

同位素示踪技术 农业应用研究进展

Advances in Application of Isotope Tracer Techniques
in Agricultural Research

温贤芳 姚允寅 主编

中国农业科技出版社

同位素示踪技术 农业应用研究进展

温贤芳 姚允寅 主编

中国农业科技出版社

1991 北京

内 容 提 要

本书选编研究论文约50篇,反映了我国80年代同位素示踪技术在农业和生物科学中的应用状况,内容涉及土壤肥料、动植物营养、生态环境、生物固氮、植物保护以及示踪技术和方法等方面。

本书可供从事同位素示踪技术应用研究的科技人员、大专院校师生及有关人员参考。

同 位 素 示 踪 技 术 农 业 应 用 研 究 进 展

主 编 温贤芳 姚允寅
责任编辑 金守鸣 郝心仁

中国农业科技出版社出版(北京海淀区白石桥路30号)
北京市农林科学院印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 24 字数: 554千字
1991年12月第一版 1991年12月第一次印刷
印数: 1~1 000册 定价: 12.00元

ISBN 7-80026-269-3/S·209

同位素示踪技术农业应用研究进展

主 编 温贤芳 姚允寅

编辑人员 马昌燧 金守鸣 王世钧 姬肖兵 李玉琴 钟秋容 阎 枫

作者名单 (按姓名拼音顺序排列)

陈传群	陈堆松	陈景坚	陈 良	陈 明	陈舜华	陈一珠	陈子元	陈祖义
成 冰	成俊兰	丁秀玲	冯顺义	冯音捷	付余满	盖树人	高占峰	葛才林
葛秀兰	龚 荐	龚 梅	顾八明	郭智芬	韩建民	郝心仁	何凤茹	侯景琴
黄世乐	江 涛	蒋建伟	金亚放	靳建永	李东阳	李 芬	李广敏	李国强
李京淑	李莉云	李立华	李尚维	李兴明	林兆松	刘保军	刘光臻	刘国庆
刘启鑫	刘 铜	刘拓元	刘永良	刘泽银	刘兆荣	刘晓兰	娄 海	楼洪章
罗时石	骆永云	马昌燧	毛兴文	米春云	聂光明	潘家荣	綦立元	秦遂初
裘同才	阙连春	商振清	石 英	史宙亮	孙锦荷	孙耀琛	索滨华	陶舜华
田 霖	佟代言	涂书新	万书波	王宝忠	王思荣	王家银	王敬荣	王松山
王在序	王志东	温贤芳	吴美文	吴载德	吴泽津	吴振英	奚瀚福	肖京城
徐寅良	徐 永	徐晓荣	杨福存	杨俊诚	杨 琇	杨志福	姚允寅	叶成信
叶德昌	叶舒娅	尤崇杓	于凤义	余美炎	余盛华	袁碧华	岳秀荣	曾汉廷
曾艳军	张伯林	张广恩	张 浩	张明生	张 萍	张勤争	张思苏	张希忠
张辛未	张燕力	张宜春	张永熙	张志勇	赵小奎	郑维民	郑文钻	郑兴耘
周法永	周洪杰	周志祥	朱承志	朱宏斌	朱永懿			

前 言

我国同位素示踪技术应用于农业科学研究，始于50年代。最近10年又有迅速发展，在广度和深度上都有较大提高。据不完全统计，在此期间共发表学术论文和报告千余篇。研究范围涉及土壤肥料、营养代谢、植物保护、生物固氮、水产养殖、家畜家禽、果树蔬菜、人参特产、草场管理以及标记合成和技术方法等领域，取得了很大的经济效益和社会效益，为我国的农业科学和农业生产现代化作出了重要贡献。为适应核农学在科研、教学和生产方面的发展需要，我们编辑出版了《同位素示踪技术农业应用研究进展》一书。

本书反映了我国80年代同位素示踪技术农业应用的基本状况及水平。全书除进展与展望外，共分六大部分：土壤肥料、植物营养代谢、动物生理与代谢、生物固氮与植物保护、生态环境、技术与方法。每篇文章含提要、关键词、前言、材料和方法、结果和讨论、结论、参考文献和英文摘要等部分。为便于查阅，书末附有中、英文关键词索引。

本书编辑出版过程中，得到了有关领导的重视和关怀，作者的支持和奉献，以及出版社和印刷厂的通力协助。中国农业科学院原子能利用研究所情报研究室的同志为本书付出了辛勤劳动。在此谨向他们表示衷心感谢。

