

杜昌文. 硼钼微肥浇铸作物丰产之花——追忆恩师王运华教授[J]. 华中农业大学学报, 2023, 42(6): 3-8.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.06.002

硼钼微肥浇铸作物丰产之花

——追忆恩师王运华教授

杜昌文^{1,2}

1. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2. 中国科学院大学现代农业科学学院, 北京 100049

摘要 基于笔者在华中农业大学从本科生到硕士研究生阶段7年的求学经历, 本文回顾了与我国作物微量元素研究开拓者王运华教授相处的点滴时光, 阐述了王运华教授在推动中国微量元素营养研究及应用方面所作出的卓越贡献。粮安天下, 无“微”不至, 王运华教授建立了中国棉花施硼以及冬小麦施钼技术体系, 创建了华中农业大学微量元素研究中心和植物营养遗传学科, 培养了一批微肥专业高级人才, 他们中很多都成为中国植物营养教学、科研、管理、生产、经营等方面的中坚力量。王运华教授以硼和钼为切入点, 用微肥联接着家国情怀和使命担当, 为中国现代农业可持续发展发挥了举足轻重的作用, 将永远为后辈们所学习和缅怀。

关键词 硼; 钼; 微肥; 棉花; 油菜; 小麦; 可持续发展农业

中图分类号 I266.1; S143.7⁺¹ **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)06-0003-06

人生只有一次, 成长总是一个值得深思的话题。每个人都有自己的追求, 我们都在不停奔跑, 我们都是追梦人。面对着悠悠岁月, 我们这代人该如何努力创造, 书写自己的人生? 王运华教授为我开启了人生的启迪。

我生在农村, 长在农村, 与土为伴, 儿时的往事尽是一言难尽的辛酸, 凝练成“饿和冷”两个字, 让我刻骨铭心。因此, 人生初期我更多关注的是生存, 关于发展或者人生, 我只有感受却无暇思考^[1]。

来到华中农业大学后, 我有缘进入了王运华老师课题组。他不但引导我走进了微量元素的世界, 还不断亲身教导我要脚踏实地、勤奋努力和坚持不懈, 并使之成为习惯, 有机会再报答家庭和国家, 回馈人民和社会。屈指算来, 与王运华老师相识相知三十载, 在曾经的新土化科研楼里, 笑过、哭过、争过和年少无知地轻狂过, 王老师如同黑夜里岿然屹立的灯塔, 照亮我们安然前行。而今, 他老人家虽驾鹤西去, 但留下了满枝桃李。每每翻开日记, 过往云烟, 做事做人和育人, 历历在目, 犹如昨天, 感慨万千, 时时还泪光点点, 斯人已去, 风尚永存, 追忆一二, 是为纪念。

1 走进狮子山

1.1 钼与冬小麦黄化

1993年9月, 我来到了美丽的狮子山和南湖畔, 进入华中农业大学土壤化学系学习, 面对“土”字多少有嫌意, 但时至今日, 再回到母校, 我们都自称“93土”, 心中满是自豪感, 执着如同《人生》中最后的那一抔黄土^[2]。记得刚入学我就开始接触微量元素营养方面的知识, 首先认识的是微量元素钼 (molybdenum, Mo), 那时了解钼的人并不多。钼是1种银白色的金属, 硬而坚韧, 熔点高, 热传导率也比较高, 常温下不与空气发生氧化反应。钼作为一种过渡元素, 极易改变其氧化状态, 钼离子的颜色也会随着氧化状态的改变而不同。钼的功效和作用很多, 被广泛应用于钢铁、石油、医药和农业等领域。钼是人体及动植物所必需的微量元素, 对人以及动植物的生长、发育、遗传起着重要作用。

钼参与生物固氮、硝酸还原过程和蛋白质合成过程, 特别对豆科作物等固氮生物意义重大。豆科作物施用钼肥能获得良好的增产效果, 而禾本科小麦一般认为对钼不太敏感。1989年, 王运华老师在湖北省新洲县黄棕壤上发现冬小麦越冬期黄化死苗, 进一步研究确定为缺钼导致, 在湖北省大面积酸

