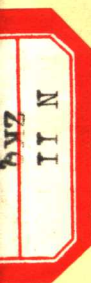


编 号: (81)021

出国参观考察报告

保加利亚土壤普查及成果应用

科学技术文献出版社



12

出国参观考察报告

保加利亚土壤普查及成果应用

编辑者：中国科学技术情报研究所

出版者：科学技术文献出版社

印刷者：北京印刷二厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：3 字数：77千字

1982年7月北京第一版第一次印刷

印数：1—1880册

科技新书目：30—71

统一书号：16176.90 定价：0.48元

17973

目 录

一、保加利亚基本概况.....	(1)
二、考察工作情况.....	(1)
(一) 普什卡洛夫土壤和计划产量	
研究所的组织机构情况.....	(2)
(二) 土壤农化研究工作情况.....	(4)
(三) 土壤农化为农业生产服务的情况.....	(14)
三、保加利亚土壤农化科技工作的特点.....	(46)
四、几点建议.....	(46)

保加利亚土壤普查及成果应用

章士炎、王蓉芳、黄鸿祥、黄德明

根据中保科技合作协定,由农业部土地利用局、中国农科院土肥所、北京市农科院土肥所派土壤农化科技人员四名,组成赴保加利亚土壤普查及成果应用考察组,于1981年6月1日至20日,对保加利亚在土壤普查、农化调查、土壤农化科学研究工作及如何为农业生产服务(我国称成果应用)等方面的情况进行了考察。目前,保加利亚在这方面的水平是比较高的,和美国、苏联、东德、荷兰等国接近。特别是在推广应用的范围上,保加利亚利用其国土面积小,基础工作扎实和计划经济的有利条件,已普遍应用于全国所有地块。这一方面,保加利亚的成就是极为突出的。有很多成功的经验,值得我们借鉴。

一、保加利亚基本概况

保加利亚位于巴尔干半岛东部,国土面积110927平方公里,其中耕地面积5890.5万亩,天然牧场和草地2659.5万亩,全国总人口880.5万人,按人口平均占有耕地6.7亩。

全境多山,巴尔干山脉从西向东横亘全境。北部有多瑙河,多瑙河和巴尔干山之间有多瑙河平原,南部有马里查河,马里查河流域有马里查谷地,平原占全国总面积的三分之一;中部是巴尔干山区,南部是罗多彼山地,山地和丘陵占国土总面积的四分之三。大部分地区属大陆性气候,南部属地中海气候。全境气候比较温暖,夏不酷热,冬不严寒。年平均温度12—13°C,降水量为550—650毫米。

保加利亚农业发展速度较快。1950—1978年年平均增长速度为4%,在经互会国家中仅次于罗马尼亚(4.5%),居第二位。农业现代化发展的基本情况是:四十年代起步,五十年代打基础,六十年代大发展,七十年代基本上实现了农业现代化。目前,主要作业实现了农业机械化,主要农作物实现了良种化,单位面积化肥施用量平均每亩24斤(有效成分);主要农作物单产较高,1979年小麦亩产520斤,玉米640斤,达历史最高水平。在经互会国家中,按人平均计算,主要农作物产量名列前茅,农产品出口额居第一位。保加利亚发展农业的主要措施是调整农业政策,改革农业生产管理体制和一贯重视农业科学研究工作和服务于生产实际。

二、考察工作情况

由于保加利亚全国的土壤普查、农化调查、土壤农化科学研究及为农业生产服务等方面的工作,都是由普什卡洛夫土壤和计划产量研究所承担,因此考察工作主要在该所内进行。

为了全面了解保加利亚土壤农化科学研究和为农业生产服务的情况，首先要介绍一下普什卡洛夫土壤和计划产量研究所的组织机构情况；土壤农化研究工作和土壤农化为农业生产服务情况。

（一）普什卡洛夫土壤和计划产量研究所的组织机构情况

普什卡洛夫土壤和计划产量研究所，是保加利亚全国唯一从事土壤、农化等学科的研究所，是保加利亚土壤、农化方面的科研、培训、推广中心。建于1948年，用保加利亚已故土壤学家尼古拉·普什卡洛夫命名。有七个研究部，三个试验站和一个技术后勤基地。每个研究部下设若干研究室。这七个研究部是：

1. 土壤生产力平衡、保持和恢复研究部

该部下设四个研究室：

（1）土壤发生分类研究室。主要研究大比例尺土壤调查制图的方法和完成全国大比例尺土壤普查的任务，编绘全国土壤图。另外，还进行土壤发生分类学的研究，制订全国土壤分类系统。有14个科研人员（相当于我国助理研究员以上，下同）和21个辅助人员（相当于我国的实习研究员，下同），进行此项研究工作。

该室从1964年开始进行土地评级的指标和方法研究。有10名科研人员（其中土壤专业4人，气候专业4人，经济专业2人）和10多个辅助人员。

（2）土壤化学研究室。研究土壤的物理化学特性和土壤粘土矿物组成；土壤盐渍化和改良措施，工业对土壤的污染和防治措施。

（3）土壤生物研究室。主要研究土壤微生物，如各类土壤中微生物区系的组成、数量 and 活动强度，对化肥、农药的作用等等。还进行共生固氮菌、非共生固氮菌、豆科作物根瘤菌菌种的分离和选育等研究工作。全室共有12个科研人员和26个辅助人员。

（4）土壤侵蚀研究室。主要研究水土流失和防治措施，以及因灌溉、耕作引起的土壤侵蚀和防治措施。

2. 土壤肥力调节和提高研究部

该部下设三个研究室，各自配备有实验室，还有网室、温室和试验基地。全部共有科研人员35人，辅助人员65人。

该部的主要研究方向是从保加利亚具体的土壤—气候条件和当前的化学化水平出发，研究土壤—肥料—植物之间的相互关系中存在着的一系列理论问题，研究最有效地利用有机和无机肥料的各种方式和方法。

