

# 提高农作物养分利用效率的基础和应用研究

徐国华\*

南京农业大学资源与环境科学学院, 作物遗传与种质创新国家重点实验室, 南京210095

## 1 简介

根据《国务院关于深化中央财政科技计划(专项、基金等)管理改革方案》, 2015年国家开始组织实施重点研发计划, “十三五”(2016~2020)期间首批试点专项中涉及农业领域的两个专项分别为: “七大农作物育种”和“化学肥料和农药减施增效综合技术研发”。其中“七大农作物育种”专项中又专设了“主要农作物养分高效利用性状形成的遗传与分子基础”项目。国家将控制化肥施用、提高肥料和作物养分利用效率的研究作为当前优先考虑的其中一个重点研发任务, 本文评述了开展该项研究的背景(必要性)、主要研究内容和项目目标, 旨在促进学术交流, 吸引更多的人员关注和从事该领域的研究。

## 2 研究背景

在近30多年中, 我们国家在农业生产取得巨大发展的同时, 化学肥料需求大, 过量施用严重。我们用大约占世界9%的耕地, 生产了占世界21%的粮食, 但生产和施用了占全球35%的化肥, 由此引起资源浪费、环境污染和农产品质量安全等重大问题。

导致肥料大量施用的主要原因: 一是以作物矮秆基因和杂种优势利用为代表的农业绿色革命提高了小麦和水稻等现代农作物品种在高肥水资源投入条件下的产量, 因此对养分(肥料)需求大幅提高, 但是养分的生理利用效率下降; 二是对不同区域不同种植体系肥料损失规律和高效利用机理、减施增效技术、化肥替代产品和施肥装备研发滞后, 缺少合适的技术集成的创新应用模式, 肥料的农学利用效率不高。

作物育种服务于保障国家粮食安全、农产品品质安全和生态安全, 因此高产与资源节约和环境友好相结合是发展现代农作物育种技术的重要目标。矿质营养是作物生长最基本的物质基础, 因此, 在保障高产稳产前提下, 提高作物的养分利用效率和阻控重金属积累是国家的重大需求。

在“七大农作物育种”专项总体目标部署的优异种质资源鉴定与利用、主要农作物基因组学研究、育种技术与材料创新、重大品种选育、良种繁育与种子加工五大任务中需要充分考虑主要农作物的种质资源、育种材料、重大品种的养分利用效率, 解析其分子遗传基础, 为养分资源高效与高产协同的分子育种提供理论与技术支撑。

此外, 为提高化肥的利用效率, 限制其用量, “化学肥料和农药减施增效综合技术研发”项目必需考虑制定化肥施用限量标准, 发展肥料有机替代技术, 创制新型肥料, 研发大型智能精准机具, 加强技术集成创新与应用。

## 3 研究内容

目前执行的“主要农作物养分高效利用性状形成的遗传与分子基础”和“化学肥料减施增效综合技术研发”大致分别可以归属为基础和应用研究, 其研究内容和着重研究的具体方向建议如下。

### 3.1 主要农作物养分高效利用性状形成的遗传与分子基础

以水稻、小麦、玉米、大豆、油菜等主要农作物为研究对象, 从以下三大方面开展研究。

(1)养分高效关键基因的克隆: 例如克隆氮磷钾吸收转运利用、大豆根瘤发育及氮磷调控固氮效率、养分调控根、株型、籽粒发育、水稻重金属吸收分配的关键QTL/基因。

(2)功能解析与调控网络构建: 在解析以上基因功能及养分信号的基础上, 分别构建作物高效利用氮素、大豆高效共生固氮、作物高效利用磷素的分子调控网络。

(3)优异等位基因的挖掘与利用: 开展养分高效优异种质资源评价及全基因组关联分析、关键基因优良等位变异的挖掘与验证、养分高效新材料的创制与育种应用。

收稿 2016-08-18 修定 2016-08-20

资助 国家重点研发计划(2016YFD0100700)。

\* E-mail: ghxu@njau.edu.cn

该项目目前设置了以下7个课题和相应的研究内容。

课题I: 作物氮高效利用关键基因克隆及其调控网络。

主要研究: 根系对氮信号的响应和吸收氮素的分子机制; 氮素分配利用的关键基因克隆及其调控途径; 光信号调控氮素利用及碳氮平衡的分子机制。

课题II: 大豆高效生物固氮关键基因克隆及其调控机制。

主要研究: 大豆-根瘤菌相互识别的分子机制; 大豆根瘤发育及高效固氮的关键基因克隆及其调控机制; 氮磷养分调控大豆生物固氮效率的关键基因克隆及功能解析。

课题III: 作物磷钾高效利用关键基因克隆及其调控网络。

主要研究: 磷信号转导关键基因克隆及其调控网络; 磷高效活化、吸收和利用关键基因克隆及功能解析; 钾高效吸收利用关键基因克隆及功能解析。

课题IV: 作物重金属吸收转运及其与养分互作的分子机制。

主要研究: 控制水稻重金属含量的QTL/基因的克隆及功能解析; 重金属影响水稻氮素利用效

率的分子机制; 重金属与必需微量元素吸收运输的互作机制。

课题V: 作物器官发育与养分高效利用的互作机制。

主要研究: 根系发育与氮磷养分高效的互作机制; 水稻株型与氮磷养分高效的互作机制; 籽粒发育与氮磷养分高效的互作机制。

课题VI: 小麦、水稻养分高效利用性状优异等位基因的发掘及育种利用。

主要研究: 小麦、水稻养分高效优异种质资源评价及全基因组关联分析; 小麦、水稻养分高效关键基因优良等位变异的挖掘与验证; 小麦、水稻养分高效新材料的创制与育种应用。

