

长期土壤肥力试验的科学价值

沈 善 敏

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 110015)

摘 要

长期土壤肥力试验跨越相当长的时间尺度,可广泛利用于研究众多学科如农学、土壤学、生物学、生态学、气象学和环境科学等有关的科学问题。超过百年历史的长期肥力试验记录着人类活动和环境变迁的丰富信息,是有着巨大科学价值的人类宝贵财富。未来长期肥力试验研究的重要任务之一便是深入开发这一巨大的科学信息库。

关键词 长期土壤肥力试验,科学价值

1993年,地球上持续时间最长的土壤肥力试验—英国洛桑试验站的Broadbalk小麦肥料试验,渡过了它150周年的生日。估计,全世界迄今依然存在,年龄超过100岁的长期试验可能还有五、六个以上,而持续进行三、五十年的长期试验恐难以计数。

一项十分普通的土壤肥料试验,竟耗费如此长久的时日和人力、物力不断地进行下去,谅必并非是为了用数十年乃至上百年的试验结果反复证明某种养分对作物的增产作用,而必定有其更广泛的科学价值。本文仅就个人体会谈一些认识。

一、由长期土壤肥力试验得出的若干已被广泛确认的研究结论

1990年在日本东京都召开的第14届国际土壤学大会上,美国Texas大学的 Anthony Juo^[9]在评论由长期土壤肥力试验(包括施肥、轮作、耕作等试验)获得的主要结论时归纳出以下4点:

1. 在软土(Mollisol)和淋溶土(Alfisol)类土壤上,谷类作物与豆科牧草轮作并施用化肥,可保证谷类作物如小麦、玉米等的持续高产。
2. 连续使用拖拉机耕地可导致土壤中犁底层的形成,从而限制水分下渗和根系的穿透。
3. 用作物残体复盖田面,可有效减轻土壤受水和风的侵蚀。
4. 耕种土壤较之相同自然环境条件下的自然土壤,土壤有机质含量低,土壤结构的稳定性差。

以上估计显然是保守的。根据许多长期土壤肥力试验的研究结果,以下现象也同样得到了广泛承认:

1. 至少是在温带湿润地区,长期持续地施用化肥可保持禾谷类作物持续高产,并不降低作物子实的营养价值,也不导致土壤肥力衰退。
2. 比较对作物产量的长期效应,则有机肥具有与化肥相同的效果,试验后期甚至可超过化

肥。长期施用有机肥可明显改变土壤的物理、化学和生物学特性。

3. 在相同的施肥或不施肥条件下,轮作可比连作获得较高的作物产量。不过,在充分施用化肥或有机肥条件下,长期连作的禾谷类作物如小麦、玉米、水稻等也可达到相当高的产量水平,小麦单产可超过5t/ha,玉米可超过7t/ha。

4. 通过长期施肥(化肥、有机肥)而建立起来的土壤养分库,其对作物的增产作用时常可超过当季施用足量肥料的效果,这可以说明土壤培肥的重要性;反之,长期不施肥而极度贫瘠的土壤,一旦施以足量化肥,即可使作物产量跃升到高产水平,这可以说明当季施肥对提高作物产量的重要性。

5. 几乎在所有土壤上,残留在土壤中的来自有机肥或化肥的磷,对作物均具有持续的残效;长期、持续地施用磷肥或有机肥,可显著扩大土壤中的有效磷库。

二、由长期土壤肥力试验引发的若干需要进一步研究的问题

(一) 持续施用无机N肥对土壤供N力的影响

在半湿润一半干旱地区,残存土壤中的 NO_3^- -N可能保留在耕层或耕层以下土壤中而可被下一季作物所利用。但在湿润地区,未能被作物利用的残存化肥N,可通过淋失、反硝化等途径而脱离土壤。因此,曾普遍认为即使是持续施用化学N肥也不会产生残效或改变土壤的供N力。

Broadbalk的试验设计中,处理17及18为N和PK隔年交替施用,如第一年17区施N而18区施PK,则第二年17区施PK而18区施N。这一设计的目的是用以研究N和PK的残效。与之相比较

