

破解世界农业难题的作物育种学奠基理论



褚清河博士

□ 雷煜晨 王 硕

农业是世界上最古老的产业,世界农业伴随生产工具的发明应用,经历原始农业、古代农业、近代农业和现代农业,已有近万年的发展历程。生产工具的不断进步极大地提升了农业劳动生产率,特别是大型农业机械的发明应用,使农业逐步摆脱了农业劳动力的限制,通过规模化生产满足人类对粮食的需求。但是,近代农业机械化下的高投入低产出并未给世界带来繁荣,相反却使世界农业曾陷入了严重的危机。世界农业只有在 1843 年德国化学家李比希提出矿质营养理论和 1865 年奥地利遗传学家孟德尔提出遗传学理论后,引发的俗称 20 世纪的“绿色革命”才使世界农业取得实质性突破。然而,世界农业发展到今天,虽然作物新品种的产量潜力越来越高,但作物品种周期性更新下施肥量的增加不再具有增产作用,我国目前也出现了相同的情况。显然,这是一个非单纯施肥和育种技术能解决的科学问题。

我国是一个具有几千年悠久历史的农业大国,古代农业技术远发达于西方工业化国家,农学著作之多为世界之冠。但传统的农业著作记载的多是农业生产积累的经验和农业生产过程中相关内容的技术规范,我国古代甚至今天的农业技术其经验仍是主要成分。然而,中华民族是一个智慧的民族,在广大群众中蕴藏着巨大的创造力,我国一位名不见经传的学者褚清河博士通过 40 年潜心研究,破解了土壤施肥与作物育种间联系的密码,首次提出作物育种学奠基理论,从而破解了增施肥料不再增产的世界难题,“预示着我国已开启第二次农业科技革命的序幕,开始冲出没有产生近代农业科学的时代”,可谓“长风破浪会有时,直挂云帆济沧海”。

科学质疑与假说的提出

褚清河是我国恢复高考制度后培养出的一位土生土长的学者。他参加工作以来主持了 5 项省科技攻关项目,取得 5 项具有国际领先和国际先进的科技鉴定成果,获 4 项山西省科技进步奖,从没有组织过一个有固定人员参加的课题组。就是这样一个人像人们戏称的“民科”研究者,靠单打独斗加临时拼凑的“草台班子”40 年潜心研究作物新品种为什么具有增产潜力?作物品种的高产潜力为什么与品种选育时的土壤施肥量有关?作物品种更新的实质是否就是品种施肥量的不断增大?为什么此前世界作物产量随作物品种的不断更新和施肥量增加而增加?他研究的这些科学问题,从理论上解决了作物品种产量潜力很高、但世界许多国家地区增施化肥已不再具有增产作用这一世界难题,取得了可载入世界科学史册的作物育种学奠基理论,谱写了我国现代农业科学令人难以置信的光辉一页。

然而,当我们置身科学之中,知道

科学理论就是将原有事物间认识的矛盾现象,通过科学实验基础上的逻辑思维统一到一起时对事物运动规律作出的高度概括和阐述时,自然就会认为科学创新与传统观念和逻辑思维有关,科学研究的突破首先在于发现对事物原有理论或技术应用中的矛盾现象和不能自圆其说。此时我们就会认为,一位普通的地方学者提出作物育种学奠基理论也是自然而然的事。科学创新需要的是科学精神和对书本知识的正确认识,然而,今天多数人还认为专业教科书中的知识或理论都是科学知识或科学理论。褚清河则认为书本知识只不过是普遍或最一般的知识,即使是专业理论或定理也具有阶段性和不完善性。正是因为一些专业理论或定理存在不完善性甚至是错误,科学创新和突破才具有了可能性。他正是由于上大学时认识到土壤经典施肥最小因子理论是一个不完善的理论,发现不同学科内容相互矛盾与作物育种研究中不考虑施肥影响的问题,才在参加工作后提出了有关作物育种理论的科学假说,成为他在科学理论技术研究上取得成功的关键一步。