性黄棕壤小麦产区连续几年大田试验表明,上述地区的冬小麦易受钼营养影响,特别是在分蘖至拔节期,并提出了冬小麦缺钼和施钼的有效条件:土壤pH值低、土壤有效钼含量低、施氮水平高和低温。随后我参与了湖北省枣阳市黄棕壤冬小麦黄化施钼效果研究,包括钼拌种、播种到收获的全生育期田间试验,研究重点是在低温的苗期。记得当时由胡承孝老师带队,我们趴在地上数分蘖,冻得瑟瑟发抖,晚上回去,将黄酒温上,就点小菜,几杯酒下肚,暖意即来。虽然条件比较艰苦,但我积累了许多田间试验的经验。田间试验结束后,需要采集土壤/植物样本带回实验室进行测试分析,测定指标最多的是植物中钼含量和硝态氮含量。由于钼含量很低加上当时的检测条件有限,我们主要采用示波极谱法测定钼含量,但极谱仪较原始,需要靠手动调节获取信号,要求操作人员必须有丰富的经验,因此,刚开始我的标准曲线总是做不好,不记得经过多少次的学习训练,才终于掌握了操作技术,最终我做的标准曲线相关系数基本可以达到0.99,甚至还做到0.999!最早课题组老师们提出了从土壤角度采用钼值法对土壤钼营养水平进行诊断,后来我则另辟蹊径,从植物角度提出了MV值法,也同样实现了钼营养诊断。试验结果表明,钼用量虽微,但作用甚大,每667 m²施用100~200 g,小麦平均增产率达21.7%^[3]。

虽然当时我还是一个本科生,但在王运华老师及课题组其他老师的带领和指导下已开始涉及研究工作,并感受到了科学研究所带来的快乐。1997年,王运华老师资助我参加国内一个微量元素相关学术会议,在浙江舟山举办,我得以第一次长途出行:坐完火车坐汽车,坐完汽车坐轮船,这也是我第一次看到蔚蓝的大海。通过那次学术交流,我结识了很多老师和朋友,其中包括华中理工大学(现华中科技大学)化学系从事微量元素医学研究的徐辉碧老师,她是我国微量元素医学的开拓者,也是原华中理工大学校长杨叔子院士的夫人;也认识了浙江农业大学(现浙江大学)资源与环境学院杨肖娥老师,她是我们这个专业最早的一批国家杰出青年基金获得者,极大地开阔了我的视野,也有幸得到了这些老师的指导:无论学习、生活还是工作,都要努力和勤奋。朴素的语言在特定的环境下也能迸发出激励作用。1997年的夏天,我的本科毕业论文完成,并获得了王运华老师的赞赏,他还亲自帮我制作毕业论文答辩胶片,至今我还保存着这些胶片。那一年,系里提供

了1个推免硕士研究生的名额,而我幸运地获得了这个名额,并坚定选择王运华老师作为我的硕士研究生导师。大学毕业前夕,我撰文《明天会更好》,全面回顾了本科4年的历程,随心而作,文章被武汉楚天人民广播电台《难忘的岁月难忘的歌》栏目选中并专题播出,这算是大学4年的最好记忆与总结。

1.2 硼与油菜花而不实

1997年9月,我成为了华中农业大学的硕士研究生,那时全校的研究生数量还不多,不同专业的男女研究生全混住在一幢楼里,这在客观上方便了不同学科和不同专业学生间的交流与合作。那一年土化系三层土化科研楼新落成使用,我跟随王老师来到这幢小楼开展植物硼素营养有关的研究工作。20多年前,那幢科研小楼在学校边缘,离生活区远,很是荒凉,楼的外边就是田野,当时连路灯也没有,王老师特别关心学生的安全,晚上要求男女生结伴往返科研楼,并找到相关部门在通往科研楼的干道装上了路灯。