由于我们水平有限，经验不足，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

温贤芳 姚允寅

1991年3月于北京

目 录

同位素示踪技术在我国农业上应用的进展与展望	(1)
-----------------------	-------

第一篇 同位素示踪技术在土壤肥料研究中的应用

1-1 磷肥中的放射性核素及其在土壤和作物中的积累规律	(7)
1-2 不同土壤的全N含量及其 $\delta^{15}\text{N}$ 值的变化	(20)
1-3 应用 ^{15}N 研究滨海稻区高产施氮指标及氮素平衡	(27)
1-4 土壤容重对土壤供氮能力及棉花吸收利用氮素的影响	(34)
1-5 棉麦两熟套种栽培中平衡施肥的研究	(41)
1-6 利用 ^{15}N 研究水稻的氮效应和氮肥施用技术	(49)
1-7 应用 ^{15}N 、 ^{32}P 示踪技术研究水稻对不同复(混)合肥料中氮磷的吸收利用	(57)
1-8 应用 ^{15}N 示踪法对油菜秸秆还田肥效的研究	(63)
1-9 应用同位素 ^{15}N 研究淹水与旱地条件下作物对铵态氮和硝态氮的吸收利用	(67)
1-10 不同原料硝基腐植酸铵对过磷酸钙增效作用的研究	(73)
1-11 利用 ^{32}P 示踪法研究提高磷肥利用率	(79)
1-12 应用同位素 ^{15}N 标记肥料研究作物对几种化肥的利用和硝化抑制剂的作用	(87)

第二篇 同位素示踪技术在植物营养代谢研究中的应用

2-1 人参的 ^{14}C -光合产物在参根主要成分间的分配和残留	(101)
2-2 春小麦不同生育期对 ^{36}Cl 的吸收、运转和分配	(105)
2-3 豆科作物 ^{14}C -同化物在叶片之间的运转与分配	(110)
2-4 氮肥施用量对花生氮素营养的影响	(114)
2-5 用 ^{45}Ca 示踪法研究小麦对钙的吸收及其在土壤中的移动	(119)
2-6 小麦对稀土元素的吸收及积累规律的研究	(125)
2-7 应用 ^{65}Zn 示踪法研究夏玉米对锌肥的吸收利用	(131)

第三篇 同位素示踪技术在动物生理和代谢研究中的应用

3-1 ^{65}Zn 在黄鳝血液及主要器官中的分布和代谢	(139)
3-2 $^{55+59}\text{Fe}$ -蛋氨酸铁喂饲妊娠母猪后向仔猪体内的转移	(146)
3-3 ^{32}P 放射自显影法观察玉米螟精子的转移	(151)
3-4 应用RIA测定奶中孕酮含量诊断奶牛卵巢机能性疾病	(154)
3-5 桑蚕添食尿素对产丝的效应及其机理	(159)

第四篇 同位素示踪技术在生物固氮和植物保护研究中的应用

4-1 低水平化合态氮素对牧草固氮及土壤氮素肥力的影响	(165)
-----------------------------	---------

4-2	用 ^{15}N 天然丰度法估测结瘤作物的共生固 N_2 量	(173)
4-3	利用 ^{15}N 对花生吸收化肥氮、土壤供氮和根瘤固氮的研究	(183)
4-4	用 $^{15}\text{N}-\text{A}_n$ 值法测定豆类作物的共生固氮量	(190)
4-5	利用快中子活化分析研究水稻和土壤中硅含量与稻瘟病的关系	(199)
4-6	应用 ^{32}P 标记松毛虫赤眼蜂防治玉米螟试验初报	(203)

第五篇 同位素示踪技术在生态环境研究中的应用

5-1	^{35}S -杀虫双对农业生态环境的影响	(209)
5-2	裂变产物 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 和 ^{144}Ce 在土壤-植物系统中的行为	(222)
5-3	稻-萍-鱼模拟共生体系中 ^{35}S -甲胺磷的残留及其动态	(231)
5-4	速灭菊酯在淹水土壤中的降解和残留动态	(238)
5-5	应用同位素示踪技术研究生化治理TNT废水的转化产物	(246)
5-6	^{14}C -二氯苯醚菊酯在作物与土壤中的残留与代谢	(254)

第六篇 同位素示踪方法和技术

6-1	作物养分活体示踪动力学分析技术及其应用	(265)
6-2	畜产品中氯霉素的放射免疫测定法	(276)
6-3	^{14}C -双甲脒的合成	(281)
6-4	植物和土壤样品中 ^{15}N 天然丰度测定技术的研究	(284)
6-5	植物营养元素放射性活体测量仪的研制	(290)
6-6	铷-86用作钾的示踪剂的可能性及其在农业示踪上的应用	(294)
6-7	植物显微自显影及双标记彩色自显影技术的应用研究	(315)
6-8	质谱分析水中 ^{18}O 的 $\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 平衡法	(321)
6-9	应用ZhT-03质谱计准确测定 ^{15}N 同位素丰度	(328)
6-10	^{35}S -丙硫苯咪唑合成工艺路线	(333)
6-11	川西平原红黄壤土 ^{32}P 'A'值测定的最适时期	(336)
6-12	用塑料闪烁杯法测量 ^{32}P 核素的新技术	(341)
6-13	液体闪烁测量用燃烧制样装置和两种新的简易点火方法	(346)