（1）农化研究室。主要研究①各种营养元素的生物学特性以及它们在土壤中的平衡关系；②大量分析土壤样本时的农化方法；③施肥后主要营养元素在土壤中的转化、吸附与解吸附等方面的规律；④土壤和作物之间的相互关系。下分氮素、微量元素、施石灰、磷素和钾素（包括镁）等五个研究组。

（2）施肥研究室。主要研究不同作物的施肥技术、肥料形态、施肥方式和时间与化肥的地理区域试验。

（3）植物营养研究室。这是今年新组建的室，主要研究营养元素的生理生化特性，吸

收、代谢以及施肥的标准。

3. 计划产量研究部

该部下设五个研究室：

- (1) 产量形成过程和它的数学模拟研究室。
- (2) 土壤条件和光合作用参数研究室。
- (3) 水分平衡和水份状况最优化研究室。
- (4) 收获物的生物化学品质研究室。
- (5) 产量预测的新技术路线研究室。

4. 农业物理研究部

该部下设四个研究室、一个科和一个厂：

- (1) 土壤物理研究室。
- (2) 灌溉过程的管理研究室。
- (3) 生物物理和小气候研究室。
- (4) 仪器研究室。

还附有负责全所的仪器管理科和研究设备厂。

5. 土壤农化为农业服务研究部

该部于1965年建立，下设两个研究室，各研究室都配有土壤化验室。

(1) 大比例尺土壤调查研究室。主要完成全国大比例尺土壤调查制图任务和所有土壤诊断剖面的分析化验。

(2) 农化调查研究室。研究大比例尺农化调查、制图的方法，组织全国农化调查，完成全国农化样的分析化验任务，把有关农化的研究成果，如按计划产量推荐施肥量服务到全国每一个具体地块。

6. 干部培训部

建立干部培训部的目的是对已完成高等教育的科技干部进行专业训练、技术更新和对新专业、中间学科人才的培养。该部下设四种训练班：

(1) 短期技术更新培训，15—45天，使科研干部的专门化知识经常保持最现代化水平，接受新方法、新仪器和新技术的训练。

(2) 短期技术提高培训，2—4月，对科研干部进行更高级的专门化的补充训练。

(3) 新专业培训，1—1.5年，培养新专业或中间学科的专门人才，对那些原来专业已不需要而应转向新专业的科学研究人员进行重新训练。

(4) 专业培训，1—2年，对新参加工作的大学毕业生进行专业训练。

7. 数学模型和数据处理研究部

这是1980年分出来新成立的一个研究部，下设三个研究室一个科：

(1) 数学模型研究室。研究所内各科研项目的数学方法和数学模型公式，建立一系列指导施肥、灌溉和水土保持方面的经验公式。

(2) 软件研究室。将数学模型研究室的各种数学模型编成程序,输入到电子计算机中心。同时根据数学模型,把全所各研究室送来的大量数据,经过电子计算机处理后,贮存起来。

(3) 经济效果研究室。对所有要应用到生产实际中的科研成果,进行经济效果鉴定。一个工艺维修科,负责电子计算机的安装和维修。

该所的三个试验站分布在全国不同地区,这三个试验站分别为农业技术试验站、水土保持试验站、灌溉农业试验站。还有一个技术后勤基地,它有两个中心实验室(物理化学实验室和植物分析实验室),配备有相当先进的仪器设备,接受所里各室的分析化验任务。在该基地中还有一个组织完善的农业地理试验网,在全国主要土壤类型区,有30个试验基点,这些基点根据所内各科学研究课题的需要安排各种田间试验已长达10—20年历史。

该所对科研人员有一条比较严格的考核晋升制度。高等院校毕业生分配到所里,必须参加3—5年的实际工作以后,进行考试答辩,合格后才能成为科研人员(相当我国的助理研究员),同时也可以进行论文答辩而获得副博士学位,35岁达不到科研人员的标准就淘汰。科研人员分为三级,达到一级科研人员后,还要经过6—7年的工作,根据科研成果(18—20篇科学论文),由所里的一个专门委员会讨论批准,晋升为高级研究人员。高级研究人员分为两级(相当于我国正、副研究员),由二级高级研究人员晋升为一级高研人员,必须有专著,不是一般论文,要有新的科学发现,通过一个更高级的学术委员会评审批准。高级研究人员可通过论文答辩获得博士学位,只要获得了博士学位就可成为一级高级研究人员。

(二) 土壤农化研究工作情况

1. 土壤发生分类学的研究

在这方面,保加利亚已对全国的每一类土壤都进行了一些研究工作,特别是对一些面积比较大的地带性土壤和外国学者合作已有成果。如地中海地区的红棕色森林土、平坦地区的拟灰化表层过湿土,和法国土壤学家合作研究已有三年,并已写出了科学论文和专著。

目前已制订了第六个全国统一的土壤分类系统。土壤分类有两条主要原则:

(1) 把土壤看作自然、历史的发生体,随时间发生变化,在一定客观条件下进行分类;

(2) 土壤分类要为生产实践服务。

采用五级分类制:

土类——有同一生物化学循环过程,剖面层次基本一致,形成过程基本一致。

亚类——同一成土过程的不同发育程度。

土属——按母质、土层深度、水份影响的不同进行划分。

土种——腐殖质层的厚度及其他特征层的厚度,土壤侵蚀程度等等。

变种——农业生产特性、质地的不同。

保加利亚的土壤分类系统与苏联的土壤分类系统基本一致。现在他们正在研究制订新的土壤分类系统,共分十级,土类上面增加一级,变种后面再增加三级,把人类耕作影响放在八、九级。土壤发生分类的研究很注意服务于生产,在他们现行的分类系统中,已有一些基层分类单元的诊断指标,如土层厚度、腐殖质厚度等。

他们还很注意把土壤发生分类与农业化学结合起来研究各类土壤的肥力、生物循环、现代过程（指人类耕作的影响）等等。如为了研究土壤肥力的动态观测，他们和欧洲社会主义国家协作，对耕作土和非耕作土的养分渗漏进行了长期观测。