表 1 1852~1967年Broadbalk试验N及PK肥对小麦的残效

Table 1 Residual effect of N and PK on wheat

处理号 Code	5	17/18	7	17/18
施肥 Fertilization	每年PK	当年PK隔年N	每年NPK	当年N隔年PK
小麦平均量 Avg. Yield (t/ha)	1.13	1.03	2.22	2.11

是处理5每年施用PK和处理7每年施用NPK。各处理N、P、K用量分别为96、35、90Kg/ha。Garner等^[1]统计了1852—1967年上述各处理的小麦产量如表1。据此,他认为,隔年施用PK对当年小麦产量有一定作用,表明PK肥有残效;但隔年施用N肥对当年小麦产量并无作用,即N肥

并无残效。

近年来研究发现,长期施用化肥N也可提高土壤的供N力。Glendining和Powlson^[5]综合几位作者的研究结果,用不同的指标试图说明这一现象,如表2所示。

Suzuki等^[18]研究了日本中央农业试验站60年长期水稻肥料试验中不施肥对照区和NPK化肥区土壤的供N力,获得的结果与表2是一致的:长期施用化肥可显著提高土壤的培养释出N量;停止施用N肥后的3年内,水稻吸收N量依然明显高于对照区。

如果表1、表2的结论都是可靠的,那末我们可得出以下认识:当年施用N肥对下一年度作物产量并不能显示其残效,但长期持续施用N肥则可提高土壤的供N力。

对于长期施用N肥可提高土壤供N力的通常解释是:施用N肥可增加根茬、根系和根分泌物

的产量,亦即增加了归还土壤的有机N量,这些每年增加的有机N虽然数量有限,但其残效是可以累加的,多年之后便可显示土壤的供N力有所提高。进一步的可能解释是:由于施用N肥增

表 2 长期施用不同量N肥对土壤供N力的影响

Table 2 N supplying capacity of soil

施肥处理 Treat.	施N量 N-rate	施肥年限 Years	培养20天 释出N N release (Kg N/(ha a))	¹⁵ N实验中小麦吸收 非标记N ¹⁴ N uptake by wheat (Kg N/ha)	1987年停止施N后 作物吸N N uptake by crop in 1987 (Kg N/(ha a))	1988年停止施N区 作物收获后土壤残 存无机N Residual inorg. N in 1988 (Kg N/(ha a))
N ₀ PK	0	1852-	0.69	30.5	21.8	15.1
N ₁ PK	48	1852-	0.74	45.0	22.3	16.6
N ₂ PK	96	1852-	0.94	66.8	32.2	19.1
N ₃ PK	144	1852-	1.10	73.8	41.5	24.0
N ₄ PK	192	1968-	1.20	73.7	52.4	25.0

加了每年归还土壤的有机质量,从而可提高土壤微生物的生物量和微生物体N量^[11],同时也可以加速土壤中微生物体自身的分解周转速率,因而提高了土壤的供N力。

(二) 有机肥料N在土壤中的损失率和残留率

有机肥料通常被认为是最理想的培肥改良土壤的改良剂。关于各种有机肥料对作物的增产效果,有机肥料N的作物利用率,施用有机肥料对土壤物理、化学及生物学性质的改良作用等的研究报导极多。但是由于多数研究是基于短期的田间试验,因此,对于一些十分基本的问题时常难以作出定论。如施入土壤的有机肥料N最终究竟有多少可被作物所利用?人们对于化肥N的施用时常十分谨慎,以免用量不当造成损失,对于有机肥料的用量是否比较马虎,用量多少并无严格禁忌?残留土壤中的有机肥料N最终的去向如何?等等。长期田间试验有可能为研究上述问题提供有利的条件。

Jenkinson等^[6]利用Hoosfield长期大麦连作试验的厩肥处理区计算了1852~1975计123年期间土壤的N收支(t/ha)如下:

1852~1975 厩肥N总量	作物移出N 总量	土壤有机N 增加量	损失量
27.2	6.8	4.3	16.1
100.0	25.0	15.8	59.2

按照上述结果,则厩肥中N的作物利用率(显然已包括残效在内)很低,只有25%。长期施用厩肥虽可培肥土壤,但留存土壤中的有机N只占施入量的16%,而损失十分巨大,占59.2%!