附 录

关键词索引	(351)
-------	-------

CONTENTS

Progress and prospect in application of isotope tracer techniques in agricultural sciences of China.....	(1)
--	-----

I. APPLICATION OF ISOTOPE TRACER TECHNIQUES IN STUDY ON SOIL AND FERTILIZER

1-1 The natural radionuclides in phosphatic fertilizer and their behaviour of absorption and accumulation in soils and crops	(7)
1-2 Variation of total nitrogen and $\delta^{15}\text{N}$ value in different soils	(20)
1-3 A study on the index of nitrogenous fertilizer application and nitrogen balance for high yield in seashore rice region of Hebei using ^{15}N	(27)
1-4 The effect of soil volumetric weight on nitrogen supplying ability of soil and absorption, utilization of nitrogen by cotton.....	(34)
1-5 Study on balance of fertilization in cotton-wheat double cropping interplanting system.....	(41)
1-6 A study on the nitrogen effect and application technique of nitrogen fertilizer for rice using ^{15}N	(49)
1-7 Studies on absorption and utilization of N and P in compound fertilizers by rice using tracer technique of ^{15}N and ^{32}P	(57)
1-8 Studies on the manurial efficiency of rape stalks using ^{15}N isotope tracer.....	(63)
1-9 A study on absorption and utilization of ammonium and nitrate nitrogen by crops in flooded and dry land using ^{15}N	(67)
1-10 Study on the effect of ammonium nitro-humus from several materials on fertilizer superphosphate	(73)
1-11 A study on improving the rate of utilization of phosphate fertilizer by using ^{32}P	(79)
1-12 Studies on utilization of several fertilizers by crops and effects of nitrification inhibitors using ^{15}N labelled fertilizers.....	(87)

I. APPLICATION OF ISOTOPE TRACER TECHNIQUES IN STUDY ON NUTRITION AND METABOLISM OF PLANT

- 2-1 The distribution and remains of assimilated ^{14}C -product in the
main composition of ginseng's roots (101)
- 2-2 Absorption, translocation and distribution of chloride-36 by
spring wheat during the different period of vegetation..... (105)
- 2-3 Translocation and distribution of ^{14}C -assimilates among the
leaves of bean varieties (110)
- 2-4 Effect of nitrogen application rate on the nitrogen nutrition
of peanut..... (114)
- 2-5 Studies on the absorption of calcium by wheat and its
transportation in soil by using ^{45}Ca tracer method..... (119)
- 2-6 Study on the absorbability, distribution and accumulation of
rare earth elements in wheat..... (125)
- 2-7 Study on the absorption and utilization of zinc fertilizer by
maize using ^{65}Zn tracer method..... (131)

II. APPLICATION OF ISOTOPE TRACER TECHNIQUES IN STUDY ON ANIMAL PHYSIOLOGY

- 3-1 Distribution and metabolism of ^{65}Zn in the blood and major
organs of *Monopterus albus*..... (139)
- 3-2 Transfer of $^{55+59}\text{Fe}$ -methionine from gestation dam pig to
piglet (146)
- 3-3 Study on sperm transfer of ^{32}P labelled corn borer by using
autoradiography (151)
- 3-4 Diagnosis of dysfunctional ovaries in dairy cows based on
radioimmunoassay for milk progesterone concentration..... (154)
- 3-5 Effects of urea added to mulberry silkworm's food on silk
production (159)

III. APPLICATION OF ISOTOPE TRACER TECHNIQUES IN STUDY ON BIOLOGICAL DINITROGEN FIXATION AND PLANT PROTECTION

- 4-1 Effect of combined N applied at low level on the nitrogen
fixation by grasses and the nitrogen fertility in soil (165)
- 4-2 Estimation of symbiotic dinitrogen fixation by nodulating
plants using variation in natural ^{15}N abundance..... (173)

- 4-3 Studies on the absorption of nitrogen from fertilizer, soil and
nodule bacteria by peanut using ^{15}N (183)
- 4-4 Use of A_N value method for estimating symbiotic N_2 fixation
of legumes (190)
- 4-5 Investigation of the relationship between rice blast and silicon
contents in rice and paddy soils analysed by fast neutron
activation (199)
- 4-6 Primary study on the control of corn borer by pine moth-
Trichogramma labelled with ^{32}P (203)

