

山东省科学技术进步奖公示

项目名称：苹果根系和根系环境调控技术研究与应用

提名单位：山东农业大学

项目简介：

苹果是我国第一大水果和代表性果树，根系和根系环境是果树栽培的基础。根系环境即根域土壤环境，由于长期“重视地上、轻视地下”、“重视肥料、轻视土壤”、“重视化肥、轻视有机肥”等，造成我国大部分果园土壤质量下降，有机质含量不足，根系环境恶化，根系功能下降等，严重制约我国果树生产提质增效以及果树产业的可持续发展。本项目针对这些问题，立足根土关系，围绕苹果根系和果园根系环境，历过近 20 年的系统研究，取得了一系列创新成果：

1. 明确了苹果根系构型分类及其调控技术，阐明了生长素通过蛋白磷酸化激活根系 Ca^{2+} -ATPase 而调控苹果根系钙吸收的机制，揭示了苹果根系精氨酸代谢和一氧化氮生成规律及其对苹果生根诱导的作用，明确了干旱通过线粒体和液泡加工酶调控根系细胞死亡进而诱导苹果网状吸收根形成的机制等，建立了比较系统的苹果根系生理及其调控的理论体系，出版了《苹果根系研究》专著，并在 SCI 农林大类 1 区和 2 区等国内外刊物上发表了系列论文。

2. 利用果园废弃枝条，研发了果树枝条土壤利用方法，制备了炭化苹果枝和发酵果木屑，阐明了炭化和发酵果木屑通过氮转化微生物调控根区土壤硝酸盐代谢的机制，建立了炭化和发酵果木屑土壤利用以及将肥料注入发酵果木屑等基质的施肥方法，提高了土壤有机碳含量和植株氮素吸收利用率，降低了化肥用量，减轻了环境污染。

3. 针对果树根区土壤通气不良（尤其是深层），摸清了苹果根区土壤氧气亏缺规律，发明了果园土壤通气施肥方法、果园深层土壤冻融松耕通气方法和果树多孔营养砖，改善了土壤通气性，促进了根系向土壤深层扩展，提高了苹果产量和品质。针对果园土壤水温条件不稳定（尤其是浅层）、塑料膜污染等问题，研发了果园地面稻草苫等非农膜覆盖技术；同时，针对土壤“水、肥、气、热”难以协调的问题，集成自主创新的果园土壤通气施肥、地面稻草苫等非农膜覆盖、土壤施用发酵和炭化果木屑或生物炭以及果园渗灌或滴灌技术等，建立了根系环境的“水、肥、气、

热一体化调控”技术体系，并推广应用，节约了水资源，减少了环境污染，提高了苹果产量和优质果率。

3、获得授权发明专利 11 件、实用新型专利 2 件；发表论文 94 篇（其中 SCI 论文 19 篇），出版专著 2 部，培养研究生 67 名（其中博士 12 人、硕士 55 人）。在山东、陕西、辽宁等产区累计推广 364.1 万亩、增产 16.2%，优质果率增加 13.6%，新增经济效益 67.8 亿元，经济、社会和生态效益显著。

客观评价：

2019 年 11 月 29 日，山东农学会邀请有关专家，对山东农业大学主持完成的“苹果根系和根系环境调控技术研究与应用”成果进行了会议评价，评价组听取了项目组的工作、技术和经济效益报告，审阅了有关资料，经质询和讨论，形成如下评价意见：

1. 针对苹果根系功能调控不清，开展基础理论研究，提出了苹果幼树根系构型的分类类型，明确了根系构型功能特征及对缺素和栽培空间的反应以及 IBA 调控苹果根系钙吸收的机制，发现了干旱调控根系细胞死亡，进而诱导苹果网状吸收根形成的机制；揭示了苹果根系精氨酸代谢和一氧化氮生成规律及其在诱导苹果生根中的作用。

