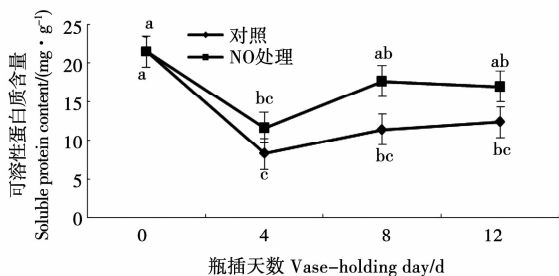
图 1 外源 NO 对康乃馨鲜切花花径大小的影响
Fig.1 Effects of exogenous nitric oxide on the flower diameter of cut carnation

2.3 外源 NO 对康乃馨鲜切花可溶性蛋白含量的影响

从图 2 可以看出, 瓶插后对照与 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理康乃馨鲜切花可溶性蛋白含量均低于瓶插前。第 0~4 天, 对照与 SNP 处理可溶性蛋白含量均呈下降趋势, 且 SNP 处理下降幅度小于对照。第 4~12 天, 对照与 SNP 处理可溶性蛋白含量均呈上升趋势。在整个瓶插过程中 SNP 处理的可溶性蛋白含量皆高于对照, 其中在第 8 天差异最大, SNP 处理是对照的 1.54 倍。这说明 SNP 处理可以延缓鲜切花可溶性蛋白的降解。

表 1 外源 NO 对康乃馨瓶插寿命的影响
Table 1 Effects of exogenous nitric oxide on the vase life of cut carnation

SNP 浓度 SNP concentration/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	平均瓶插寿命 Vase life/d	延长率 Prolonging rate/%
0	13.22	0
50	13.75	4.01
100	14.08	6.51
150	14.75	11.57
200	13.58	2.72



不同小写字母表示各处理间的差异显著性 ($P > 0.05$), 下同。

Different lowercase letters indicate the significant difference between treatments ($P > 0.05$), the same below.

图2 外源 NO 对康乃馨鲜切花可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 2 Effects of exogenous nitric oxide on the soluble protein content of cut carnation

2.4 外源 NO 对康乃馨鲜切花 POD 活性的影响

从图 3 可以看出,对照与 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理的 POD 活性变化基本保持一致,总体呈先上升后下降趋势。随着瓶插天数的增加,第 0~8 天,SNP 处理的 POD 活性上升;而对照 POD 活性呈先下降,后上升趋势。在第 8 天,对照与 SNP 处理 POD 活性均达到最大值,SNP 处理 POD 活性为 $82.55 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$,高出对照 13.4%。在整个瓶插过程中 SNP 处理的 POD 活性均大于对照,这说明 SNP 处理通过增加 POD 活性而有效清除活性氧自由基,从而延缓衰老。

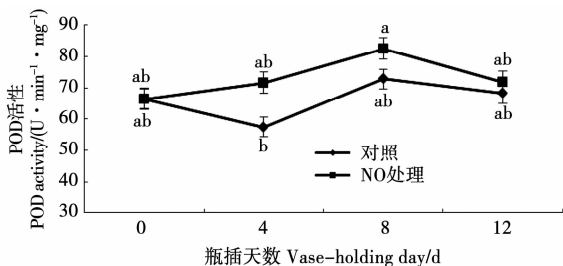


图3 外源 NO 对康乃馨鲜切花 POD 活性的影响

Fig. 3 Effects of exogenous nitric oxide on the POD activity of cut carnation

2.5 外源 NO 对康乃馨鲜切花 SOD 活性的影响

SOD 具有保护细胞膜结构、增强植株抗逆能力的作用,是植物抗氧化系统的重要角色之一。从图 4 可知,在整个瓶插过程中,随着天数的增加,SNP 处理和对照花瓣中的 SOD 活性均呈现先上升后下降趋势,在第 8 天均达到最大值,与其他时间点差异显著。且在整个瓶插期间,SNP 处

理均高于对照处理。这说明外源 SNP 处理提高了鲜切花的 SOD 活性,减少了超氧自由基离子的毒害作用,从而延缓康乃馨鲜切花的衰老。

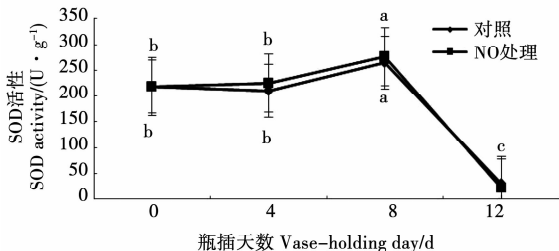


图4 外源 NO 对康乃馨鲜切花 SOD 活性的影响

Fig. 4 Effects of exogenous nitric oxide on the SOD activity of cut carnation

3 结论与讨论

鲜切花采切后,体内合成物质不断减少、分解逐渐加速,花瓣逐步失水萎蔫、色泽变暗,茎叶枯萎、衰老^[16]。瓶插寿命是衡量鲜切花保鲜效果的重要指标之一。本研究发现,外源 SNP 处理提高了康乃馨鲜切花的瓶插寿命,增加了瓶插寿命的延长率。其中 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理的瓶插寿命最长,延长率最高。余细红等^[11]研究了浓度为 5、50、100、1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SNP 处理对康乃馨鲜切花瓶插寿命的影响,发现 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理可明显延长瓶插寿命。Zeng 等^[13]研究了 0.05、0.10、0.15、0.20、0.50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SNP 处理对康乃馨瓶插寿命的影响,发现 0.05、0.10、0.15 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SNP 处理可明显延长鲜切花的瓶插寿命,其中 0.1 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SNP 处理瓶插寿命最长。这说明适宜的 NO 浓度处理能够有效提高康乃馨鲜切花瓶插寿命,延缓衰老。