V. APPLICATION OF ISOTOPE TRACER TECHNIQUES IN STUDY ON AGRICULTURAL ECOSYSTEM

- 5-1 Effects of ^{35}S -dimehypo pesticide on agricultural environment
and ecosystem (209)
- 5-2 Behaviour of fission products ^{90}Sr , ^{137}Cs and ^{144}Ce in soil-
plant system (222)
- 5-3 Distribution and residue of ^{35}S -methamidophos in simulated
rice-azolla-fish system..... (231)
- 5-4 Dynamics of degradation and residue of ^{14}C -fenvalerate in
flooded paddy soils (238)
- 5-5 Study on transformation of TNT in wastewater by using
radioisotope technique (246)
- 5-6 Studies on the residue and metabolism of ^{14}C -permethrin in
the rice and soil (254)

VI. TECHNIQUES AND METHODS IN APPLICATION OF ISOTOPE TRACER

- 6-1 The technology of analysis of nutrient tracer kinetics in
living plant and its application (265)
- 6-2 Radioimmunoassay for chloramphenicol in animal products
... .. (276)
- 6-3 Synthesis of acaricide ^{14}C -amitraz..... (281)
- 6-4 Study on techniques for measuring natural nitrogen-15 abundance
in soil and plant samples (284)
- 6-5 A surveying instrument for radioactivity of living plant
nutrients..... (290)
- 6-6 Possibility of rubidium-86 as a tracer of potassium and its
application in agriculture (294)

6-7	Studies on the technique of double labelled colour autoradiography and microscopic autoradiography for plants	(315)
6-8	The $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ equilibrium of analysis ^{18}O in water by mass- spectrometer.....	(321)
6-9	Exact determination of isotope ^{15}N abundance with ZhT-03 mass spectrometer.....	(328)
6-10	Synthesis of ^{35}S -albendazole	(333)
6-11	Determination of the A_p value in redish-yellow soils at West Sichuan Plain	(336)
6-12	New technique of counting radioactive ^{32}P using plastic scintillation cup.....	(341)
6-13	The new combusting devices and methods of ignition for liquid scintillation sample preparation	(346)

APPENDIX

Key words index	(351)
-----------------------	---------

同位素示踪技术在我国 农业上应用的进展与展望

温贤芳 陈子元

一、研究进展

同位素示踪技术在农业上的应用,是核农学的重要组成部分,在我国始于1956年。由于同位素示踪具有很高的灵敏度和准确度,不仅能定性,也能进行极微量分析,因此农业上应用范围很广。使用的核素有 ^3H 、 ^{10}B 、 ^{13}C 、 ^{14}C 、 ^{15}N 、 ^{18}O 、 ^{22}Na 、 ^{28}Mg 、 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{36}S 、 ^{36}Cl 、 ^{42}K 、 ^{45}Ca 、 ^{54}Mn 、 ^{55}Fe 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{64}Cu 、 ^{65}Zn 、 ^{74}As 、 ^{76}As 、 ^{76}Se 、 ^{82}Br 、 ^{86}Rb 、 ^{90}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo 、 ^{111}Ag 、 ^{109}Cd 、 ^{125}I 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{141}Ce 、 ^{144}Ce 、 ^{203}Hg 、 ^{210}Pb 等40多种,农用放射性和稳定性同位素标记化合物有140多种。示踪技术应用于农业的领域和近年来的主要进展有:

1. 示踪技术在土壤肥料研究中的应用

这是开展得最多、经济效益最为明显的研究领域。近10年来,以水田、旱地、草场、林果地等为对象,阐明肥料被作物吸收利用、在土壤中的残留和损失,以及施肥方法的改进等研究成果,在农业生产上发挥了重要作用,其推广面积累计达7650万亩,增产粮食19亿公斤。包括用 ^{32}P 、 ^{15}N 和 ^{86}Rb 示踪方法找到了滨海盐渍土的最佳肥料配方和施肥方法,推广面积240万亩;用 ^{15}N 示踪法查明了棉麦两季作物吸收利用氮素的相互关系,不同施肥量、施肥次数对棉花氮素吸收、利用、运转的影响,氮肥在土壤中的残留和损失等,解决了施肥量过高、施肥次数过多的问题,累计推广面积130万亩,经济效益2752万元;用 ^{15}N 示踪方法进行大豆合理施肥的研究,成果推广面积达1000万亩;利用示踪技术研究秸秆盖田的成果,累计推广面积2251万亩,经济效益显著。此外,在林业和果树的施肥方面也作了许多研究,指导了科学施肥。还利用 ^{32}P 和 ^{59}Fe 对腐植酸肥料的作用机理进行了研究;用 ^{36}Cl 研究了含氯化肥被作物吸收的规律;用 ^{141}Ce 等核素研究了稀土元素的农用机理。在基础研究方面,探明了肥料养分(特别是N、P、K)在土壤中的吸附、固定、流失、形态变化及向作物供给方式和保持地力的相互关系,为农业生产和环境保护提供重要的科学依据。