Johnston^[12]曾按时段计算过Broadbalk长期试验中厩肥处理区耕层土壤中厩肥N的残留率(表3)。

按表3所列结果的表面现象观之,则似乎随厩肥施用年限延长,厩肥中N在土壤中的残留率不断下降。其实,厩肥中N在土壤中的残留率不大可能受厩肥施用时段的不同而改变。造成这

表 3 Broadbalk 厩肥处理区耕层土壤中厩肥N残存率

Table 3 Residual rate of N from manure

测定年限 Years	2B	2A
	1852年起每年厩肥35t/ha Manure 35t/ha.a since 1852	1885年起每年厩肥35t/ha Manure 35t/ha.a since 1885
1885~1865	37	-
1866~1881	25	-
1882~1893	27	50
1894~1914	25	37
1915~1936	15	20
1937~1944	15	17
1945~1966	15	20

注:35t厩肥含N 225Kg 35t manure contain N 225Kg

达到的真实的残留率。用Jenkinson等^[6]建立的土壤有机质降解模型可估算出80~100年后厩肥中有机C的残留率约为5%，其时残留土壤中的有机物其C/N值将比起始时缩小若干倍，因此厩肥中有机N经80~100年后的残留率为15%是合理的。根据表3中结果还可推论出以下两点：

1. Broadbalk 厩肥处理区土壤的有机N含量显然还在继续缓慢增长，最初施入的厩肥N还未矿化殆尽。设若最初施入的厩肥N已矿化完全，土壤有机N含量达到恒定而不再增长，则之后施入厩肥N的表观残留率将为零，亦即其表观矿化率将是100%。其时，当年施入厩肥中的有机N可视为100%可被矿化而释出无机N供作物利用。这可能便是在长期试验中厩肥处理区的作物产量在后期可超过化肥区的原因之一。

2. 导致前述Hoosfield 厩肥处理区土壤中厩肥N的巨大损失显然与厩肥用量过大有关。每年施用35t/ha厩肥平均含N 225Kg，按80%表观矿化率计算每年可释出180KgN/ha，这期间大麦收获N量平均每年不过60KgN/ha，过剩的无机N难以在土壤中保存而必定以各种途径损失。可见，有机肥的用量同样需要严格限制。

(三) 有机肥的生态安全问题

自从70年代出现地球环境危机这一口号以来，导致环境污染、退化的各种因素中，农业中化肥，尤其是N肥的施用时常被列为祸根之一。大气中 N_2O 浓度的上升、地表水体的富营养化、地下水的 NO_3^- 污染等，常常怀疑与农业中大量施用化肥N有关，而施用有机肥料是否也可能产生类似的风险则很少有人注意。通常以为施用有机肥料是绝对安全的。事实上，近年来通过大量的田间试验和培养试验已证实有机肥料施用，尤其是未经腐熟的有机物料如作物秸秆、新鲜绿肥、未经腐熟厩肥等的施用，可强烈地促进农田 CH_4 、 N_2O 等微量温室气体的排放^[4,13,14]。

英国土壤学家开始怀疑导致地下水N污染的 NO_3^- 可能并非主要来源于农业中化肥N的应用，而可能主要来自土壤中有机N的矿化^[10,11]，后者则与农田长期施用厩肥有关。欧洲温和而多雨的冬季气候使施入土壤的有机物料在冬季继续缓慢分解并释出矿化N，其时地面的冬作物已停止生长，不能有效利用土壤中的无机N，过剩的 NO_3^- 便可随土壤中的下渗水流而进入地下水。长期施用厩肥的土壤也可能是 N_2O 的重要排放源，充足的C源与 NO_3^- 同时并存，将大大促进土壤中的反硝化过程。

一表观现象的原因则是由于早期残留土壤中厩肥N可在以后年代里继续缓慢矿化之故。

理论上，所有施入土壤中的有机N最终均可被矿化。不过，由于有机N在矿化过程中不断形成新的微生物N以及转化形成难降解的腐殖质N或与粘土矿物相结合，因此，施入土壤的有机N最终全部矿化需经历漫长岁月，15%残留率则是厩肥中有机N经80~100年矿化分解之后在土壤中可能