1977 年,褚清河考取山西农业大学土壤化学系。《土壤施肥原理与实践》是本科专业的主要专业课,土壤农化专业所有学科内容并不涉及《作物遗传学》和《作物育种学》的课程内容。褚清河假得相关学科理论相脱节甚至相矛盾的情况与老师在哲学课中讲解的任何事物内部的各个部分、要素是相互联系的,任何事物都与周围的其他事物相互联系着的内容相矛盾。如果作物品种不存在决定土壤施肥量大小的内在性状,土壤施肥与作物单位面积产量就不可能存在确定的函数关系。据此,他认为经典土壤施肥理论和作物育种理论还算不上科学的理论,他通过深入分析思考提出了科学的假说,即土壤施肥应是作物品种内在营养遗传特性的外在施肥表现形式,作物品种存在一个由基因决定的最大施肥量,而土壤也同时存在一个由土壤肥力水平和养分对比关系决定的土壤最大施肥量,不同肥力土壤的现实产量是土壤与作物二者最大施肥量协调的结果,氮磷单施和配施特性则是作物品种相应基因表达的必要条件。作物品种产量潜力水平的提高实际就是自身最大施肥量的增大,当作物品种的最大施肥量小于或大于土壤的最大施肥量时,增施肥料就不再具有增产效果。

独行独思的艰难起步

褚清河大学毕业被分配到与他所学专业不对口的山西省农业科学院农业资源与经济研究所工作,但他把心思专注于把假说变成科学理论要解决的关键技术和科学试验设计方法之上。在一无经费,二无申请课题资格的前提下,他起步的艰难可想而知。好在他来自农村,他在农村的姐夫有文化,又是一位种地能手,喜欢科学种田,为他的猜测性说明做了实验,提供

了试验依据。通过实验,他确信耐肥性和养分利用效率是作物品种的高产性状。按照孟德尔每个性状都由一对因子所决定的定律,他认为作物品种内应该存在控制最大施肥量和调节氮磷配施与单施的基因,而作物的高产性状就是由决定最大施肥量和氮磷施肥比例的基因决定的。正因如此,土壤施肥才和作物产量表现出一一对应的函数关系。他认为用于杂交的父母本同时含有多种基因,而土壤最大施肥量和氮磷最佳施肥比例应是父母本杂交时基因得以表达的重要条件。在做了初步试验后,褚清河对他的假说有了十足的把握。为了进一步证实假说,从 1982 年开始,他的前期准备工作花了 12 年的时间。

但是,要证实假说,首先必须发明能依土壤主要肥力指标直接计算土壤种植不同作物的最大施肥量和最佳施肥比例的数学方法,因此,在做研究施肥量计算方法试验前,他还必须先进行作物有效施肥期和最佳施肥期的试验。

作物追肥是早在明清时期就被应用的栽培技术,追肥被称之为接力肥。今天已被专家学者称为已有定论的高产追肥技术,实际是在缺乏科学试验方法下得出的结论。事实上,作物具有主动吸肥能力,土壤供肥能力随着雨热季节到来逐渐增强,而苗期以后作物的吸肥能力也逐渐增强,苗期以后土壤肥力完全能够协调作物生长加快的需肥要求,作物施肥的重要性实际是随生育进程在逐步减弱,作物施肥主要是协调土壤苗期供肥不足与作物苗期吸肥能力弱的矛盾,而非作物各生育时期都需要追肥,追肥增产是经验确定的总施氮量过量情况下得出的错误结论。为了进一步用科学的试验方法证明初试结论,褚清河经过多年的准备,终于等来了付诸实施的机会。