硼(boron, B)不是人体必需的微量元素,但是植物所必需。早在1975年,王运华老师等专家就发现棉花“蕾而不花”,并确定是缺硼所导致,随后王老师课题组开展了大量的卓有成效的研究工作,证明硼在棉花和油菜生产中发挥了重要作用^[4]。王运华老师课题组在已有的工作基础上,筛选得到若干硼高效和硼低效油菜品种,那么弄清硼高效机制无疑对油菜品种的遗传改良具有重要意义。因此,我当时硕士学位论文选题为《甘蓝型油菜硼高效生理基础及F₁代遗传研究》,在学校盆栽试验基地开展油菜试验,属于国内较早的植物营养遗传方面的研究。试验用盆是陶瓷米氏钵,每盆装上7 kg土壤,不同品种不同处理共60多盆,还需要经常搬运大量的去离子水(50 kg/桶),这些重体力活不适合女同学做,我经常独自搬上搬下,长期练就了较强的腿功臂力,还成为校运会中系里的主力运动员之一。这也为我多年以后成为2008年北京奥运会火炬手和国家一级社会体育指导员打下了身体基础。

王老师团队筛选出典型的硼高效以及硼低效品种各2个,为硼生理机制的研究提供了很好的材料。通过学习,我掌握了油菜杂交技术,得到一系列F₁代。王老师一再强调,微量元素研究比大量元素研究的要求高很多,我们应严格做好试验控制,所用的水和器皿要特别小心,如实验用器皿不能用普通的玻璃器皿,必须用石英玻璃或塑料器皿,否则很可能

发生硼污染,试验可能前功尽弃。油菜播种后,在油菜全生育期我需要做好全天候的试验管理,特别要关注天气,早晨打开遮雨篷,晚上则关闭遮雨篷,白天一旦要下雨,赶紧移动遮雨篷挡雨。我特别怕雷阵雨,说来就来,一看天气要变,我就向试验基地狂奔,长跑能力派上用场!

关于硼高效生理机制的研究,通常是测定硼的吸收和分布,我测定了大量的植物样本^[5-7],还将模糊数学算法现学现用,应用于植物硼营养遗传性能表征^[8]。姜黄素比色法是硼测定常规方法,经过长期训练我的技术到了炉火纯青的地步。此方法消耗乙醇很多,为了节约乙醇的材料费,我通过多方沟通,通过试剂公司送货上门方式购买,价格便宜了近一半,事后得到了王老师大大的表扬。

除了研究硼的含量外,我还发现硼在植物体内存在不同的形态,不同硼效率油菜品种中硼的形态存在显著差异^[9-10],且这种形态和单糖存在很有趣的关系^[11-13]。硼砂(四硼酸钠)溶液中加入葡萄糖,没有任何反应;但是如果加入的是甘醇糖,溶液很快就会变成果冻状凝胶。后来我才明白,硼砂能和具有顺式邻羟基结构的糖发生络合反应。这也为硼能在韧皮部运输提供了理论支撑,那么硼高效的生理机制是否和植物中糖的组成与结构有关系?又引发了我新的思考和探索。由于单糖的测定需要利用气相或液相色谱仪,王老师积极支持我开展这方面研究,帮我联系好院系新购的教学用气相色谱仪,但由于当时系里没有人熟悉这台国产仪器的操作流程,我费了九牛二虎之力,也没有得到预期的分离结果。于是我和王老师商量能否到外单位测试,但由于课题经费有限,王老师很是为难。为了得到理想的试验结果,在没有得到王老师完全同意的情况下,我自己购买了材料,通过食品科学系的一位研究生帮忙,完成了气相色谱的组分分离,当我拿着好不容易得到的色谱图,高高兴兴地向王老师汇报工作时,王老师表面上狠狠地批评我没有严格执行实验室要求,但很快报销了材料费,并私下表扬了我一通。

转眼到了2000年,3年硕士研究生行将毕业,王老师亲自为我制作硕士论文答辩幻灯片,从拍照、剪辑到制作,他还耐心向我传授拍照技巧和幻灯片制作方法。那50多帧精致的彩色幻灯片,也凝聚了王老师3年的心血。功夫不负有心人,我的硕士学位论文被评为华中农业大学优秀硕士学位论文和首届湖北省优秀硕士学位论文^[14]。