因此,不适当的、过量的有机肥施用同样是不安全的。前述Hoosfield厩肥处理区由于厩肥用量过大,导致土壤中大量厩肥N损失,这些损失的N不论以 NO_3^- 进入地下水或以 N_2O 进入大气,都将产生不良的环境影响。

(四) 土壤肥力与作物产量的稳定性

土壤肥力学说的原理之一是生长于肥沃土壤上的作物具有较良好的环境适应性,因而不同

表 4 辽西 1983~1993年不同施肥处理作物产量年际变异*

Table 4 Change of fertilization on crops yield (1983~1993)

处理号 code	施肥 Fertilization	11年平均籽实产量 Avg. yield (Kg/ha)	相对产量 Relative Yield (%)	标准差 SD (\pm Kg/ha)	变异系数 CV (%)
I	对照, 每年 N 150 Kg/ha	4420	100	1180	26.7
II	处理 I 基础上, 每年 P 14.4 Kg/ha	6300	143	770	12.2
III	处理 I 基础上, 每6年一次 P 86.4 Kg/ha	6160	139	960	15.6
IV	处理 III 基础上, 每年80%农 产品喂猪, 猪粪还田	7080	160	800	11.3

* 产量为玉米、高粱、大豆三种作物平均值
Avg. yield of corn, sorghum and soybean

气候年景之间的产量波动较小。长期土壤肥力试验通过不同的土壤肥力管理措施创造了具有不同肥力水平的土壤,因此,只需检查各试验处理区长期以来的作物产量变化,便不难验证这一原理的可靠性。不幸的是检验结果未必总是一致的,因此,对于这一原理的适用条件尚需进一步研究。

我们在辽宁西部半湿润易旱区进行的一组中长期肥料试验,对1983~1993年计11年的作物产量进行了统计分析,其结果支持上述原理。每年施用N、P化肥及猪圈肥的处理IV作物产量年际波动小,而只施N肥不施P肥的处理作物波动大,如表4所示。

洛桑试验站Hoosfield大麦长期肥料试验于1968年起将原设计的施肥处理区一分为4,设4个N肥用量等级,分别为0、48、96、144Kg N/ha。Jenkinson等^[7]比较了两组具有不同土壤肥力基础的各N肥处理区大麦产量变化。一组为原厩肥处理区,曾连续施用厩肥123年,耕层土壤有机质含量5.4%;另一组为原NPK化肥处理区,曾连续施用NPK化肥123年,耕层土壤有机质含量1.7%。结果如左图所示。由图可见,1968~1975年原厩肥处理区各N肥用量小区大麦产量的标准

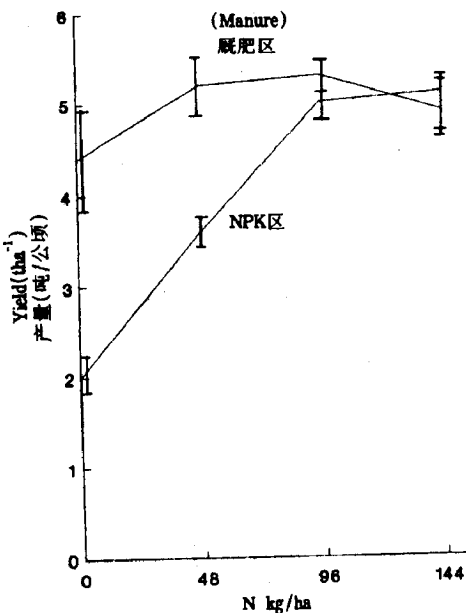


图 Hoosfield原厩肥区和NPK区大麦对N肥用量反应

Fig. Response of barley to N in manure and NPK plots

差明显大于原NPK区,尤其是不施N肥的处理,尽管前者的土壤有机质含量是后者的3倍。据此他认为,这一结果未能支持关于有机质含量高的土壤作物产量年际波动小这一学说。

三、长期土壤肥力试验更广泛的用途

长期土壤肥力试验以长期固定的土壤管理模式使土壤性质按不同的方向不断地改变,从而形成具有不同肥力性状和生物活性的各种土壤类型。不论是追踪上述发展变化的过程,还是比较发展变化后的结果,长期土壤肥力试验为土壤科学和其他相关学科提供了极为珍贵的研究对象。利用这一类试验,有可能对一些十分复杂或似是而非的问题得以深入地认识并给予科学的阐明。