2. 示踪技术在作物生理研究中的应用

除对作物大量元素和微量元素养分吸收、光合作用同化产物在植株体内的运输和代谢、物质的运输与“源”和“库”的关系等作了深入研究之外,用 ^{14}C 示踪法研究了不同肥水条件下光合产物的运输,阐明了肥水措施对产量的影响;用 ^{15}N 研究了啤酒大麦籽粒蛋白质含量对啤酒质量所起的重要作用;用 ^{14}C 研究植物生长调节剂784-1对花生增产的作用机理和苧麻、再生稻光合产物的运转及分配规律;用活体示踪动力学技术建立了水稻叶片光合产物在各器官中的分配与代谢的理论数学模型等等。

应用 ^{15}N 研究了烟草愈伤组织的生长分化;研究了生长激素PP333的作用机理;花生籽

粒蛋白质的形成与施用氮、磷、钾肥和根瘤菌的相互关系；用 ^{15}N 天然丰度法估测结瘤作物的共生固 N_2 量等。

用 $^3\text{H}_2\text{O}$ 示踪剂测定了油松人工纯林的蒸腾，表明整个生长季节中水分的平均日蒸腾速率为 2.7mm ，并发现蒸腾速率与生长势呈正相关，表明氚水法是野外测定森林蒸腾的一种有效方法。

3. 示踪技术在环境保护研究中的应用

随着农药、除草剂、化肥等农用化学物质大量施用于农田，同位素示踪技术已成为环境安全性评价研究的重要手段。我国已合成70多种放射性标记的杀虫剂、杀菌剂、除草剂，用于研究它们的作用机理。对一些农用化学品施用后的陆生生态、陆水生生态、水生生态的动态基础研究，揭示了它们在复杂的一体化环境各个生态系统中的时空分布特点及其运转、降解代谢、演变规律，科学地对其使用安全性作出评价。如 ^{14}C -速灭菊酯在淹水土壤中能缓慢降解、缓慢消失，施入土壤后72天，可提取态 ^{14}C -速灭菊酯尚残留65%；又如 ^{35}S -杀虫双在土壤中的吸附性很小，移动性较大，能随水迁移，光化学分解较快，水体中的 ^{35}S -杀虫双被草鱼摄入后可以迅速排出体外，家禽吃进的 ^{35}S -杀虫双能很快随粪便排出。近年来研制出较先进的模拟生态箱，并在这种模拟生态系统中进行了农药和除草剂在环境中的迁归研究。此外还用 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{74}As 、 ^{131}I 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{203}Hg 等核素对有毒有害元素、重金属进行了环境安全评价的研究。如用同位素示踪法研究了生化治理TNT废水的转化产物；用 ^{51}Cr 研究灌溉水中铬的若干环境学性质及含铬污水在农业上的安全利用。上述研究成果为我国农用化学品的生产和合理使用，为保护生态环境，作出了重要贡献。

4. 示踪技术在畜牧兽医研究中的应用

用 ^{14}C 、 ^{15}N 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{125}I 、 ^{56}Fe 、 ^{24}Na 、 ^{42}K 、 ^{99}Mo 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{75}Se 、 ^{76}As 等核素研究畜禽对营养物质的消化、吸收与代谢，包括蛋白质、氨基酸、脂肪、糖类、矿物质等，使人类进一步掌握畜禽的营养代谢规律，为制订有效而经济的饲养和繁殖措施提供科学依据。例如，用 ^{35}S 研究了产蛋母鸡对蛋氨酸的吸收利用，雏鸡日粮蛋氨酸水平对 ^{75}Se -亚硒酸钠生物效应的作用及来航鸡对 ^{75}Se -亚硒酸钠的利用。这些研究在科学上探明了机理，在生产上起了一定的指导作用。

其次是用于畜禽疾病的诊断，包括应用同位素稀释法和激素放射免疫分析法，测定机体组织的成分和体液内的生物活性物质，以及用示踪、扫描、闪烁照相等方法了解器官的形态与功能。如测定乳和毛中孕酮含量诊断奶牛和奶山羊早期妊娠的研究成果，正在生产实践中应用，获得较好的经济和社会效益；用放免法测定奶中孕酮含量，诊断奶牛卵巢机能性疾病，提高了诊断的准确性；用 ^{131}I 邻碘马尿酸钠测定家畜肾脏功能，测定关中驴产后和发情期血浆 17β -雌二醇、孕酮和睾酮浓度的变化，牦牛发情周期和妊娠早期乳脂水平的变化，妊娠毒血症病马和驴外周血浆雌二醇、皮质醇、孕酮的变化等研究，为牲畜疾病的诊断提供了新的技术方法。用 ^{131}I 示踪技术测定了羊、牛、马、猪、鸡的甲状腺功能，包括 ^{131}I 率、 T_3 和 T_4 的血清浓度，为了解这些畜禽的甲状腺功能和疾病诊断提供了科学依据。