1984 年,褚清河有幸参加了山西省科技厅下达的三川河小流域综合治理项目,主持了黄绵土供肥规律及谷子高产施肥技术的研究课题,他采用总施氮量适量、小于适量和大于适量下的一次性施肥与追肥处理的独特试验设计方法,就作物有效施肥期和最佳施肥期进行了试验。试验从播种开始每隔 17 天取土测定土壤和谷子植株的氮磷钾含量,所有肥料均在谷子播前一次施用,以后不再追肥。试验发现,谷子植株氮含量以苗期最高,苗期以后谷子植株体内氮含量呈逐渐递减规律,而且苗期植株体内氮含量高者,以后各生育时期也高,苗期植株氮含量高者产量必然也高,而谷子苗期吸收氮素水平的高低受播种前土壤施氮量和氮磷施用比例的影响。为了证明谷子吸肥规律是作物吸肥的普遍规律,在导师潘根兴教授的指导下,他又对试验方法进行了改进完善,在水稻上做了试验,试验结果与谷子试验结果完全一致。试验同时表明,土壤肥力水平和养分对比关系决定着作物苗期土壤的最大施肥量和最佳施肥比例,如果基肥施氮量达到土壤最大施肥量,追肥不仅不会增产,相反还会降低作物的产量水平,它是作物吸肥的普遍规律,导师潘根兴亲自主刀撰写的论文发表于《土壤通报》。据此,在导师的指导下,褚清河提出了作物播种前一次施肥新理论:“施肥是一种调节手段,其作用是提高作物苗期的土壤养分供应强度和调整氮磷钾养分供应比例,以协调解决作物苗期土壤供肥能力不足和作物吸肥能力弱的矛盾,并非是满足作物各生育期对养分量的需求。作物吸肥是由前一阶段吸肥水平决定后一阶段吸肥水平的系统连续过程,作物播种前一次性施肥才能顺应作物的主动吸肥规律,否则就会造成养分的被动吸收,致使产量降低。”由于前期准备工作扎实,作物施肥期研究受到省科技厅领导和有

关专家的重视,1995 年,他得到省科技厅支持进行《土壤作物量比线性极点一次性调控施肥技术研究》,开始向科学研究的深度和广度进军,之后得到潘根兴导师、华南农业大学博士生导师廖宗文教授的长期指导、指点,并资助做了探索性实验。

《土壤作物量比线性极点一次性调控施肥技术研究》的目的,是寻求一种依据一些相关指标直接计算不同生态区、不同肥力土壤包括水地和旱地种植不同作物的土壤最大施肥量和最佳施肥比例的数学方法。而要达到这一目的,在不同生态区不同肥力土壤上布置土壤种植不同作物的多点田间试验是必不可少的。在此之前,褚清河已通过前期试验摸索出一些确定土壤最大施肥量和最佳施肥比例的经验方法,因此,在一个试验方案中,他做到了设计在最佳氮磷比例下的不同施肥量处理、土壤最大施肥量下的不同施肥比例处理以及相同磷肥用量下的不同施氮量处理、相同氮肥施用量下的不同施磷量处理的科学试验方案。该方案设置:一是可避免总施氮量和最佳氮磷施肥比例设计不准确相互影响试验结果的问题;二是相同试验条件下取得的土壤最大施肥量和最佳施肥比例能组合应用;三是相同试验条件下得出的土壤种植作物存在的最佳施肥比例规律、最佳施肥比例条件下作物产量随施肥量增加的变化规律及函数关系与相同土壤条件常规方法下作物产量随单施氮或单施磷增加的变化规律的结论更具可比性和科学性。由于试验设计科学,试验取得极大成功。经过 5 年刻苦攻关,他首次发现土壤种植作物存在土壤养分类型和相应最佳氮磷施肥比例的规律,证明了报酬递减律是在试验计算失误下得出的错误理论,发明了依土壤四项主要肥力指标和作物计算土壤最大施肥量的数学方法,计算结果与实地试验结果完全一致。1999 年,该项目通过山西省科技厅组织的专家验收鉴定,此后山西省科技厅又两次立项支持新型化肥产品配套研究和施肥理论研究。研究完善了原有计算方法,计算作物由玉米、小麦扩展到水稻、谷子、土豆、果树、蔬菜,同时提出了土壤施肥配比理论,发明了数字化施肥技术(10 种肥料型号和肥料型号用量计算系统),可做到农民看图种庄稼,为研究作物育种理论奠定了科学理论基础,提供了技术支撑。

作物育种学的奠基理论

早在 18 世纪中叶,德国植物学家科尔罗伊特就创立了科学的杂交方法,以后作物育种通过人工选择,选育出大量优良品种,极大地推动了世界农业的发展。但褚清河认为,作物育种学在世界范围还是一个基于遗传理论猜想加经验知识积累的学科。他查阅了赵志立主编的《遗传育种学》,书中表述:“提高产量的重要途径之一就是株型育种,株型育种就是用适当的育种手段将分布在不同品种中的目标性状重组在一个植株中形成期望的复合性状,整体地提高作物生产力使其产值渐进于期望值”,似乎株型育种就是已有共识的育种理论,但它不是实证理论,同时缺乏理论的基本要素;而现有遗传理论也没有阐明何谓高产性状,也无基因重组表达原理的论述。褚清河则在提出作物一次性施肥理论和解决作物育种理论研究所需解决的关键技术后,又对作物育种原理进行了前期探索试验研究。