2 奔赴金陵

2.1 攻读博士学位

从1993年走进狮子山到2000年的夏天,7年的青春年华与南湖相伴,接着王运华老师为我提供了推免攻博的机会。我也决定继续攻读博士学位,虽有心继续跟随王老师,但由于家庭经济困难,父母都是农民,再供养3个孩子读书,非常不容易,我不想再让父母负担。在我犹豫不决时,王老师找我谈心,我坦诚向王老师表达了我的想法和顾虑后,王老师为了帮助我减轻经济压力,主动提出每月补助我300元,希望我能继续完成博士学业。而当时中国科学院南京土壤研究所的博士,不需要交学费,且奖学金较高,足够独立生活。我向王老师敞开了心扉,小心翼翼地表达了去中国科学院南京土壤研究所读博士的想法后,王老师虽然心有不舍,但还是主动为我报考中国科学院的博士研究生写推荐信,鼓励我好好备考,还一再说,“万一没考上,那你就回华农来,我一定收!”王老师表面上很严格、严厉,骨子里却满是慈祥,我心里酸酸的,想掉眼泪。在华中农业大学那些年的人和事历历在目,有很多感人的场景,苦与乐的感慨颇多,有道是男儿有泪不轻弹,但我偷偷地掉过很多眼泪,永远铭记落泪的日子,每一次落泪都有动人的故事,所以才有了丰富的生活。幸有日记,让记忆不再流失(图1)。