2. 土壤化学的研究

在研究土壤粘土矿物方面，采用了比较先进的方法和仪器，如X光衍射仪、差热分析仪、电子显微镜等。他们首先把保加利亚全国的各类主要土壤的粘土矿物进行分离，研究其特征。由于土壤中的粘土矿物都是混合物，很少是单一的，并且还有其他物质的影响，分离工作比较困难，既繁琐，又要很长的时间。目前，已完成全保加利亚各类主要土壤粘土矿物组成的研究工作，并对这些粘土矿物的特征进行了定性和半定量的研究，按粘土矿物的特征对各类土壤进行分级。现在他们开始进行粘土矿物对土壤中营养物质转化的影响的研究工作。

土壤化学的另一项研究工作，是对土壤盐渍化和改良措施的研究。目前，已调查清楚全国土壤盐渍化的面积、分布和发生原因等情况，全保加利亚约有2.5万公顷盐渍化土，集中在农业发达地区，所以政府非常重视对盐渍化土的改良，早在二十多年前就在盐渍化土地地区建立了试验基点，进行了长期水利改良和化学改良措施的研究，目前采用开沟排水，降低地下水位和磷石膏改良剂，已应用于生产中。由于保加利亚的盐渍化土主要是钠离子含量比较多，因此他们认为最有效的还是化学改良，即用磷肥（过磷酸钙）工业的废物——磷石膏施入土壤中，钙离子可以代换钠离子，根据土壤钠离子的含量计算磷石膏的施用量已普遍应用于生产中。

目前，继续进行地下水位深度和含盐量的研究，并接受了不少中东国家的研究生来所进修。

工业对土壤的污染和防治措施，也属于土壤化学研究。目前，主要对铜、锌、铅等几种重金属对土壤的污染进行了一些研究工作。由于土壤的代换性酸与重金属结合，对植物影响很大，因此土壤代换性酸决定着土壤重金属含量临界值的高低。由于铅和铜、锌还不一样，它不是植物的营养元素，低含量对植物产量没有多大影响，但可以在植物体内积累，对人畜食用以后有毒害，因此铅含量的临界值用植物体内含量来制定。他们选用一种强酸性土壤，用碳酸钙调成各种酸度，用吸收铅最多的植物苜蓿作指示植物。通过盆栽试验和实验室分析，给出各种pH值土壤的允许铅含量。

经过五、六年时间的工作，已得出铜、锌、铅污染土壤的临界值，为国家制订环境保护的有关条例提供了依据。

从1973年开始，对全国各地重金属对土壤、水、空气污染范围和种类进行了调查。科研人员根据工厂所在地的地形、风向、河流等确定污染范围在比例尺为1:40万的全国土壤图上，根据污染范围画出调查范围。在实地调查时，采用1:1万或1:2万比例尺的土壤图作为工作底图。如果有河流，凡是用河流灌溉的地区都要进行调查。调查内容包括土壤、水、空气。具体作法是在污染源（一般指工厂）周围10公里的范围取土样、水样，取样深度：耕作土壤0—20厘米；非耕作土壤，分层取样，以便于研究重金属的移动情况。根据化验结果作出土壤污染图。现在还开始进行汽车所引起的公路两旁铅污染调查。根据风向、汽车流量在公路两旁100米左右取样化验。每年调查一、二个县，最后画出全国土壤污染图。

另一项工作是如何使污染的土地更新复原。这是非常困难和缓慢的，甚至一、二百年也

不能复原。目前，世界上也没有解决使重金属污染后复原的问题，只能作一些基础研究工作。

3. 土壤微生物的研究

保加利亚于1960年以前，完成了全国各类土壤微生物区系的组成、数量和微生物活动强度以及固氮微生物中自生固氮菌在土壤中的种类、活性等的研究。1960年以后，由于农业大量施用化肥和农药，提出了新的研究课题，即化肥、农药对土壤微生物的影响，以及微生物对化肥、农药的作用。经过大量的研究工作得出，保加利亚施用氮肥总量的20%，因土壤微生物的硝化和反硝化作用而损失，即称为脱氮作用，特别是在质地粘重、通气性差的土壤中，脱氮作用更为严重。为了防止脱氮作用，可加入硝化抑制剂，现选择一种最适合保加利亚的硝化抑制剂和合理施用量，在全国各地试验。研究工作证明，施用除草剂一般对土壤微生物不仅没有抑制作用，还有刺激作用。由于刺激了微生物的生长，反过来微生物又促进了除草剂的分解。

保加利亚在研究共生固氮菌方面，主要对种植最多的大豆、菜豆、苜蓿、三叶草等四种豆科作物的根瘤菌进行了大量搜集和分离菌种的工作，已选出60多菌株，参加了国际菌种交换。对大豆根瘤菌分离出一种固氮活性最强的菌株，已生产菌肥广泛运用到生产中。国家规定，播种大豆必须用这种根瘤菌接种。

4. 土壤侵蚀的研究

由于保加利亚是一个多山的国家，水土流失比较严重，80%以上的农业土地（包含牧地）都有地面水的侵蚀，因此保加利亚政府非常重视水土保持工作。1956年建立了土壤侵蚀研究中心，各有关的农业研究所都有负责水土保持方面的研究人员，还在全国各种土壤类型和不同地形的地区建立了很多试验小区，长期进行土壤侵蚀因素的观测，试验各种防治土壤侵蚀措施的效果。经过25年的研究工作，对美国的水土冲刷量数学公式

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

根据保加利亚的具体情况进行了校正。

A——每公顷土地被冲刷的土量，用吨表示（吨/公顷）；

R——降雨侵蚀系数。 $R = \frac{P}{rt}$ （P—降雨量，t—降雨的时间）。保加利亚通过全国各地的水文气象站，算出了R值，并对R值进行了分区，年平均 $R \leq 6$ 为非常轻的侵蚀降雨量， $R = 6-10$ 为中等侵蚀降雨量， $R = 15-20$ 为强度侵蚀降雨量， $R > 25$ 为最强的侵蚀降雨量；

K——土壤对侵蚀的抵抗能力，已计算出保加利亚所有不同土壤类型的K值；

L·S——地势。L为长度，S为倾斜度，可以结合起来计算， $L \cdot S = \sqrt{L} (0.00111S^2 + 0.00776 \cdot S + 0.00111)$ ；