5. 示踪技术应用于植保和蚕桑研究

同位素示踪技术在植保研究中的应用很广，在植物病菌生理、昆虫毒理生理、昆虫生态等方面开展了大量研究工作。如用 ^{14}C 示踪研究了水稻白叶枯病的侵染途径，结果表明是由杂草进入田水中的病菌侵染稻秧根系，然后向植株上部传染，直至侵染稻株各器官而发病，

在研究昆虫生态方面,用 ^{14}C 标记棉花研究棉蚜取食、排泄、吸收与棉花品种抗性的关系,结果表明,不同龄期的棉蚜吸收 ^{14}C 的量有所不同。利用 ^{131}I 追踪辐射不育蚕蛆蝇,测定其迁飞能力,测得它的迁飞距离约为2000m,其中73~74%为400m,这一研究结果有利于提高释放不育蝇的防治效果。赤眼蜂的田间防治效果很好,北京地区每年释放赤眼蜂防治面积在100万亩左右。为探索松毛虫赤眼蜂在田间搜索寄主的能力,用 ^{32}P 标记查清了它在田间具有较强的搜索寄主的能力和较高的寄生效果,提高了释放赤眼蜂的防治效果。用 ^{32}P 标记测定苦楝油和印楝油对柑桔木虱的防治效果,表明楝科植物油对柑桔木虱传染柑桔黄龙病具有一定的抑制作用。用 ^{131}I 和 ^{32}P 标记白蚁,可以找到白蚁分群孔与主巢方位,为防治白蚁提供科学依据。

示踪技术在桑蚕研究中的应用,包括桑园施肥管理、桑树栽培技术等方面。例如用 ^{45}Ca 和 ^{32}P 示踪研究桑树夏冬季对营养元素的吸收,指导了生产上的科学施肥。用 ^{15}N 示踪研究了家蚕添食尿素提高蚕茧产量和出丝率的效果及其作用机理,表明蚕体吸收的尿素氮有60%以上转移到丝腺中,占添加量的15~25%。家蚕添食尿素可使蚕茧增产5%左右。

6. 示踪技术在水产研究中的利用

应用示踪技术对鱼类生长发育、生理生化、饵料摄取、生态环境等开展了研究。用 ^{14}C 、 ^{15}N 、 ^{32}P 等核素研究了草鱼、鲢鱼、鳙鱼、鲤鱼等对水中单细胞藻类的消化和吸收,发现白鲢能较多吞食小球藻和斜生栅藻,鲤鱼不能直接吞食小球藻,而是通过浮游生物摄食小球藻,鲤鱼再吞食浮游生物的途径。用 ^{32}P 研究证明,草鱼能够吸收消化凤眼莲(水生植物),吸收率可达50%,因此凤眼莲可作为大面积饲养草鱼的补充饵料;过去认为草鱼不能消化纤维素,示踪研究证明草鱼能吸收消化一部分人工饲料纤维素。用 ^{32}P 、 ^{45}Ca 研究水体施肥后水中浮萍、水生生物和塘泥对肥料的吸收,证明施于水体的 ^{32}P 和 ^{45}Ca 肥料很快被水生生物和塘泥吸收,促进了水生生物的生长。试验还证明草鱼吸收的 ^{65}Zn 量随时间的延长而增加,到第7天达到高峰,鳊鱼则第10天达到高峰。 ^{65}Zn 在鱼体各器官的分布以眼球为最多,相当于肌肉的12倍。用 ^{90}Sr 示踪表明,鲤鱼吸收的 ^{90}Sr 在鱼鳞中的分配比例最高;鱼肉重量虽占鱼总重量的54%,但其 ^{90}Sr 含量只占总含量的10%。用放射免疫法测定家鱼催产前后垂体和血液中促性腺激素含量的变化表明,催产后草鱼、鲢鱼血液中促性腺激素含量增加到排卵阈值水平。此外还利用示踪法研究了对虾的回游等。这些研究结果在理论和生产上都有重要意义。