(一) 土壤过程研究

有机质的分解、积累,元素的迁移和循环转化,微量温室气体在土壤—大气界面上的交换,土壤生物区系及其生物化学行为的发展变化以及发生于土壤中的其他各种物理的、化学的和生物学的变化过程,统称为土壤过程。透澈地认识土壤中许多基本过程的规律和实质,也就掌握了土壤性质发展变化的规律。长期土壤肥力试验为研究土壤中各种各样基本过程的发生发展以及了解人为活动对这些过程的影响创造了条件。不同专业背景的学者曾以各自的独特眼力,利用这一类试验去发现真谛、探索未知。例如,以研究土壤中有机质分解—积累规律称著的英国洛桑试验站Jenkinson博士便是利用该站长期肥料试验在历史上采集的土壤标本,研究不同施肥处理土壤中有机C含量的发展变化及其循环周转规律,建立了用以表征和预测土壤中有机C含量及其组成变化的数学模型^[1],利用这一模型便可预测在恒定施肥制度下未来土壤有机C的含量及其组成。例如:若每年施入土壤有机C 1 t/ha,根据模型预测,1000年后该土壤有机C含量及其组成将是:达到平衡点的土壤有机C贮量为24.2 t/ha;其中0.01 t为易分解植物残体C(周转年龄0.2年),0.47 t为难分解植物残体C(0.33年),0.28t为微生物体C(2.4年),11.7 t为物理稳定C(71年),12.2 t为化学稳定C(2900年)。

(二) 影响作物产量因素之间的交互影响研究

长期土壤肥力试验的处理设计通常着眼于单一因素比较,例如或着重于肥料,或着重于轮作、耕作。但在漫长的试验过程中时常人为或非人为地引入了其他可影响作物生长和产量的因素,从而提供了研究各因素之间交互影响的机会。例如关于水—肥交互影响,长期肥料试验在固定的肥料处理基础上,曾经历了历史上不同的水文气象年景如丰水年、平水年、少雨干旱年等,从而可利用以研究不同水文气象年景表现出各施肥处理不同的产量效应以及水分、养分供给之间的交互影响。

长期土壤肥力试验的作物产量记录也时常被用于校验诸如估算农业产量光、温潜力和水分潜力等一类经验公式的参数。这一类经验公式的可靠性需要不断有可靠的田间实验资料进行校核,而长期试验所提供的资料无疑是最可靠的,并且可以从历史上由于作物育种进步看出这一类公式需要不断进行修正的必要性。现举例研究施肥—品种之间的交互影响并评价施肥和育种进步在提高作物产量方面各自的贡献份额如下:

Broadbalk小麦长期肥料试验在1917~1978年61年期间使用过3个小麦品种,各时段的平均产量如表5所示。若以厩肥区可保证小麦获得最充分的养分供给,则厩肥区的小麦产量便可视作已达到当地小麦产量的光温潜力,而随着小麦育种的进步,表征这一潜力的实际产量则在不断

表 5 Broadbald试验不同小麦品种产量(t/ha)
Table 5 Yield of wheat cultivars in Broadbalk Exp.

处 理 Treat	Red Standard 1917~1945	Squarehead's Master 1314 1946~1967	Cappelle Desprez 1968~1978
无 肥	0.92	1.49	1.80
厩 肥	2.19	3.02	5.50
N ₁ PK	1.47	2.05	3.90
N ₃ PK	2.20	2.91	5.00

厩肥: 35t ha⁻¹; N₁: 48Kg N ha⁻¹; N₃: 144Kg N ha⁻¹;

P: 35Kg P ha⁻¹; K: 90Kg K ha⁻¹.