C——植被的抗侵蚀度，按每季作物或作物轮作周期来计算。1977年已计算出保加利亚各种作物的C值；

P——各种不同措施（农业技术、工程等）的水土保持系数。目前已计算出保加利亚各种措施的水土保持系数。

以上各值都是通过全国几百个各种试验小区长期观测计算出来的。并且已计算出保加利

亚的土壤侵蚀量 A 值。当 A 值等于或小于允许土壤冲刷量时,就不用采取措施;若 A 值大于允许土壤冲刷量时,就必须采取水土保持措施。允许土壤冲刷量是根据土壤形成量定的。保加利亚已计算出全国各类土壤的形成量。采取水土保持措施就是提高 C 、 P 值。 C 、 P 值提高以后, A 值也相对提高。因此通过 C 、 P 值可以计算出允许土壤冲刷的最佳值 A , 使水土保持措施建立在定量的范围内。通过保加利亚土壤侵蚀研究工作者的努力,保加利亚建立了自己的水土冲刷量的数学模型。并在比例尺为1:40万土壤图的基础上作出了全国土壤侵蚀图。同时还进行了大量的防止因灌溉和耕作造成土壤侵蚀方面的研究工作,已有不少研究成果。

保加利亚全国和各县都有水土保持规划机构,专门进行水土流失的调查工作,制订治理规划,还有专门执行机构,拥有各种施工机械,按治理规划进行实施。国家每年有几千万列瓦(保币)的投资。全国还制订了《长期水土保持规划》,提出到公元2000年时,解决全国的水土流失的问题。

5. 土壤农化研究

在这方面,保加利亚的土壤农化科学工作者,主要研究土壤中各种主要营养元素的形态、含量,它们之间的相互关系,为化肥的施用提供科学的理论基础。同时也研究在长期大量施用化肥过程中出现的一些问题。研究工作按养分元素分组进行,这样可以更为深入地进行基础理论研究,并更好地指导生产。

(1) 磷素的研究。主要工作是用对土壤磷吸附能力的研究,来指导大田作物施肥,并已提出电子计算机施肥模型,用于大面积生产实践。

土壤中磷的形态变化很大,磷肥的当年利用率只有20—30%左右,大部分在土壤中变成难溶的化学形态,在10—20年的时间内逐渐为作物吸收利用,后效很长。因此,他们认为不能从一季作物,而要从轮作周期出发进行磷肥研究,否则就会导致错误的结论。指导磷肥使用也不能用单一的指标,如只按土壤有效磷含量的高低来指导施用磷肥,是不完全符合实际情况的,而要用综合指标。用土壤对磷的吸附能力来研究磷肥的施用有很大的优越性。由于不同土壤对磷的吸附能力很不一样。他们作了一个试验,对不同吸附能力的土壤施磷酸-钙,放置三个月以后种燕麦,植株吸磷的状况与土壤吸附饱和程度关系很大,当土壤吸附饱和程度低时,磷主要在籽粒部分,秸秆含磷很少。随着土壤吸附饱和程度的增加,超过50%以后,秸秆含磷成倍增加,最后可以超过籽粒内磷的含量,称为过剩吸收。说明籽粒中的含磷量比较稳定,秸秆磷含量变化很大。为了了解磷在籽粒和秸秆中的含量情况,还分析了锰、铜、锌、钙等微量和中量元素与磷含量的关系。对各种不同吸附能力的土壤,采取不同的施肥量,使其达到植物吸收的最佳储备磷的水平,不使植物过剩吸收磷。要达到这个目的,他们从不同土壤对磷吸附的不同能力的动力学角度出发,通过施肥调节吸附与解吸附的动力学平衡过程,创造一个对不同作物最适的土壤平衡溶液磷浓度,以此作为指导施用磷肥的基本指标。他们的工作结论是:不同作物其土壤平衡溶液磷的最适浓度是相似的,基本上都在0.3~0.4ppm左右。由于目前保加利亚农业经济还不富裕,采用0.2ppm作为施磷肥的指标就够用了。

他们还对保加利亚19种主要土壤中磷的“老化”过程进行了研究,明确除红棕色森林土磷“老化”的半衰期为5年外,其他土壤磷“老化”的半衰期都在2年左右,因此在指导施肥时,应加上一个磷肥“老化”校正系数。

通过以上长期大量的研究工作，提出了供生产上指导施肥用的磷肥施用量计算公式：

$$R_{j,m}^{i,m} = S_{j,m}^i \left(\frac{C_p^{0,2}}{T} + H_{j,m} \right) K_{j,m}$$

式中： $R_{j,m}^{i,m}$ ——某地块，种某种作物时磷肥施用量 ($\text{KgP}_2\text{O}_5/\text{gka}$, gka是gekap, 保加利亚土地面积单位的缩写, 1 gka相当于我国1.5亩, 以下同)

i——该地块所种作物

m——该地块的土地档案号

jm——该地块所属农业土壤类型

$S_{j,m}^i$ ——该地块面积 (gka)

$C_p^{0,2}$ ——使土壤平衡溶液磷浓度达到 0.2ppm 所需施用磷肥数量 (kg/gka)

T——为使土壤达到所需磷含量水平时间 (年)，保加利亚用 12 年。美国用 3—4 年

$H_{j,m}$ ——该地块所种作物按计划产量从土壤中摄取的磷量 (kg/gka)

$K_{j,m}$ ——老化系数

当前他们正在进行的工作是磷在土壤中的强度因素、容量因素和动力学研究，通过盆栽试验进行，对磷肥施用量公式进行校正。

他们还研究了大量分析土壤样本时测定速效磷的方法。经过多年大量的分析、盆栽和田间试验等工作，对测定磷的Olsen法进行了改进。用 2% NaHCO_3 —0.7% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (pH8) 作为提取液，可以同时提取速效磷、钾，土液比 2 厘米³:50毫升，振荡半小时即可。