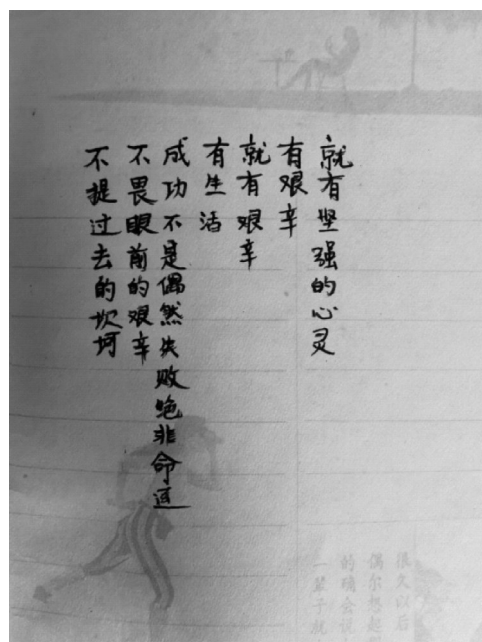


图1 1997年日记本的扉页

Fig.1 The title page of my diary in 1997

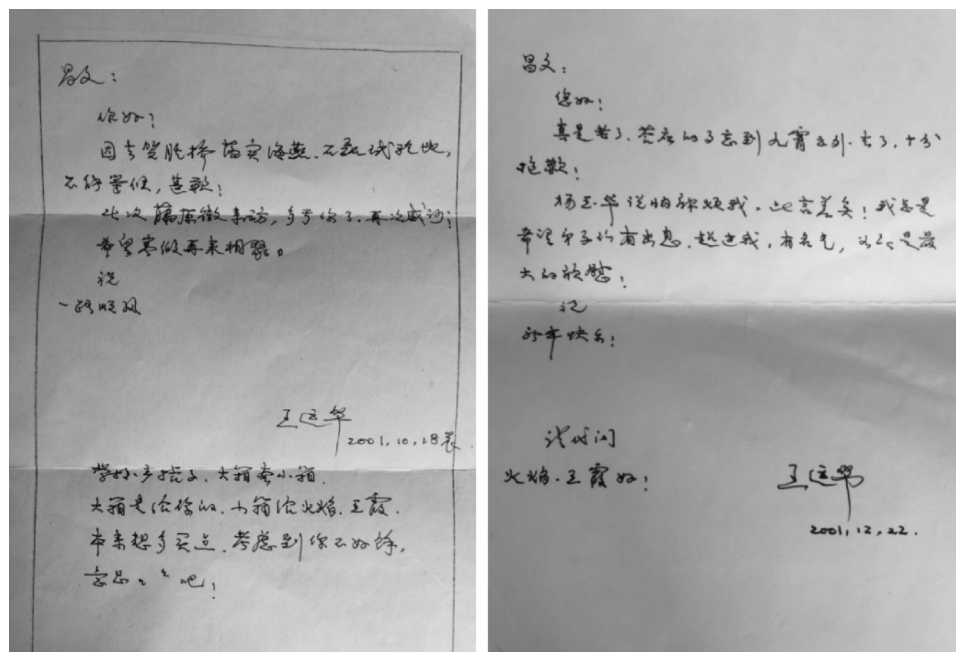
2.2 玄武九华山畔

2000年9月,纵有千般不舍,告别了狮子山,我来到了中国科学院南京土壤研究所攻读博士学位,且有幸获得了中国科学院首批中外联合培养博士研究生项目的资助。在南京和以色列海法这2个陌生的城市,我心里一片茫然,无论在玄武湖畔九华山,还是在地中海畔骆驼山,我常常怀念狮子山的朝阳和南湖的晚霞,怀念老师们、师姐师妹和师兄师弟,因而创作了散文诗《多雨的季节》^[15]。离开了武汉,王运华老师还时时牵挂着我们,我也随时听从王老师的召唤,一有机会就回母校去看看,并且希望尽可能地为王老师做点事。

尽管身在南京,但我非常关注华中农业大学的微量元素事业发展。1985年,经原农牧渔业部批准,王运华老师牵头创建了微量元素研究室;2005年,微量元素研究室更名为华中农业大学微量元素研究中心;2012年,经湖北省发展改革委员会批准,成立了新型肥料湖北省工程实验室;2016年,75家涉农科

研院所、企事业单位联合成立了中国中微量元素及肥料产学研创新联盟,王运华老师出任联盟首届理事会理事长。这些研究平台的创建表明,华中农业大学的微量元素事业已形成了基础研究、技术开发和产业应用相互支撑的链式体系,烙上了鲜明的研究特色。这些研究平台承办了一系列中微肥有关的重要学术会议和高峰论坛。我因此有机会参会学习和交流,并与王老师相见。每次相聚,王老师总是很高兴地在他家里与我们促膝长谈,重温昨日的故事,而师母则在一旁忙着准备茶水,让我们感受到家一样的温馨!在网络通讯还不是很发达的年代,我和王老师还保持着书信往来,他那隽秀的字体,熟悉且亲切(图2),其中说道:“我总是希望弟子们有出息,超过我,有名气,如此是最大的欣慰!”

这些话语朴素,掷地有声,但我这名弟子总觉得汗颜,因为与王老师的期望值尚有距离,但无论如何,这些话语将永远鼓励和鞭策着我们不断向前迈进。



信中提到的弟子:王火焰,师兄,现为中国科学院南京土壤研究所研究员/农化室主任;王霞,师妹,现为江苏省环境监测中心高级工程师;段海燕,师姐,现为黑龙江大学副教授;石磊,师弟,现为华中农业大学教授/资源与环境学院副院长;杨玉华,师姐,原湖北农学院教授,现为农工民主党湖北省委主委/湖北省政协副主席。Disciples mentioned in the letter: WANG Huoyan, senior brother, now researcher / director of Nanjing Institute of Soil Research, Chinese Academy of Sciences; WANG Xia, junior sister, now senior engineer of Jiangsu Environmental Monitoring Center; DUAN Haiyan, senior sister, now associate professor of Heilongjiang University; SHI Lei, junior brother, now professor of Huazhong Agricultural University / vice-president of College of Resources and Environment; YANG Yuhua, senior sister, former professor of Hubei University of Agriculture, chairman of Hubei Provincial Party Committee of Agricultural and Workers' Democratic Party / vice-chairman of Hubei Provincial CPPCC.