断变化之中。30年代前后为2.2, 50年代为3.0, 70年代为5.5t/ha。关于施肥和小麦育种进步在本例中分别对产量的贡献以及施肥与品种之间的交互影响可估算如下:

施肥(以厩肥处理为例):	$2.19 - 0.92 = 1.27\text{t/ha}$
品种进步:	$1.80 - 0.92 = 0.88\text{t/ha}$
施肥、品种单项贡献之和:	$1.27 + 0.88 = 2.15\text{t/ha}$
施肥、品种包括交互影响在内的总贡献:	$5.50 - 0.92 = 4.08\text{t/ha}$
由于交互影响产生的贡献:	$4.08 - 2.15 = 1.93\text{t/ha}$
对于提高产量施肥贡献份额:	$(5.50 - 1.80) / (3.70 + 3.31) = 0.53$
对于提高产量品种贡献份额:	$(5.50 - 2.19) / (3.70 + 3.31) = 0.47$

由上述估算可知,来自品种与施肥交互影响的贡献几乎占了总贡献的一半。这可说明:同时采用两项技术进步所取得的效益时常可超过两项独立技术进步所取得效益之和,在本例中前者为4.08 t/ha,后者仅为2.15 t/ha。施肥和品种在提高产量中各自所占的贡献份额则几乎是相当的,前者占53%,后者占47%。

(三) 地球环境变化研究

长期土壤肥力试验逐年记录作物产量,定期采集土壤及作物样品并长期保存。因此,长期土壤肥力试验区既可作为环境变迁历史的监测记录,也可用来研究和分析诸如气候变暖或大气中CO₂浓度上升引起的作物响应等一类问题的理想对象。

引起环境问题的一些重大人类活动大抵是发生在本世纪40年代以后,如工业化和资源开采引起的大量工业废弃物排放;化石燃料消费急剧增加引起的大气中CO₂浓度迅速上升;化肥和杀虫剂的大规模生产和广泛应用;核爆炸;大范围的毁林垦荒等等。现存的一些古老长期试验,其历史超过百年以上,恰好跨越了人类生存环境中的“清洁”时代和之后环境不断恶化和遭受各种污染威胁的时代。土壤作为某些环境信息的记录者,不同历史时期采集的土壤样品和生物样品,便可用以研究所在区域受农药污染、核辐射污染、工业排废污染等的发展过程。而“清洁”时代采集的土壤和植物便成为研究土壤、生物环境背景值的最可靠的样品。

大气中CO₂浓度增长、全球气候变暖以及由此引发的其他环境变化,都将对农作物生长产生影响。长期土壤肥力试验保存着完整的作物产量记录、气象记录以及可供分析研究的土壤、植物样品,将有助于研究和预测未来出现各种气候环境变化时农作物可能作出的响应,评估未来农业生产可能受到的影响。

四、长期土壤肥力试验展望

10年前,作者在介绍国外长期肥料试验的文章^[1]中曾提到以下两点展望:①对现存的长期试验,将在保留原有设计内容的基础上增设新的试验内容,以适应人们对知识探求和生产发展的需要;②设计新的长期试验,试验内容可能更重视多因素、综合、甚至达到生态系统一级水平。现在看来,这一认识有着明显的局限,以下发展趋势或许同样会引起广泛的重视。

1. 长期土壤肥力试验信息的深入开发 每一个历史悠久的长期试验都是一个巨大的信息库,这隐藏着无穷的科学真谛有待人们去开发和认识。大抵是囿于专业知识的局限,迄今对于长期试验所拥有信息的利用和开发极为有限,大多停留在利用它一些最表面、最直观的信息水平上。因此,就这一状态而言,重要的不是设计、布置更多新的长期试验,而是深入研究和开发长期试验所包蓄的各种信息,用以研究和回答更广泛、更深入的科学问题。

2. 长期土壤肥力试验跨区域的联网研究 任何一个地点的长期试验所给出的信息(试验结果)代表了试验所在地区特定环境条件下的某些科学规律。而未必适用于解释环境条件迥然不同的其他地区。实现长期土壤肥力试验跨区域联网,将使试验所得出的结论突破区域局限,从而有能力揭示更广泛、更普遍的科学规律。于是,长期试验所拥有信息的价值和科学意义也成将倍地增长。