此法比Olsen法的适应面广，可以用于任何土壤。提取液没有黄色，不用活性炭，不需要长时间的振荡和恒温条件，显色稳定可达20小时，和植物吸收磷的相关性好，有较好的重现性。比较适合大量样本的自动化系列分析。

此法缺点，在同时测钾时，火焰光度计的喷雾口容易堵塞，需要改装，测定结果比Olsen法低，可以通过标准曲线纠正。

(2) 钾镁的研究。由于保加利亚的各种土壤中都含有相当多的水化云母，所以约75%的土壤中钾素含量能满足作物生长发育的需要。因此，他们从养分平衡角度来研究钾肥的施用问题，提出了保加利亚施用钾肥的概念：土壤含钾量高的地区，除甜菜、向日葵和苜蓿三种作物外，一般不施钾肥；土壤含钾水平中等的地区，则按作物吸收多少补给多少的办法，使土壤含钾量保持在中等水平；而对那些缺钾的土壤，则通过施用钾肥使该土壤的含钾量在12年内达到中等含钾水平。

钾肥施用量的研究工作主要在试验基地的长期定位试验中进行，已有20年的历史。观测了不同土壤气候条件下，植物对钾的吸收，土壤钾的转化、淋失以及钾肥的肥效。而盆栽试验主要用于土壤钾的释放、固定等方面的研究。过去认为含钾丰富的黑钙土在100年内钾肥都无效果，在试验基地里，经过20年钾肥就有效果。因为玉米、小麦引进杂交种，产量大幅度提高，消耗钾素很厉害。特别是有些作物，大量吸收钾素（甜菜每季吸收钾量达500kg/gka），过去认为可以长期不施钾肥的土壤，现在施用钾肥效果也显著。根据土壤养分平衡的观点，他们提出计算钾肥施用量的公式为：

$$R_{j,k}^{i,m} = \left(\frac{H_{j,m}}{K_1} + \frac{(Z_1 - Z_2) K_2}{TK_3} \right) \cdot S_{j,m}^i$$

式中： $R_{j,k}^{i,m}$ ——某地块、种植某种作物时钾肥施用量 ($\text{kgK}_2\text{O/gka}$)

i, m, j, m ——同磷肥施用量的计算公式

$H_{j, m}$ ——该地块所种作物按计划产量将从土壤中摄取的钾量 ($\text{kgK}_2\text{O/gka}$)

K_1 ——钾肥利用率 (%)

Z_1 ——通过施用钾肥预期达到的土壤含钾水平 (mg/100g土)

Z_2 ——土壤现有含钾量 (mg/100g土)

K_2 ——换算系数 (从 mg/100g土 换算成 kg/gka)

T ——时间周期 (年), 保加利亚用 12 年

K_3 ——钾肥在土壤中的固定率 (%)

$S'_{j, m}$ ——该地块面积 (gka)

另外, 还需对不同地区, 有机肥的施用量等方面进行校正。

下一阶段钾的研究工作重点是钾的矿物学研究, 保加利亚各种土壤钾的存在状况, 钾在土壤中转化的动力学, 其固定和释放, 还要研究钾与各种环境因素 (水分、温度、其他养分等) 之间的相互关系, 为施肥提供科学的依据。

为了进行土壤含钾量的测定, 他们对提取剂进行了大量的研究工作。过去用醋酸钙、醋酸铵 ($0.2N$) 作提取剂, 提取值与产量的相关性很差。以后对方法学问题进行了专门的研究, 并试验了世界各国, 也包括联合国粮农组织测土壤钾的方法, 提出了保加利亚自己的提取剂, 用 $2N \text{ HCl}$ (冷) 土液比 $1:10$, 振荡 2 小时提取, 效果很好, 它提取了土壤中的代换性钾和部分非代换性钾, 同时又不破坏土壤晶格, 与产量有较好的相关性。在进行土壤钾的研究时主要用此法, 而在土壤大量样本分析工作中, 现在用的是磷钾共用一个提取剂 (前面已叙)。

(3) 氮素的研究。主要了解土壤中氮的形态, 转化及气候等环境因素对它的影响, 氮素在土壤、肥料和植物之间的平衡关系。

过去他们采用美国对土壤氮的分组方法, 后来用苏联的方法把土壤氮分成水解氮和不能利用的氮, 但都不很合适。目前还在探索与植株吸收氮有更好相关性的土壤氮分组分析方法。

氮在土壤中的平衡与氮素利用率的工作主要用同位素 N^{15} 进行。氮素利用率用减差法为 $60\sim 80\%$, 用 N^{15} 测定时, 大田的利用率在 30% 左右, 网室盆栽试验在 $50\sim 60\%$ 之间。小麦的氮素利用率高些, 玉米稍低一些。

作物氮素施肥量的研究通过化肥的地理区域试验, 在不同土壤气候区进行。从不同施肥量、不同作物轮作的大田试验, 找出施肥量与产量之间的函数关系, 即产量曲线, 再加上一些校正系数 (前作, 有机肥等), 制定出经验公式:

$$R_{j, m}^i = S'_{j, m} (a_0 + a_1 Z_j + a_2 J_m^i) K_{j, m}$$

式中: $R_{j, m}^i$ ——某地块、某作物氮肥施用量 (kgN/gka)

i, m, j, m ——同磷肥施用量的计算公式

$S'_{j, m}$ ——该地块面积 (gka)

Z_j ——该地块土壤碱解氮含量 (ppm)

J_m^i ——该地块所种作物按计划产量从土壤中摄取氮量 (KgN/gka)

$K_{j, m}$ ——校正系数

a_0, a_1, a_2 ——回归系数

目前存在的困难是不易找出一个合适的指标来判断土壤中所含的氮量是对作物有效的。

该公式中用的是按康维法测定的碱解氮量，很不理想。现在他们正转向研究矿化氮量（硝态氮和铵态氮总量），用 1N KCl 浸提，加入达氏合金还原硝态氮后蒸馏。测定时期在每年春季，取土深度 0~30，30—60 厘米，玉米应稍深一些。