自然界生物外部特征的变化通常是由其内在特性决定的,但多数研究者习惯于从生物外在现象推断其内在特性,认为作物的植株性状好自然产量就高,杂交品种之所以产量高就是因为遗传并集合了父母本的优

良植株性状。褚清河则与国内外专家有着截然不同的认识思路。他认为,植株性状是果而非因。一定产量潜力水平的作物品种必然有相应的植株性状,植株性状是从属于产量潜力水平的因素,它并不能决定作物的产量潜力水平,因为相同植株性状的品种可以获得不同的产量水平,不同植株性状的品种也可获得相同的产量水平,而施肥量和施肥比例却通常是主导植株性状发育好坏的要素,并显著左右作物品种的产量水平。施肥之所以决定作物品种的产量水平,是因为施肥量和施肥比例有其与之相适应的内在性状。为了证实这一假说,2005 年~2011 年,褚清河在山西省农科院玉米所农场进行了平衡与不平衡施肥下的玉米制种和相应施肥环境下的品比试验研究。他说平衡施肥是指土壤种植作物在最佳氮磷比例下的施肥,不平衡施肥则是指偏离最佳氮磷施肥比例的施肥。他采用不平衡施肥选育的 5 个玉米亲本分平衡施肥和不平衡施肥进行了玉米杂交制种,而后品种分别在平衡与不平衡施肥条件下进行了品比试验。结果表明,在所选用的株高、穗位高、穗长、穗粗和行粒数 5 个植株性状中,不平衡施肥条件种植的平衡施肥下选育的玉米品种,除穗长的方差分析未达到显著差异外,其他植株性状品种间均达到显著和极显著差异水平,但 5 个品种产量的方差分析无显著差异;相反,不平衡施肥条件种植的不平衡施肥下选育的玉米品种,虽然穗长、穗粗和行粒数的方差分析品种间无明显差异,但 5 个品种间产量具有显著差异,从而证明施肥的内在性状决定作物植株性状及产量水平的推断是正确的。据此,他确信作物品种也存在一个由营养遗传特决定的最大施肥量和氮磷单施和配施特性。于是他 2015 年省科技厅立项后在山西省不同生态区的垣曲县、太谷县和汾阳市不同年份进行了 7 玉米品种和 13 玉米品种氮磷单施与配施三次重复的田间试验及 7 玉米品种氮磷最佳施肥比例下三个施肥量水平的最大施肥量试验。试验结果表明,不同玉米品种具有各自的最大施肥量,且差异较大,并且明显表现出氮磷单施和配施特性。如登海 605 是具有氮磷配合施用营养遗传特性的品种,玉米氮磷配施产量分别较氮磷单施增产 19.8%和 17.5%;而京科 665、金满囤玉米品种则是具有单施磷营养遗传特性的品种,单施磷的玉米产量分别为 14696.0kg_{hm}⁻²和 11616kg_{hm}⁻²,京科 665 分别较单施氮和氮磷配施增产 26.8%和 39.2%;金满囤分别增产 31.3%和 34.7%,试验结果完全和猜想的一样。2015 年,他已在山西晋中市榆次区东阳镇山西省农科院试验基地选用本院强盛公司和品种资源研究所选育的玉米父母本亲本,在用数字化施肥技术计算的土壤最大施氮量、最大施磷量及氮磷配施三种施肥环境下进行了杂交制种,准备好试验用种,2016 年,他顺利在汾阳市农业局农场进行了证明土壤最大施氮量、最大施磷量及氮磷配施基因决定玉米产量潜力水平、玉米杂交制种的施肥环境左右基因表达的试验,从而提出了作物育种学奠基性理论,即“作物育种是一个性状基因纯化分离、选择和重组的过程,而耐肥性和养分利用效率是作物高产品种的基本性状,这些性状是由决定品种最大施肥量和氮磷单施和配施营养遗传特性基因决定的,它们是父母本固有的。通常父母本可同时携带多种基因,父母本是相同的,也可以是不同的,但父母本只含有相同的基因且一方基因具有较强的耐肥性,才能实现杂交重组形成高产新品种。杂交时的施肥环境决定或左右品种氮磷单施与配