花径大小为鲜切花外观品质的重要指标。余细红等^[12]研究发现,100 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理明显增加了康乃馨鲜切花最大花径,延长其采后寿命。杜兴翠等^[17-18]发现 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理能够增加非洲菊鲜切花最大花径,延缓瓶插后期花径减退率。本研究发现,150 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理花径提升率最高,与对照相比增加 12.18%;后期花径减退率最低,与对照相比减小了 6.88%。这说明适宜浓度的 SNP 处理能够提高康乃馨鲜切花花径大小,延缓鲜切花萎蔫速率,延长采后观赏期。

可溶性蛋白在植物各组织衰老过程中普遍存在降解现象,其含量为衡量植物衰老的重要生理指标。郭彩霞等^[19]研究发现 $100\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理有效缓解了德国鸢尾鲜切花花瓣中可溶性蛋白的降解速度,且其含量在整个瓶插期间皆高于对照。杜兴翠等^[17-18]也发现 $100\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理显著提高了非洲菊鲜切花的可溶性蛋白含量,延缓了花瓣衰老。在本研究中,整个瓶插期间 SNP 处理的可溶性蛋白含量明显高于对照,这说明 SNP 处理可延缓鲜切花可溶性蛋白的降解速度,延缓花瓣衰老。本研究结果与郭彩霞等^[19]和杜兴翠等^[17-18]的研究结果相一致。

NO 是一种通过减少逆境胁迫下植物体内 ROS 的积累来缓解氧化胁迫伤害的小分子信号物质^[20],直接参与了细胞的生理代谢,延缓了细胞的衰老。POD 是细胞抵御活性氧伤害的重要保护酶系统之一,在清除过氧化物及阻止或减少羟基自由基形成等方面起着重要作用^[21]。SOD 是抵御活性氧自由基介导的氧化损伤的第一道防线^[22],是保护酶体系中的关键酶^[23]。本试验整个瓶插过程中的 POD 和 SOD 活性总体呈先上升后下降趋势,且 SNP 处理高于对照。曾长立等^[24]在研究外源 NO 处理对百合鲜切花生理效应时发现, $0.1\ \text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 SNP 处理可显著延长其瓶插寿命,提高花瓣中的 POD 与 SOD 活性。杜兴翠等^[17-18]也发现 SNP 处理和对照的 POD 和 SOD 活性均呈先上升后下降趋势,且 SNP 处理明显高于对照,与本研究结果相一致。这表明适宜浓度的 SNP 处理释放的外源 NO 缓解了 ROS 的积累,明显提高了鲜切花体内的 POD 和 SOD 活性,产生抗氧化防卫反应,从而延缓了衰老,提高了瓶插寿命^[25]。

本试验用不同浓度的 NO 供体 SNP 溶液为康乃馨鲜切花瓶插液,通过对其瓶插寿命、花径大小、可溶性蛋白含量、POD、SOD 活性的测定发现, $150\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 SNP 处理能够有效延长鲜切花瓶插寿命,促进花径增大,延缓萎蔫速率,减缓鲜切花中的可溶性蛋白降解速度,提高 POD 和 SOD 活性,进而达到延缓鲜切花衰老,延长观赏寿命的效果。

参考文献:

- [1] 姜倩倩,张保仁,汪承建,等.外源硫化氢对康乃馨切花叶绿素荧光参数和抗氧化酶活性的影响[J].北方园艺,2016(23):124-128.
- [2] 马丽.磷酸钠对康乃馨切花保鲜效果的影响[J].湖北农业科学,2015,54(11):2698-2701,2706.
- [3] 赵滢,李新风.6-BA 对香石竹切花保鲜效果的研究[J].西北农业学报,2008,17(2):254-257.
- [4] 任永波,夏晶晖,余前媛,等.保鲜剂对切花康乃馨的生理效应研究[J].成都大学学报:自然科学版,2005,24(3):179-181.
- [5] 吴文佑,朱天辉.五种抗生素对康乃馨切花保鲜效应[J].四川农业大学学报,2006,24(3):355-359.
- [6] Lorenzo L, Garlos G M, Magdalena G, et al. Nitric oxide: The versatility of an extensive signal molecule[J]. Annual Review of Plant Biology, 2003, 54: 109-137.
- [7] 张少颖,饶景萍,任小林.一氧化氮对瓶插月季呼吸作用及相关酶活性的影响[J].园艺学报,2007(1):183-188.
- [8] 张少颖,饶景萍,高慧.一氧化氮对切花月季瓶插过程中乙烯合成代谢的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007(11):171-175,180.
- [9] Badiyan D, Wills R B H, Bowyer M C. Use of a nitric oxide donor compound to extend the vase life of cut flowers [J]. Hortscience, 2004, 39(6): 1371-1372.
- [10] 杨运英,谭卫萍,余娴陈,等.一氧化氮对非洲菊切花的保鲜效应[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2008(3):311-313.
- [11] 邱芬,赵根.NO 对月季采后超氧化歧化酶的影响[J].浙江农业科学,2013(10):1301-1304.
- [12] 余细红,曾海燕,杨柳青. SNP 对康乃馨切花保鲜的初步研究[J].园艺与种苗,2012(1):44-46.
- [13] Zeng C L, Liu L, Xu G Q. The physiological responses of carnation cut flowers to exogenous nitric oxide [J]. Scientia Horticulturae, 2010, 127: 424-430.
- [14] 李如亮.生物化学实验[M].武汉:武汉大学出版社,1998:57-58.
- [15] 张志良,翟伟著.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [16] 赵丽,孙百灵,韩立双,等. CaCl_2 对康乃馨鲜切花保鲜的影响[J].延边大学农学报,2014,36(4):352-355.
- [17] 杜兴翠.NO 对非洲菊切花衰老的影响及作用机理的研究[D].杭州:浙江农林大学,2012.
- [18] 杜兴翠,任雪,杨尧,等.外源 NO 对非洲菊切花保鲜效果及作用机制[J].浙江农业学报,2012,24(3):440-444.
- [19] 郭彩霞,董艳芳,周媛,等.外源 NO 对德国鸢尾切花生理指标的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(11):56-60.

[20] Singh H P,Batish D R,Kaur G,et al. Nitric oxide(as sodium nitropmsside)supplementation ameliorates Cd toxicity in hydroponically grown wheat roots[J]. Environmental and Experimental Botany,2008,63:158-167.

[21] 李明,王根轩. 干旱胁迫对甘草幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 生态学报,2002(4):503-507.

[22] Shan L,Chen P Y. The Physiological and Ecological Basis of Dryland Farming[M]. Beijing: Science Press, 1998: 1-18.

[23] Podd L A, Van S J. Physiological response and extension of vase life of cut carnation flowers treated with ethanol and acetaldehyde. Chlorophyll con tent and carbohydrate status[J]. Plant Growth Regulation,2002,38:99-105.

[24] 曾长立,陈禅友. 外源一氧化氮对百合鲜切花的生理效应[J]. 东北林业大学学报,2011,39(1):46-48.

[25] Bartoli C G,Simontacchi M,Guamet J J,et al. Antioxidant enzymes and lipid peroxidation during aging of *Chrysanthemum mori folium* RAM petals [J]. Plant Science,1995, 104:161-168.

Effect of Exogenous Nitric Oxide on Preservation of Fresh-cut Carnation

CHANG Huai-cheng,LUO Wei-rong,ZHANG Yu-fei,XU Qing,YANG Gang-gang,SUN Yong-dong

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang Henan 453003)

Abstract: In order to study the effect of exogenous NO on the preservation effect of carnation fresh cut flowers, effects of different concentrations of SNP (0,50,100,150,200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) on the vase life and the flower diameter of cut carnation were investigated to choose the optimal SNP concentration,using SNP as a donor of exogenous NO. Meanwhile,The changes of soluble protein content,POD and SOD activity in fresh cut flower petals were determined by the optimal SNP concentration. The results showed that the longest vase life was recorded with 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP treatment,which was 1. 53 days longer than the control and the elongation rate was 11. 57%. The highest flower diameter increasing rate (70. 21%) was at 8 d and the lowest decreasing rate(23. 61%) was at 16 d,compared to the control. In addition,soluble protein content,the activities of POD and SOD were significantly increased with 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP treatment compared to the control. The senescence of fresh cut carnations was effectively delayed with 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP treatment.

Keywords: carnation; SNP; preservation; antioxidase

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	理事单位	代表
黑龙江省农业科学院	院长 李文华	黑龙江生物科技职业学院	院长 李承林
副理事长单位	代表	农垦科研育种中心哈尔滨科研所	所长 姚希勤
黑龙江省农业科学院水稻研究所	所长 鄂文顺	黑龙江农业职业技术学院	院长 于 波
黑龙江省农业科学院克山分院	院长 邵立刚	鹤岗市农业科学研究所	所长 姜洪伟
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长 张立军	伊春市农业技术推广广中心	主任 张含生
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长 陈维元	甘南县向日葵研究所	所长 孙为民
黑龙江省农业科学院牡丹江分院	院长 张太忠	萝北县农业科学研究所	所长 张海军
常务理事单位	代表	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长 解保胜
勃利县广视种业有限责任公司	总经理 邓宗环	黑龙江八一农垦大学农学院	院长 郭永霞
内蒙古丰垦种业有限责任公司	董事长 徐万陶	绥化市北林区农业技术推广中心	主任 张树春
		黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理 张北成