图2 王运华老师的书信

Fig.2 Letters from Professor WANG Yunhua

3 结束语

王运华老师的一生,以硼和钼为切入点,用微肥联接着家国情怀和使命担当,即便在极为艰难困苦的年代也坚守不弃,将永远激励着所有的弟子们;对王运华老师的怀念,就是重温以前我们走过的路,这是一种感恩,也是一种总结。王运华老师虽然离我们而去了,但精神风范长存,我们将继续走好王老师指引的路;生活总是美好的,我们什么都可以丢失,但唯独不可丢失拥抱它的信念,乐中有苦,苦中存乐,苦乐相依,乐在其中,愿每一个人都有着灿烂美好的今天和明天,这也许是对王运华老师最好的纪念。

王运华老师恰是人生路上的荆棘鸟。最后以长篇小说《荆棘鸟》的序言纪念和共勉^[16]:

传说有一种鸟,一生只唱一次,那歌声比世界上所有生灵的歌声都更加优美动听。

从离开巢窝的那一刻起,他就在寻找荆棘树,直到如愿以偿。

然后,他把自己的身体扎进最长、最尖的刺上,在那荒蛮的枝条之间放开歌喉。

在奄奄一息的时刻,他超脱了自身的痛苦,那歌声使百灵和夜莺都黯然失色。

他唱着这无比美妙的歌,曲终而命竭。

然而,整个世界都在静静地谛听,上帝也在天堂里微笑。

因为,最美好的东西只能用深刻的巨痛来换取……

致谢: 本文承蒙我的博士学位论文指导老师原江苏省政协副主席周健民研究员的指点,也得到了中国科学院南京土壤研究所所长沈仁芳研究员的修订,特此鸣谢!

参考文献References

- [1] 路遥. 平凡的世界[M]. 北京: 中国文联出版公司, 1989. LU Y. Ordinary world [M]. Beijing: China Federation of Literary and Art Circles Publishing House, 1989(in Chinese).
- [2] 路遥. 人生[J]. 收获, 1982(3): 1-256. LU Y. The life [J]. Harvest, 1982(3): 1-256(in Chinese).
- [3] 杜昌文, 胡承孝, 王运华, 等. 一个冬小麦钼营养诊断方法研究[J]. 世界元素医学, 2000, 7: 85-88. DU C W, HU C X, WANG Y H, et al. Study on a diagnosis method of molybdenum nutrition to winter wheat [J]. World elementary medicine, 2000, 7: 85-88(in Chinese with English abstract).
- [4] 杜昌文, 王运华. 植物硼素营养研究进展[J]. 山地农业生物学报, 1999, 18(6): 423-430. DU C W, WANG Y H. Advance in plant boron nutrition [J]. Journal of mountain agriculture and biology, 1999, 18(6): 423-430(in Chinese with English abstract).
- [5] 杜昌文, 王运华, 徐芳森. 不同甘蓝型油菜品种硼效率性状的模拟及应用[J]. 华中农业大学学报, 2001, 20(2): 130-133. DU C W, WANG Y H, XU F S, et al. Studies on the simulation of boron nutrition trait in different rape cultivars (*Brassica napus*) and its application [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2001, 20(2): 130-133 (in Chinese with English abstract).
- [6] 杜昌文, 王运华, 杨玉华, 等. 植物比较营养学的研究及其应用[J]. 山地农业生物学报, 2001, 20(3): 216-222. DU C W, WANG Y H, YANG Y H, et al. The study and application of comparative plant nutrition [J]. Journal of mountain agriculture and biology, 2001, 20(3): 216-222 (in Chinese with English abstract).
- [7] 杜昌文, 王运华, 王火焰, 等. 不同硼效甘蓝型油菜品种中硼的运输差异[J]. 贵州大学学报(农业与生物科学版), 2002, 21(3): 157-162. DU C W, WANG Y H, WANG H Y, et al. Study on the boron transportation in different boron efficient rape cultivars (*Brassica napus*) [J]. Journal of Guizhou University (agricultural and biological science), 2002, 21(3): 157-162 (in Chinese with English abstract).
- [8] 杜昌文, 王运华, 徐芳森. 模糊聚类在植物营养遗传研究中的应用初探[J]. 华中农业大学学报, 1999, 18(5): 444-447. DU C W, WANG Y H, XU F S, et al. Application of fuzzy cluster to plant nutrition genetics [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1999, 18(5): 444-447 (in Chinese with English abstract).
- [9] 杜昌文, 王运华, 徐芳森, 等. 不同硼效率甘蓝型油菜品种中硼的形态及其相互关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1): 105-109. DU C W, WANG Y H, XU F S, et al. Study on boron forms and their relationship in rape cultivars with different boron efficiency [J]. Plant nutrition and fertilizer science, 2002, 8(1): 105-109 (in Chinese with English abstract).
- [10] 杜昌文, 王运华, 徐芳森, 等. 一个甘蓝型油菜硼素营养遗传指标的建立及其应用初探[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(3): 349-352. DU C W, WANG Y H, XU F S, et al. Establishment and application of a genetic index of boron nutrition in *Brassica napus* L. [J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2000, 6(3): 349-352 (in Chinese).
- [11] DU C W, WANG Y H, XU F S, et al. Study on the physiological mechanism of boron utilization efficiency in rape cultivars [J]. Journal of plant nutrition, 2002, 25(2): 231-244.
- [12] 杜昌文, 王运华, 王火焰, 等. 不同甘蓝型油菜及其F₁硼效率差异与单糖的关系[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(6): 569-571. DU C W, WANG Y H, WANG H Y, et al. The relation between monosaccharides and boron efficiency in different