施的营养遗传特性,施肥条件是隐性基因和显性基因相互转化的必要条件。通常父母本双方即使均含有氮磷配施特性基因,但只有父母本在氮磷配施环境下杂交才能选育出具有氮磷配施特性的玉米品种;而氮磷单施特性玉米品种也只有在氮磷单施环境下杂交才能获得。”研究论文刊登于 2018 年《山西农业科学》杂志第 5 期,并在 12 期刊发了作物育种理论解析的文章。

可载入世界科学史册的学术成就

自然科学是人类对自然现象和自然规律的认识,近代自然科学是古代自然科学的继承和发展。但世界农业科学如作物育种学和施肥学,至今还未建立起系统的科学理论,仍停留于古代科学对现象描述、经验总结和猜测性思辨阶段。褚清河用近 40 年时间探索施肥与作物品种营养遗传特性的关系,从探索作物内在特性主导下最佳施肥期的施肥比例和施肥量问题开始,通过研究同一作物品种不同肥力土壤最大施肥量不同产量各异的问题,一直追溯到研究作物品种营养遗传特性与施肥的关系及施肥对作物品种选育的影响,把系统观测和实验同严密的逻辑体系结合起来,形成了以事实为根据的作物育种科学理论,理论能科学地解释作物育种和施肥中存在的各种问题,因此,“它是比较严密、完备的可证伪理论。”

作物育种理论的提出是作物育种科学研究认识上的突破和飞跃,它的提出不仅破解了世界农业作物品种周期性更新下增施化肥不再增产的难题,而且将使作物育种领域的知识结构产生全局性的变化,甚至根本的变化,将使作物育种学和施肥学得到迅速发展。

该理论:一是解决了经验认识不能解决的问题:其一,作物育种理论提出了耐肥性和利用效率的科学概念与发现了同性耐易交杂规律,可使传统育种自交系选育的偶然性和经验性为必然性,缩短育种选育时间 3 年~4 年;其二,作物育种理论发现土壤和作物品种具有各自的最大施肥量,并提出了最大施肥量相匹配概念,可使作物育种做到科学选育和应用普遍高产。即只要选择高、中、低肥力水平的地块,分别在地块各自土壤最大施肥量和氮磷最佳施肥比例条件下进行自交系选育和杂交,就可选育出与高、中、低肥力水平土壤最大施肥量相匹配种植玉米品种,就可变高产的偶然性为必然性,将使小面积高产变成不同肥力水平土壤普遍高产,从而改变现行高产品种小范围、小面积种植亩产水平较高,但大范围、大面积种植亩产量较低的状况。其三,作物育种理论发现了基因激活现象和施肥影响隐性基因和显性表达的规律,可科学解释作物品种更新下增施化肥不再具有增产作用的难题。即作物品种产量潜力与品种选育试验田土壤施肥量密切相关,随着育种试验田土壤肥力的不断提高和相应施肥量的增大,所选育种品种产量高也就越来越高,而由于生产中大田土壤的平均最大施肥量远小于作物品种的最大施肥量限制了品种产量潜力的发挥,因此,世界农业生产中出现了作物新品种不断更新下增施化肥不再增加粮食单产量的问题。

二是扩大和深化了研究范围和背景条件。作物育种理论的提出,不仅可使作物育种研究由原来单纯的育种领域扩大到与施肥研究相结合,而且为转基因育种展现出广阔的研究前景。目前,转基因育种没有从理论上搞清楚是什么基因决定作物产量潜力水平的问题,因此仅限于作物抗虫害品种的选育,作物育种理论的提出则为转基因高产育种提供了依据,为转基因研究指明了方向。

作物育种理论的提出是世界农业科学发展史上的又一里程碑,是作物育种科学产生发展的重要标志,它为理论和技术上解决了世界农业难题,为世界粮食安全可持续发展提供了科学技术保障,无疑将引发一场新的科技革命,给人类带来福音。