课题VII: 玉米、油菜养分高效利用性状优异等位基因的发掘及育种利用。

主要研究: 玉米、油菜养分高效优异种质资源评价及全基因组关联分析; 玉米、油菜养分高效关键基因优良等位变异的挖掘与验证; 玉米、油菜养分高效新材料的创制与育种应用。

设置的各个课题之间的逻辑关系图解如下(见图1)。

### 3.2 化学肥料减施增效综合技术研发

#### 3.2.1 化肥减控基础与限量标准

这一领域又可从以下几方面入手: (1)肥料养

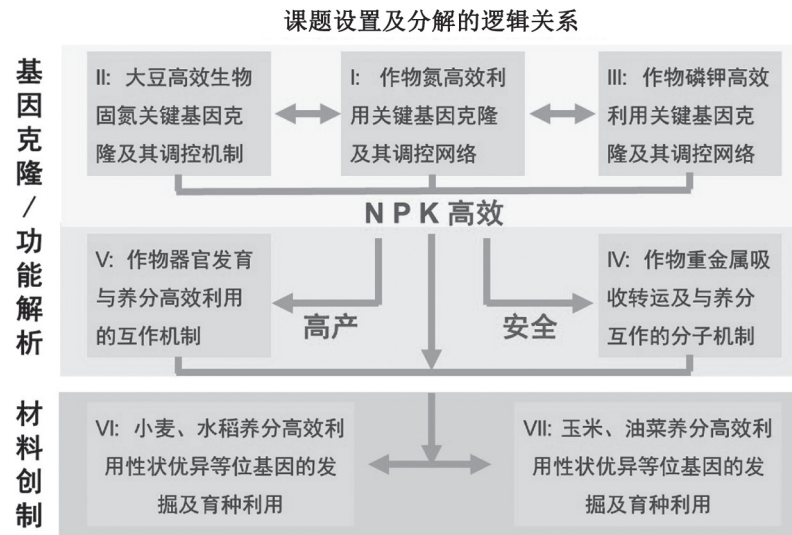


图1 “主要农作物养分高效利用性状形成的遗传与分子基础”专项子课题的逻辑关系

Fig.1 The logical relationship of branch projects in special subject “the genetic and molecular basis for the formation of the main crop nutrient use efficient traits”

分推荐方法与限量标准; (2)耕地地力影响化肥养分利用的机制与调控; (3)肥料氮素迁移转化过程与损失阻控机制; (4)肥料磷素转化与高效利用机理等。

### 3.2.2 化肥减控重大技术、产品及装备研发

该领域重点研究方向包括: (1)新型复混肥料及水溶肥料研制; (2)新型缓/控释肥料与稳定肥料研制; (3)生物碳基肥料及微生物肥料研制; (4)智能化精准施肥及肥料深施技术及其装备; (5)养分原位监测与水肥一体化施肥技术及其装备等。

### 3.2.3 化肥减控技术集成创新与应用

集成研究与示范的区域及其主要农作物类型分为: (1)长江中下游水稻、北方水稻、华南及西南水稻; (2)北方小麦、黄淮海冬小麦、长江流域冬小麦; (3)北方玉米、黄淮海夏玉米、南方山地玉米; (4)棉花、油菜、大豆及花生、马铃薯; (5)茶园、特色经济作物; (6)设施蔬菜、露地蔬菜; (7)梨树和桃树、苹果、柑橘、葡萄及瓜类、热带果树等。

项目针对上述区域农作物进行化肥减施增效

的环境效应评价, 并进行化肥减施增效技术应用及评估研究等。

## 4 研究目标

针对该领域的基础和应用项目的特征, 这两个专项设置了各自的研究目标。

针对“主要农作物养分高效利用性状形成的遗传与分子基础”专项, 需要达成的目标为(1)解析养分高效利用的分子机制及遗传调控网络; (2)阐明养分调控器官发育及协同实现高效高产的机理; (3)揭示氮磷偶联分子机制并实现大豆高效固氮; (4)揭示养分高效与重金属积累的解偶联机制; (5)挖掘优良等位变异基因并创制养分高效新材料。

“化学肥料减施增效综合技术研发”专项主要通过化学肥料高效利用机理与限量标准、肥料技术创新与装备研发、化肥减施增效技术集成与示范应用研究, 构建化肥减施增效与高效利用的理论、方法和技术体系, 到2020年, 项目区氮肥利用率由33%提高到43%, 磷肥利用率由24%提高到34%, 化肥氮磷减施20%; 农作物平均增产3%, 实现作物生产提质、节本、增效。

## The basic and applied researches for improving crop nutrient use efficiency in China during 2016–2020

XU Guo-Hua\*

State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Received 2016-08-18 Accepted 2016-08-20

This work was supported by the National Key Research and Development Program of China (Grant No. 2016YFD0100700).

\*E-mail: ghxu@njau.edu.cn