- rape cultivars (*Brassica napus*) and their F₁[J]. *Plant physiology communications*, 2002, 38(6): 569-571 (in Chinese with English abstract).
- [13] 杜昌文,王运华,徐芳森. 不同甘蓝型油菜品种之间硼效率差异与柱层析性糖的关系(简报)[J]. *植物生理学通讯*, 2001, 37(6):508-510. DU C W, WANG Y H, XU F S. Relationship between boron efficiency difference among different *Brassica napus* varieties and column chromatography sugar (brief report)[J]. *Plant physiology journal*, 2001, 37(6):508-510 (in Chinese).
- [14] 杜昌文. 甘蓝型油菜硼高效生理基础及 F₁代遗传研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2000. DU C W. Study on physiological basis of boron efficiency in *Brassica napus* and the F₁ genetics [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2000 (in Chinese).
- [15] 杜昌文. 多雨的季节[J]. *散文诗*, 2003, 4: 58-60. DU C W. Rainy season[J]. *Prose poem*, 2003, 4: 58-60 (in Chinese).
- [16] 考琳·麦卡洛. 荆棘鸟[M]. 曾胡, 译. 南京:江苏译林出版社, 1990. Mc CULLOUGH C. *The thorn birds*[M]. ZENG H, trans. Nanjing: Jiangsu Yilin Press, 1990 (in Chinese).

Boron-molybdenum trace element fertilizers teeming flower of crops with high yield:

reminiscing about Professor WANG Yunhua, my supervisor

DU Changwen^{1,2}

1. *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*; 2. *College of Advanced Agricultural Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*

Abstract This article reviewed the moments of the author spending with Professor WANG Yunhua as a supervisor and a pioneer in studying trace element for crops in China based on the 7-year academic learning and studies from undergraduate to postgraduate at Huazhong Agricultural University. The outstanding contributions of Professor WANG Yunhua on promoting researches and application of trace element fertilizers in China were elaborated. There will be no guarantee for food security without trace-element fertilizer. Professor WANG Yunhua has developed a technical system for applying boron in cotton, and molybdenum in winter wheat in China. He has established the Trace Element Research Center and the Department of Plant Nutrition Genetics at Huazhong Agricultural University, and trained a group of senior talents in the field of micronutrient fertilizer. Many of them have become the backbone of education, research, management, production, and administration of plant nutrition in China. Professor WANG Yunhua took boron and molybdenum as the starting point, connecting the national sentiment and mission with trace element fertilizers. Professor WANG Yunhua has played a crucial role in the sustainable development of modern agriculture in China and will always be learned and memorized by the followers.

Keywords boron; molybdenum; trace element fertilizer; cotton; rapeseed; wheat; sustainable agriculture

(责任编辑:赵琳琳)