在氮素研究方面，他们还作了一些其他工作：

氮与其他各种营养元素（磷、钾、钼、钙、锰等）的关系，在钼与氮的关系上，已发表了一系列论文；

缓效氮肥的研究；

硝化抑制剂 N-Serve 的研究；

尿素在土壤中转化的研究；

硝酸盐的污染问题，他们认为洋白菜、生菜、黄瓜、菠菜等作物在植株体内含量不能大于 300ppm（鲜重），水中含量不能大于 50ppm。

关于如何提高氮素利用率问题，他们认为是一个困难的任务。一方面应通过作物育种的途径提高作物对氮素的利用能力；另一方面通过各种农业措施提高利用率，如按比例供应养分等。另外在肥料分配供应中，注意肥料和土壤的关系，尿素肥料不能分配到含碳酸盐土壤地区，以减少挥发损失。

（4）微量元素的研究。在保加利亚这项工作已有 30 年的历史。目前，他们对磷钾肥的施用是按照轮作周期进行的，将磷钾肥施在轮作中对它们反应最敏感的作物上，二、三年施一次。氮肥的施用，一方面要和磷钾肥取得最合适的比例，另一方面和施用微量元素肥料一样，按作物的需要和土壤中这些养分的有效含量来进行。保加利亚种植很多工业原料作物和园艺作物，对微量元素要求较高。过去可以通过施用厩肥来满足需要，现在由于畜牧业集中经营，厩肥不宜远距离运输，大田作物已基本上不施厩肥。随着作物产量的提高，氮、磷、钾肥大幅度增加，需要用微量元素肥料来补足。大量试验说明，一般说来油菜对硼有效，大豆对钼有效，水稻、玉米对锌有效。喜钾作物一般都喜硼。

钼：酸性土壤只要种植对钼敏感的作物，就普遍施用钼肥。特别是酸性土壤中，存在代换性锰、铜、铝，都是钼的拮抗体，施用钼肥可降低它们的毒性。为了改善混播牧草的品质，通过施用钼肥促进豆科牧草的生长。最近钼肥不仅用在大豆上，还扩大到向日葵、大麦，钼对硝态氮在植株体内的转化有利，吸收硝态氮多的作物需钼也较多。酸性土壤中存在的锰、铜、铝都是钼的拮抗体，施用钼肥可降低它们的毒性。施用钼肥在一定程度上还可以降低土壤酸度对植物的危害，提高磷钾肥的有效性。对于豆科作物施用钼肥，可在幼苗时期就获得健壮的植株。

测定土壤中的活性钼，可用 pH 3.3 的醋酸提取，甲苯-3,4-二噻茂法比色。但单用土壤中钼含量不能正确反映作物对钼的需要，应结合考虑土壤的 pH 值。保加利亚通过研究工作提出用土壤钼指数的办法来测定土壤是否需要施钼。其做法是醋酸提取的钼量（mg/100g 土）乘 10，再加上土壤 pH 值即为钼指数。如土壤中可提取钼含量为 0.15mg/100g 土， $0.15 \times 10 = 1.5$ ，土壤 pH 值为 4.5，钼指数为 $1.5 + 4.5 = 6.0$ 。不同作物钼指数还不相同。他们通过大量的盆栽和田间试验，已测出不同作物的钼指数，如苜蓿为 7.6，向日葵为 6.0 等等。只要低于此值，就要施钼肥。其施用量在 10—150 克/公顷（纯钼）之间，可以种子处理，也可以叶面喷施。施用氮磷肥时钼肥效果较好，缺磷土壤效果差，施用钼肥可以促进氮代谢，对某些豆科牧草（苜蓿）施用钼肥，可以代替部分氮肥，提高牧草的蛋白质含量。

锌：保加利亚北部地区土壤为碳酸盐黑钙土，典型黑钙土和退化黑钙土，南部有一部分

黑粘土。这些土壤对锌均有反应。大田作物中玉米、大豆反应明显，果树中桃对锌反应最敏感。土壤缺锌的诊断是用土壤有效锌含量和植株含锌量测定综合判断。土壤中有有效锌含量(EDTA + 碳酸铵pH值8.6提取)小于1.3ppm，可视为临界值。南斯拉夫、罗马尼亚等国也是用此值作为土壤中含有效锌的临界值。还要考虑土壤中有有效磷的含量，有效磷含量在10—12毫克/100克土(乳酸钙提取法)时，就要影响锌的有效性。大豆、玉米缺锌的症状很明显，表现为叶脉之间缺绿，小叶化，节间缩短。发现这样的植株，可以测植株锌的含量，玉米测第8片叶或果穗，若低于20ppm，则缺锌；也适用于大豆，大豆叶片分析临界值为22—23ppm。随着磷肥施用量的提高，锌肥用量也要提高。高产作物如杂交玉米吸收磷较多，如果不供应适量的锌，植株体内的磷锌比就要失调，因此要施锌肥来校正植株体内的磷锌比。锌肥用量为400—600克/公顷(纯锌)喷施，经三、四天后，缺锌症状消失，施在土里用量为4—6公斤/公顷。

硼：保加利亚的北部、中部地区的碳酸盐黑钙土、黑粘土和质地轻的森林土壤容易缺硼。不同土壤缺硼的临界值(沸水提取法)，碳酸盐黑钙土为0.8ppm，退化黑钙土为0.6ppm，黑粘土和冲积草甸土为0.5ppm，红棕色灰化土和浅灰色森林土为0.3ppm。许多作物施硼肥都有效，如甜菜施硼可以提高含糖量，用量为500克/公顷(化学纯)。在七月中下旬用飞机喷洒，效果较好。向日葵种在酸性土上，施硼成熟较好，苜蓿施硼可提高20—25%的产籽量，棉花施硼可以减少蕾铃脱落。施硼的方式一般是喷叶，用量400—500克/公顷(化学纯)。喷洒时间随作物不同而不同，如向日葵和苜蓿在开花初期。

铁：含碳酸盐的土壤，随着磷肥施用量的增加发现缺铁，特别是果树中的葡萄，表现明显。用DTPA (pH7.6)可提取锌、锰、铜、铁四种元素同时测定。缺铁症的防治最好用螯合体的铁肥，在碳酸盐土壤中没有固定问题，便于植物吸收。由于这种铁的螯合体很贵，所以果树最好不要种在含碳酸盐高的土壤上，也不要过多的施用磷肥。