实现长期试验联网研究需要统一的试验设计、观测研究方法、数据管理等技术规范,这是十分难以做到的。中国科学院于1988年起动的《中国生态系统研究站网》(CERN)计划^[2],其中包括了一批长期试验的联网观测研究,迄今已运行若干年。这是一个良好的开端,不过要长期下去并充分展示它的科学价值,尚需克服今后面临的重重困难。

参 考 文 献

- [1] 沈善敏,1984: 国外长期肥料试验。土壤通报2,3,4期。
- [2] 沈善敏,1992: 《中国生态系统研究站网》的设计思想。资源生态环境网络研究动态! 2期1-7。
- [3] Bouwman, A. F., 1990: Soils and the greenhouse effect. John Wiley and Sons, New York.
- [4] Garner, H. V. and G. V. Dyke, 1969: The Broadbalk yields. Rothamsted Report for 1968. Part 2: 26-49.
- [5] Glendinning, M. J. and D. S. Powelson, 1990: 130 years of inorganic nitrogen fertilizer application to the Broadbalk wheat experiment: The effect on soil organic nitrogen. Transation of 14th ICSS. Vol. IV: 9-13.
- [6] Jenkinson, D. S. and A. E. Johnston, 1977: Soil organic matter in the Hoosfield continuous barley experiment. Rothamsted Report for 1976, part 2: 8-101.
- [7] Jenkinson, D. S. and J. H. Rayner, 1977: The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. soil science. 123(5): 298-305.
- [8] Johnston, A. E. 1969: Plant nutrients in Broadbalk soils. Rothamsted Report for 1968, part 2: 93-115.
- [9] Juo, A. 1990: Long-term soil fertility experiments-An overview. Transation of 14th ICSS. Vol. IV: 5-8
- [10] Macdonald, A. J., D. S. Powelson, P. R. Poulton and D. S. Jenkinson, 1989: Unused fertilizer nitrogen in arable soils-its contribution to nitrate leaching. J. Sci. Food Agric., 46: 407-419.
- [11] Macdonald, A. J., P. R. Poulton and D. S. Powelson, 1990: Sources of nitrate leaching from arable soil to aquifers. in (Merckx, R. etc. edited) Fertilization and the Environment. P. 282-288. Leuven University press.
- [12] Shen, S. M., P. B. S. Hart, D. S. Powelson and D. S. Jenkinson, 1989: The nitrogen cycle in the Broadbalk wheat experiment: 15N-Labelled fertilizer residues in the soil and in the soil microbial biomass. Soil Biol. Biochem., 21 (4) 529-533.
- [13] Suzuki, M., K. Kamekawa, etc. 1990: Effect of continuous application of organic or inorganic fertilizer for sixty

years on soil fertility and rice yield in paddy field. Transaction of 14th ICSS, Vol. IV: 14-19.

- [14] Wang, Z., R. D. Delaune, C. W. Lindau and W. H. Patrick Jr. 1992: Methane production from anaerobic soil amended with rice straw and nitrogen fertilizers. *Fertilizer Research*, 33: 115-121.
- [15] Yagi, K., K. Minami, etc., 1990: Emission and production of Methane from paddy fields. Transaction of 14th ICSS, Vol. II: 238-243.

THE SCIENTIFIC VALUE OF LONG-TERM SOIL FERTILITY EXPERIMENT

Shen Shanmin

(*Institute of Applied Ecology CAS, 110015*)

summary

A long-term soil fertility experiment normally covers a period of long time, so it can be widely used for the researches regarding to many disciplines such as agronomy, soil science, biology, ecology, meteorology and environment sciences. A field experiment lasted more than one hundred years must have recorded a great deal of information about human activity and environment change, thus it should be the human treasure with great scientific value. One of the research tasks for the long-term field experiment is to deeply exploit it's information for scientific purpose.

Key Words Long-term soil fertility experiment, Scientific value