7. 农用标记化合物和核仪器的研制及测量方法的改进

为满足示踪试验的需求,用 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{15}N 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{36}Cl 、 ^{76}As 等核素标记杀虫剂、杀菌剂、杀螨剂、植物生长调节剂、化肥等各种农用化学品,品种达70多种,化学纯度一般大于98%,放化纯度大于95%,比活度符合试验要求。生物探针RNA、DNA的标记研究,近年来做了不少工作。随着放射免疫分析技术的推广应用,研制生产了 ^{125}I 标记甲状腺素、垂体前叶激素、性激素及相应的放免药盒,用于家畜家禽生长发育研究和疾病诊断。在核仪器方面,研制成功多种放射性活体测量仪。如FHC-1型放射性活体测量仪,可同时测量植株3个部位的放射性;FD-3023型闪烁测量仪由单片计算机控制,测量时间1~999秒,可自动打印和计算;多功能放射性植物活体测量仪,可同时测定光合速率、放射性活度、光照、温度等数据,标记和数据处理一次完成。还有示踪检测农用化学品环境行为的模拟生态系统,可进行温度和照度的日变化模拟与控制,进行水生、陆生和陆-水生态系的模拟试验。

示踪技术方法的改进与研究,也取得不少成果。测量 ^{32}P 、 ^{36}Cl 、 ^{45}Ca 等核素的塑料闪烁杯法,提高了测量效率;热释光剂量元件用于植物活体测量, ^{14}C 测量精度好于 $\pm 4\%$,探测低限为 $1.8\text{Bq}/\text{cm}^2$; ^{15}N 质谱、光谱分析都有不少改进和创新,提高了测量的灵敏度和精确度; ^{15}N 、 ^{10}B 的离子质谱分析,为研究提供了新的手段。

综上所述,我国同位素示踪技术农业应用取得了很大成绩。据不完全统计,仅1985~1990年获得各级成果奖约110项,发表研究论文与报告1100篇,培训同位素示踪技术人员444人,5500名大学生学习了有关课程。取得的科技成果应用于生产,获得直接和间接经济效益16.86亿元,累计推广面积8800万亩,增产粮食19.5亿公斤。示踪技术已渗透到各个学科,发挥日益重要的作用。

二、同位素示踪技术农业应用展望

根据科学技术发展趋势和经济建设需要,同位素示踪技术在农业上的应用,将会在以下几个方面取得迅速的进展。

1. 同位素示踪农业应用必将向广度和深度开拓

同位素示踪技术是一项提供科学信息,揭示宇宙奥秘,阐明物质运动规律的极其有效的研究方法。采用不同的放射性示踪剂和示踪方法可以提供各种类型的科学信息(表1)。

表1 放射性同位素示踪方法所提供科学信息的类型

提供信息	是否型 (证明两种物质流之间是否存在关联)			模拟型 (确定两种物质之间的定量关系)		
有无关联?	+	+	+			+
哪里?		+	+			+
多大?			+	+	+	+
何时?					+	+
时间相关性	无	无	无	无	有	有
放射性示踪测量方法	追踪测定	放射性自显影	放射性自显影+ 光密度测量	同位素稀释法	动态测量 系统分析	测绘物质扩 散动态状况

目前,虽然同位素示踪技术在农业的各个领域已经得到广泛的应用,但是随着农业技术现代化和农业生产产业化的迅速发展,示踪方法必将进一步在许多农业生产新领域和农业科学新学科中得到广泛的应用。也还有一些已经在其它领域中应用比较成熟的同位素示踪技术可以移植到农业中来应用。例如,核医学中已广泛应用的放射性免疫分析和放射性显像诊断方法必将更加广泛地应用在畜牧兽医和植物保护等一些领域中来。

在深度方面,不论从宏观应用方面还是微观应用方面均有深入开拓的前景。从宏观应用方面来说,同位素示踪技术在农业生态环境上的研究,为了避免放射性对农业生态环境的扩散和污染,除考虑较多地应用稳定性同位素和后活化示踪方法外,今后将利用放射性示踪剂与农业生态环境模拟装置配合,间接地研究物质在宏观生态环境中的运动规律。从微观应用方面来说,放射性示踪剂将在生物体的细胞水平、亚细胞水平甚至分子水平的研究上得到普遍应用,以探索生物体微观世界的物质运动规律。

2. 同位素示踪农业应用中示踪新技术将不断开发

同位素示踪技术, 与物理学、化学的传统技术比较来说, 是一种新技术。但是与近年来一些新兴的技术(如微电子技术等)相比, 已成为一种常规技术。因此, 必须有示踪新技术来充实和更新。今后将在以下几个方面进行探索, 开发并使之实用化(表2)。