锰、铜作为营养元素缺乏比起铁、锌少得多，只有解决了植物对铁、锌的缺乏以后，才会发现锰、铜的缺乏。

为了达到用电子计算机施肥的目的，所有的微量元素试验工作都必须从盆栽、小区试验到大田示范，解决测定方法与植物吸收的相关性。试验设计中还包括有机肥处理等农业措施，以求得实际施用量的校正系数，如施了有机肥，就乘以校正系数0.5。在试验中，选择对该元素最敏感的作物作为供试作物，以不缺乏微量元素的土壤上的作物体内的微量元素含量作为指导施肥的依据。

(5) 施石灰的研究。通过研究土壤吸收复合体的性质，进一步研究施石灰改良酸性土壤的基本原理和指导合理施石灰。

保加利亚学者认为土壤吸收复合体上有强酸部位和弱酸部位之分。根据他们实验证明，当弱酸部位吸附氢离子时，土壤表现为弱酸性，而当强酸性部位吸附氢离子时，就表现出和硫酸、盐酸等相似的强酸性质，使土壤胶体本身受到破坏，从被破坏的晶格里释放出代换性镁、锰、铝离子，对植物有毒害。他们根据当土壤吸收复合体处于弱酸部位时，随着酸度的增加，代换性铝不增加，而当酸度增加到土壤吸收复合体的强酸部位时，代换性铝就大量出现的原理测定土壤吸收复合体的弱酸和强酸部位。

土壤盐基饱和度与土壤pH值有一定的相关性，但表现得非常分散，不是线性关系。如果用土壤吸收复合体的弱酸、强酸部位来解释，就有严格的线性关系。用土壤盐基饱和度为横座标，土壤pH值为纵座标，如果土壤吸收复合体的强酸部位小于弱酸部位时，随着土壤

盐基饱和度的增加,土壤pH值也上升,成一曲线;当强酸部位与弱酸部位相同时,土壤盐基饱和度和土壤pH值不变,成一直线。土壤吸收复合体这种强酸部位与弱酸部位的比例与土壤盐基饱和度和土壤pH值之间的关系,受粘土矿物的制约,由粘土矿物的特点决定,可以通过土壤酸度和阳离子代换量的测定,大致了解土壤粘土矿物的特性。例如蒙脱土,它的强酸性部位在阳离子代换量中几乎占90%以上;伊利石占60—65%;高岭石占25—40%之间。所以根据土壤阳离子代换量,以及土壤吸收复合体的强酸、弱酸部位在阳离子代换量中所占比例,就可以大概知道土壤吸收复合体属于哪一种粘土矿物。

土壤吸收复合体的强酸部位和弱酸部位的研究对于指导施用石灰有重要的意义。将强酸性土壤用不同量碳酸钙中和,造成不同的酸度,种植各种作物并测定土壤酸度对植株生长的影响。他们发现假如用石灰中和到土壤吸收复合体的强酸部位,各种作物都增产,如果继续加石灰中和到弱酸部位,各种作物都减产。各种不同作物从增产到减产的转折点都在土壤吸收复合体的强酸和弱酸部位的分界点上。这与过去的结论不同。过去认为不同作物有不同的耐酸性。试验证明不同植物耐酸性基本上都在一个点上,即pH值6.0左右。土壤酸性高所造成的危害主要来源于强酸条件下土壤胶体晶格破坏所产生的活性锰、铝、锌等物质,用碳酸钙中和酸度主要是使这些有毒的物质变成无毒氢氧化物。若中和过度,进入土壤吸收复合体的弱酸部位,使根系周围形成强碱弱酸的盐,植物根系表面的氢离子减少,降低了阳离子代换能力而导致产量降低。他们用喜酸作物羽扇豆作试验,发现羽扇豆之所以喜酸是对土壤中活性锰、铝等毒性的抗性较强。种在酸性土中的羽扇豆施用石灰同样有增产作用。所以酸性土壤施用石灰一定要注意其用量,严格计算,使之控制在能中和强酸部位,而不影响到土壤吸收复合体的弱酸部位,否则将引起减产。

根据以上基础理论的研究成果,保加利亚的土壤农化科学工作者,又经过大量的土壤地理和农化研究,编制了《酸性土壤施用石灰手册》,在农业生产实践中广泛应用。

在《酸性土壤施用石灰手册》中,详细介绍了各种酸性土壤如何测定和计算施用石灰的合理用量。石灰用量主要由以下四个因素决定:(一)中和土壤中有毒的铝离子、锰离子等;(二)补偿植物吸收的钙;(三)土壤中钙本身的流失;(四)中和酸性化肥(保加利亚主要施用硝酸铵化肥)中的酸。根据这四个因素得出石灰施用量的计算公式如下:

$$N_1 = (a \cdot K) + (B \cdot JI) + (C \cdot M)$$

$$N_2 = N_1 \cdot P \text{ (用于一般作物)}$$

$$N_3 = N_2 \cdot R \text{ (用于苜蓿和甜菜)}$$

式中:

N_2, N_3 ——1 gka需要施用氧化钙的数量(公斤)

a ——100克土中代换性铝和锰的毫克当量(一定厚度的土层)

R ——土层厚度系数

当土层厚度15厘米时, $K = 50$

当土层厚度20厘米时, $K = 67$

当土层厚度25厘米时, $K = 84$

当土层厚度30厘米时, $K = 101$

当土层厚度40厘米时, $K = 134$

B ——作物籽粒和茎秆的产量

JI ——1公斤作物产量所吸收的氧化钙量(公斤)

不同作物, JI 值也不同。

小麦、黑麦 $\text{JI} = 0.003$

玉米 $\text{JI} = 0.005$

大麦 $\text{JI} = 0.004$

燕麦 $\text{JI} = 0.005$

向日葵(全株) $\text{JI} = 0.002$

苜 蓿(干草) $\text{JI} = 0.025$

三叶草(干草) $\text{JI} = 0.01$

甜 菜(鲜重) $\text{JI} = 0.001$

C——1gka硝酸铵的施用量 (公斤)