2. 针对苹果土壤根域环境不良开展研究，明确了炭化苹果枝提高土壤硝酸盐的承载能力及降低苹果根区土壤氮氧化物的生成，通过调节土壤和根系硝酸还原而提高氮吸收率的机制；发现根区施用炭化和发酵果木屑调节苹果根系硝酸盐代谢相关基因表达。研发了果园土壤通气施肥、地面稻草苫等非农膜覆盖、发酵和炭化果木屑及生物炭应用等水肥气热一体化调控技术，并推广应用。

3、获得授权发明专利 11 件、实用新型专利 2 件；发表论文 94 篇（其中 SCI 论文 19 篇），出版专著 2 部，培养研究生 67 名（其中博士 12 人、硕士 55 人）。在山东、陕西、辽宁等产区累计推广 364.1 万亩、增产 16.2%，优质果率增加 13.6%，新增经济效益 67.8 亿元，经济、社会和生态效益显著。

该项成果总体居国际先进水平，其中苹果根系构型及功能评价研究达国际领先水平。

推广应用情况：

本项目采用产学研用相结合及研究、示范、推广同步推进的技术路线，通过技

术培训、现场示范、发放技术资料、建设试验示范园和生产示范园等方式以点带面，加快本技术推广，目前已在山东、陕西、辽宁等地应用 364.1 万余亩，累计增收 67.8 亿元，其中近 3 年（2017-2019）新增经济效益 469952.5 万元。

同时，通过本技术的推广应用，引导果农果树枝条等废弃物自制果木屑有机肥，并引导水稻产地利用废弃稻草制作“稻草苫”，促进了农业废弃物的资源化利用，减少了化肥用量，减轻了废弃物和化肥造成的面源污染，产生了明显社会效益和生态环境效益。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）
发明专利	果园土壤通气施肥方法	中国	ZL. 2015 1011623 8.5	2017-03-01	2402544	山东农业大学	杨洪强，杨致瑗，范伟国
发明专利	果树枝条土壤利用方法	中国	ZL20151 0117635 .4	2017-04-05	2436169	山东农业大学	杨洪强，曹辉，宁留芳
发明专利	一种防堵塞的果园渗灌方法	中国	ZL20091 0229886 .6	2011-05-18	781603	山东农业大学	杨洪强，接玉玲，冉昆，范伟国，姜倩倩
新型专利	一种果园渗灌灌水器	中国	ZL20092 0253254 .9	2010-07-07	1478078	山东农业大学	杨洪强，接玉玲，沈伟，张玮玮
发明专利	袋型苹果专用控释肥及其制备方法	中国	ZL20161 0821178 .1	2018-08-07	3024102	山东农业大学	杨洪强，郝文强，冯丰，黄萍，纪拓
发明专利	果园深层土壤冻融松耕通气方法	中国	ZL20111 0068286 .3	2013-1-30	11292125	山东农业大学	杨致瑗，杨洪强，接玉玲，郝文强
发明专利	果树多孔营养砖	中国	ZL20091 0229888 .5	2012-03-28	926552	山东农业大学	杨洪强，接玉玲，隋静，冉昆，邵小杰
发明专利	一种钙肥及其泡腾片剂制作方法	中国	ZL20081 0138043 .0	2011-04-20	780077	山东农业大学	杨洪强，接玉玲，范伟国，乔海涛，隋静，姜倩倩

发明专利	活化天然磷肥及其制备方法	中国	ZL200810016790.7	2010-09-08	673878	山东农业大学	杨洪强, 臧宝京, 裘立群, 隋静, 乔海涛
专著	苹果根系研究	中国	ISBN 978-7-03-018917-2	2007-05-01	科学出版社	山东农业大学	杨洪强, 束怀瑞

主要完成人员情况:

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	工作单位	对成果创造性贡献
1	杨洪强	男	1965.12	教授	研究生	山东农业大学	项目组织和实施, 所有专利的发明人, 主编《苹果根系研究》
2	范伟国	男	1968.08	副教授	研究生	山东农业大学	提出根系构型类型, 参与根系环境调控技术研究
3	张玮玮	女	1986.07	讲师	研究生	山东农业大学	参与果园渗灌方法研发和根系环境调控
4	邵小杰	女	1965.12	副教授	研究生	山东农业大学	参与果树营养砖研发和根系调控环境
5	曹辉	女	1990.09	讲师	研究生	枣庄学院	采用苹果枝条碳化应用和根系调控环境
6	隋静	男	1981.01	讲师	研究生	莱芜职业技术学院	参与根系环境调控肥料的研究
7	郝文强	男	1964.12	研究员	大学	栖霞市果业发展服务中心	参与根系环境调控技术田间试验和示范推广
8	束怀瑞	男	1929.11	教授	大学	山东农业大学	指导根系研究, 合作主编《苹果根系研究》

完成单位贡献:

山东农业大学是该项目的独立完成单位, 负责项目的整体设计与实施工作, 组织项目组全体人员开展科技创新和成果的推广应用。明确了苹果根系构型分类及其调控技术, 揭示了苹果根系精氨酸代谢和一氧化氮对苹果生根诱导的作用, 明确了干旱通过调控根系细胞死亡进而诱导苹果网状吸收根形成的机制等, 建立了比较系统的苹果根系生理及其调控的理论体系。研发了果树枝条土壤利用方法, 阐明了炭化和发酵果木屑通过氮转化微生物调控根区土壤硝酸盐代谢的机制, 建立了炭化和发酵果木屑土壤利用以及将肥料注入发酵果木屑等基质的施肥方法, 发明了果园土壤通气施肥方法、果园深层土壤冻融松耕通气方法和果树多孔营养砖, 研发了果园地面稻草苫等非农膜覆盖技术, 集成建立了根系环境的“水、肥、气、热一体化调控”技术体系, 并推广应用。获得授权发明专利 11 件、实用新型专利 2 件; 发表论

文 94 篇（其中 SCI 论文 19 篇），出版专著 2 部，培养研究生 67 名（其中博士 12 人、硕士 55 人）。在山东、陕西、辽宁等产区累计推广 364.1 万亩、新增经济效益 67.8 亿元，经济、社会和生态效益显著。

完成人合作关系说明：

成果完成人为杨洪强、范伟国、张玮玮、邵小杰、曹辉、隋静、郝文强、束怀瑞。杨洪强、范伟国、张玮玮是山东农业大学苹果根系和根系环境研究团队核心成员，长期合作承担科研课题、培养研究生、教学、技术推广、社会服务等工作；完成人范伟国、张玮玮、邵小杰、曹辉、隋静均为杨洪强教授的博士研究生，合作成果为在山东农业大学攻读博士研究生期间所发表的论文和申请的专利；郝文强主要参与示范和推广山东农业大学苹果根系团队研发的技术并与杨洪强合作完成 2 件专利；束怀瑞系杨洪强和范伟国硕士期间的导师，长期指导苹果根系团队的研究方向，并与杨洪强合作完成《苹果根系研究》专著。

详细情况如下：

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果
1	共同专利	杨洪强/范伟国	2003-2019	果园土壤通气施肥方法；一种防堵塞的果园渗灌方法；一种钙肥及其泡腾片剂制作方法
2	共同专利	杨洪强/张玮玮	2009-2019	一种果园渗灌灌水器
3	共同专利	杨洪强/邵小杰	2007-2019	果树多孔营养砖
4	共同专利	杨洪强/曹辉	2013-2019	果树枝条土壤利用方法
5	共同专利	杨洪强/隋静	2008-2012	活化天然磷肥及其制备方法；果树多孔营养砖
6	共同专利	杨洪强/郝文强	2013-2018	果园深层土壤冻融松耕通气方法；袋型苹果专用控释肥及其制备方法；
7	合作专著	杨洪强/束怀瑞	1989-2019	《苹果根系研究》