表2 同位素示踪应用新技术的开发

	分 类	内 容	可能应用的范围
新放射性示踪剂的开发	标记化合物及标记技术的开发	特异标记化合物 超短寿命RI标记化合物 超短时间标记法 标记高分子化合物 试验材料直接标记法 离子束的直接标记法 标记主体异构化合物	生物体癌症诊断, 器官功能测定 生物体老化研究, 基因解析 超短寿命标记化合物合成 生物体和环境中的物质的动态研究 物质在自然状态下行为的研究 快速的示踪试验 药物的药理和毒理作用研究
	测定和解析技术的开发	正电子CT的高分辨	脑功能等生理功能的阐明和诊断
新示踪方法的开发		中子吸收示踪法 光核反应与重水示踪法	化学设备、仪器等计测 野外、现场的示踪技术
新核素的开发		新放射性示踪核素 新可活化示踪核素	微量元素、作用未明元素行为的探明 生物体和环境中的物质动态变化研究

生命科学研究的迅猛发展, 对同位素示踪应用新技术开发起着积极的推动作用。特异标记化合物的研制和短寿命正电子核素的应用对生物科学、医学、农学以及药理学等领域的各种研究均非常有用。同位素示踪技术在农、林、水产、畜牧等方面的应用中, 为了了解各种农药的药理作用以及各种物质在生物体中和环境中动态变化规律, 不断开发新的标记化合物和示踪方法是一项非常重要的任务。在完成这一任务中, 特别对放射性同位素的供应, 对测量技术体系的确定, 对超短寿命标记化合物的研制, 中子等直接标记方法的开发等, 都需要很好地研究和解决。因此, 在今后的同位素示踪应用新技术的开发工作中, 学校、研究所和企业间的联合、协作, 国际间的学术交流和科研合作, 将越来越显得重要。

3. 同位素示踪农业应用和高技术的结合将更加密切

目前, 一般认为信息技术、生物技术和新材料技术是高技术中带动技术革新 的基础技术, 它们会进一步促进其它领域的发展。

信息技术是高技术的核心, 而计算机又是信息技术的核心。信息化、自动化实质上是计算机化。示踪技术农业应用的计算机化将成为这个领域科技发展的重要趋向之一。目前在示踪技术研究中电子计算机的应用, 基本上三个方面:

- (1) 利用电子计算机加快数据计算速度, 减少误差;
- (2) 利用电子计算机对大量数据提供存取的能力, 建立数据库;
- (3) 利用电子计算机对实验系统建立数学模型, 传递信息。

生物技术对农业科学的发展极为重要。生物技术在农业上应用,已经成为今后解决粮食问题的主要途径,将是农业生产上又一次的“绿色革命”。而在生物技术中的基因工程、细胞工程、酶工程和微生物工程等研究过程中都已使用同位素示踪技术。尤其对分子水平的农业生物遗传工程的研究,同位素示踪技术已经成为必不可少的研究工具。示踪技术在生物技术各个领域中的应用必将越来越广。

新材料是技术进步的突破口。在同位素示踪技术体系所使用的测试仪器和设备中,新材料的开发和应用,将对同位素示踪技术农业应用的发展起着主导作用。

所以今后在科技发展的道路上,同位素示踪技术与高技术的相互结合、相互促进的关系将越来越密切。

4. 同位素示踪农业应用中基础理论的研究将迅速加强

现在大量的同位素示踪技术农业应用研究证明,利用系统分析和模型的建立对物质运动规律的阐明能力往往大于传统的研究方法。生命系统包含了化学及物理过程的复杂的相互作用,而所有这些过程都能用数学方法分析和描述,找到其基本规律。因此,应用数值方法去处理这种多元系统(生物机体或农业生态环境系统),建立实验模型和数学模型,可通过同位素示踪农业应用的基础研究和模拟试验,使同位素示踪法获得的试验结果,发挥更大、更多的作用和功能,大大提高农业应用研究的水平和效果。

物质在生物体和生态环境中的迁移、变化动态过程,服从动力学的基本规律。因此,对必要的同位素示踪农业应用研究的设计、试验、分析和结果,按示踪动力学基本理论和方法加以处理,就能正确掌握一种物质在复杂试验系统中的动态变化规律。在今后同位素示踪农业应用研究中,将迅速加强以同位素示踪动力学为依据的基础理论研究。与其它科技领域一样,在同位素示踪农业应用的研究中,将更多利用现代数学和物理学的基本理论和方法,使同位素示踪农业应用研究提高到一个新的水平。

由于科学技术的发展日新月异,在今后10年以至到21世纪,核农学中示踪技术的应用将出现一个崭新的局面。

PROGRESS AND PROSPECT IN APPLICATION OF ISOTOPE TRACER TECHNIQUES IN AGRICULTURAL SCIENCES OF CHINA

Wen Xianfang Chen Ziyuan