M——为了中和1公斤硝酸铵所需的氧化钙量 (0.3)

P——校正因石灰颗粒太大而不能完全有效和流失量 (1.3) 的系数

R——土壤有较高代换量, 但物理性状不良, 粘粒含量高的校正系数

当代换性 $\text{Ca} + \text{Mg} = 10$ 毫克当量/100克土时, $R = 1$

当代换性 $\text{Ca} + \text{Mg} = 10—15$ 毫克当量/100克土时, $R = 2$

当代换性 $\text{Ca} + \text{Mg} = 15—20$ 毫克当量/100克土时, $R = 2.5$

当代换性 $\text{Ca} + \text{Mg} = 20—25$ 毫克当量/100克土时, $R = 3$

苜蓿施用钼酸铵以后, 石灰用量减半。

对于草地、牧场, 石灰施用量的计算公式一样, 但系数改变。

以上是计算石灰施用量的公式。如何决定施用石灰的程度, 要根据土壤的盐基饱和度来决定。通过大量的试验研究得出, 对于小麦、玉米、向日葵等作物, 在土壤耕层和耕层下的一层, 盐基饱和度为95—93%时, 不需要施石灰; 盐基饱和度为92—87%时, 轻度需要施石灰; 盐基饱和度为86—77%时, 中度需要施石灰; 盐基饱和度小于77%时, 强度需要施石灰。而对于甜菜, 不同土壤, 代换性铝、锰、钙、镁量不一样, 盐基饱和度不一样, 需要施石灰的程度也不一样, 如表1。

表 1

土 壤	(Al + Mn)	(Ca + Mg)	盐基饱和度 (%)	需要施石灰的程度
红棕色潜育森林土	0.6		99	不 需 要
	0.18		97	中度需要
深灰色森林土	0.21	18	99	中度需要
	0.30	19	98	中度需要
灰色森林土	0.36	23	99	不 需 要
	0.32	24	99	中度需要
	0.50	40	90	中度需要

表中 (Al + Mn) 和 (Ca + Mg) 都是用 1 NKCl 提取测定的代换量, 单位毫克当量/100克土, 其中 (Al + Mn) 是土壤耕层的代换性 (Al + Mn) 加上耕层下一层 (Al + Mn) 的 1/3 量。

代换性 Al、Mn、(Ca + Mg) 和盐基饱和度的测定方法: 平均每 50—150gka, 取一个

混合土样，大田作物取耕层和耕层下面一层。果树、蔬菜、苜蓿取0—20厘米，20—40厘米，40—60厘米三层。草地、牧场取0—15厘米、15—30厘米两层。

土样用1N的氯化钾提取，土液比1:25即3克土加75毫升，用手振荡，静置过夜，过滤，取上层清液测定。测代换性铝可用原子吸收分光光度计法或Соколов法；测代换性锰可用电位计法或Томев-Кулев法；测代换性(Ca+Mg)可用络合滴定法(Мазаева法)，因为Ca+Mg用原子吸收分光光度计测定时，需要大量稀释，精度降低。

盐基饱和度采取下面的公式计算：

$$\text{盐基饱和度 (\%)} = \frac{(\text{Ca} + \text{Mg})}{(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{Al} + \text{Mn}} \times 100$$

以上一系列的方法，经过十年实验室操作证明，有快速，易操作，不需要复杂的仪器，重现性良好，便宜，适合系列化等优点。

(三) 土壤农化为农业生产服务的情况

保加利亚在土壤农化为农业生产服务方面，主要通过应用土壤普查、农化调查和土壤农化研究工作的成果来实现。通过以上各项成果的应用，进行土地评级、计划产量和建立地块档案等工作，把这些有关数据都贮存到电子计算机中心，以达到按计划产量推荐施肥及推荐全套农业措施的目的。

1. 土壤普查

保加利亚的第一张全国土壤图(比例尺为1/50万)于1931年由已故土壤学家尼古拉·普什卡洛夫完成。由于普什卡洛夫留学于德国，当时的土壤分类主要受德国土壤学家的影响。1946年保加利亚人民政权建立后，在苏联土壤学家格拉西蒙夫等的帮助下，土壤发生分类开始应用苏联的土壤发生学分类系统，并开始有计划地进行大比例尺土壤普查工作。1954年完成了比例尺为1/20万的保加利亚全国土壤图，1965年完成了全国的五万分之一比例尺的土壤调查和制图，并在此基础上于1966年编绘成了目前普遍用的四十万分之一比例尺的保加利亚全国土壤图。同时，从五十年代中期开始进行全国的二万五千分之一比例尺的土壤普查在1970年完成。据说，保加利亚是全世界第一个完成二万五千分之一比例尺土壤普查任务的国家，为土地评价、农化调查等工作打下了基础。从1970年开始，保加利亚又开始了一万分之一比例尺的耕地土壤普查，现在已完成了全国一半的耕地，将更好地为农业生产服务。

保加利亚的土壤普查工作始终由专业队伍进行。1965年前由土壤所的土壤发生分类研究室承担，1965年土壤农化为农业生产服务部成立以后，即由这个部的大比例尺土壤调查与制图室承担。目前，这个室有三个调查队，每个调查队下设五个调查小组，每个小组由2—3人组成(其中一名必须在土壤所工作三年以上的研究人员，一名大学毕业的技术员，还有一个司机，也可以不配专职司机，由土壤调查专业队员自己驾驶汽车)，配备一辆吉普车和其他野外调查装备。每小组每年的工作定额是完成450个主要剖面，即完成15000公顷面积的一万分之一比例尺的土壤调查与制图任务。完成任务以后，由所长、调查队队长、土壤发生分类研究室负责人组成检查小组，进行20天的质量检查，合格后才算完成任务。

土壤调查的野外调查项目与方法和我国基本相同，由于保加利亚的土壤调查都是由有较丰富经验的专业队进行，所以在土壤剖面的数量要求上比我国低，但土壤界线的精度要求却