

根区施肥——提高肥料养分利用率和减少面源污染的关键和必需措施^①

王火焰, 周健民

(土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

摘要:如何提高肥料利用率是当前农业发展和环境保护迫切需要解决的问题。本文对多种提高肥料利用率的方法进行了简评,对我国肥料养分利用率低的原因进行了分析。认为肥料向环境的迁移损失是肥料养分低效的根本原因,而土壤对肥料养分的吸附固定总体上不会导致肥料养分利用率下降。肥料养分当季利用率低主要因大部分肥料养分分布于根系不能高效吸收的土体范围而致。根据土壤中肥料养分迁移扩散能力有限、作物根系高效吸收养分的土体范围有限以及养分供应浓度(强度)直接决定养分吸收效率等研究结论,本文论述了根区施肥是未来大幅度提高肥料当季利用率的必然和关键措施。并对根区施肥进行了定义,提出了根区施肥的适用条件和未来需要研究的科学问题。

关键词: 肥料利用率; 施肥技术; 根区施肥; 养分高效

中图分类号: S143

肥料在农业生产中的作用极其重要,然而大量肥料的施用,在提高农作物产量的同时,也因其利用率有限带来了严重的环境问题。提高肥料养分利用率既是粮食持续高产的需要,也是节约肥料资源、减轻农田面源污染和实现农业可持续发展的迫切需求。长期以来,众多土壤肥料、环境保护工作者都在努力寻找提高肥料利用率的有效方法和途径。但目前为止,我国的肥料利用率仍然没有得到显著的提升,其主要原因是什么?我们是否能够找到肥料利用率提升的关键限制因子,寻找新的突破口来实现肥料利用率的真正有效提升?本文对近些年肥料养分转化和利用方面的部分研究结果进行了分析,对肥料利用率方面的有关问题进行了探讨,期望有助于推动我国肥料利用率提升机理基础研究的深入和关键技术的发展应用。

1 当前提高肥料养分利用率的多种措施简述

前人研究已经清楚地表明,适当的肥料品种、施肥用量、施肥时间和施肥位点,即4R技术,是提高肥料利用率的4个关键点。

肥料品种的选择需要考虑肥料形态、性能与作物的喜好是否对应,与土壤特性和气候条件是否适应,

不同肥料品种之间的搭配是否适宜等等。实际应用中肥料价格、市场供应状况、施用技术等方面也是影响肥料品种选择的重要因素。肥料品种影响肥料利用率则主要与肥料养分在土壤中的迁移、转化和释放特性有关,其中合适的释放性能又是决定肥料利用率的关键因素。有机肥与化肥养分释放特性不同,多种情况下有机肥替代部分化肥较纯化肥能增产提质,即与其较缓的养分释放和转化特性有关。目前多数有机肥中的养分释放特征仍不是十分清楚,其肥料利用率也是一个尚待明确的问题。缓控释肥可有效提高肥料利用率,但我国的缓控释肥发展目前还处于起步阶段。好的缓控释肥需要满足以下要求:对于生育期仅几个月的多数作物,后期不再追施肥料;释放性能适当且可调,材料绿色环保,无残留公害;价格合理。缓控释肥价格显著高于普通肥料,但由于能够代替后期追肥,可以节省追肥的人工费。如果用量较少,且仅为氮肥缓控释,即使价格高于普通肥料多倍,缓控释肥将来在大田作物也有广泛应用的潜力。

施肥用量是目前公认的影响肥料利用率的最主要因素。众多的研究表明,避免过量施肥可以显著提高肥料利用率^[1-3]。依据报酬递减律,过量施用的肥料既不一定增产,难以被作物吸收,也更容易被损失

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2013CB127401)、公益性行业(农业)科研专项经费项目(201203013)、国家自然科学基金项目(41271309)和IPNI项目资助。

作者简介:王火焰(1971—),男,安徽怀宁人,博士,研究员,主要从事养分高效利用机理与调控措施方面的研究。E-mail: hywang@issas.ac.cn

掉。为确定合适的施肥用量,人们开展了大量的研究,目前国家大力推动的测土配方施肥工程其主要目标就是要明确适宜的肥料用量。确定肥料用量需要考虑作物养分的需求量、肥料利用率、土壤基础肥力以及施肥的目标等等。其中施肥目标对肥料用量起着决定性的作用。以节约肥料的施肥目标而言,测土配方施肥结合田间肥料效应试验的结果,可以给出比较经济有效的肥料推荐量。但这样的用量如果不能维持土壤养分的盈亏平衡,其施肥量就不具可持续性,需要每季进行调整。以培肥地力和增产为施肥目标时,施肥量需要高于经济有效的肥料施用量,以促进土壤肥力的提升。生产实践中,测土配方施肥得出的施肥量,不应只满足于某一季肥料量的减少,而需要同时考虑保持土壤肥力的长期目标。正因如此,如果我们知道何种施肥量能保证相应产量下土壤肥力能持续平衡,精确测土施肥就不那么重要了。对于主要大田作物的氮磷钾肥用量,测土配方施肥作用是有限的。例如,氮肥的合理用量多数情况下不是靠测土的结果来确定的,而是依靠田间肥料用量效应试验的结果,以及长期数据提供的区域适宜施氮量、作物目标产量等来确定的^[4]。磷钾肥的用量多数情况下也不需要测土施肥,一方面是因为目前测土施肥的数据多数只具有定性的作用,即能够大致确定是否需要施用肥料,而施用肥料的多少,主要还是依靠肥料效应田间试验的结果来确定。另一方面还有一些更简单的方法来大致确定磷钾肥的用量,即对于大田作物而言,在不能明确多施肥可显著增产的条件下,大致能够维持土壤磷钾盈亏平衡的施肥量就可以作为该区域的长期推荐施肥量。由于氮磷钾肥对于大多数作物而言,相当于人类的主食,其用量范围大致已经明确,其最终经济有效的用量必然会与农田养分平衡的目标相一致,并且主要受区域氮的损失率、磷钾向水体迁移率的影响。未来测土配方施肥,其工作重点应更加关注中微量元素。大量氮磷钾肥的施用,使得土壤中的中微量元素耗竭加剧,是否需要补充,需要补充多少,还需要依赖测土施肥和肥效试验来给出正确的答案。就提高肥料利用率而言,仅凭合适的肥料用量其作用也是有限的。

施肥时间是决定肥料利用率的另一关键因素。除基肥外,施肥时间主要是考虑追肥的时间和用量。对于多种作物,适期追肥已是提高作物产量的必需措施之一。但受人力成本、操作可行性以及方法不当造成肥料利用率不高等多种因素的影响,施肥时间的优化在实践中有时难以全面考虑。关于施肥时间的优化研究,近几年已有显著进展。一些研究表明,对于小麦、

玉米等生育期较长的作物而言,减少基施氮肥的比例,将氮肥施用期适当“后移”可以显著提高氮肥利用率^[5]。水稻氮肥施用时间方面也有类似的效果^[6-7]。随着缓控释肥的开发应用,以及施肥技术的改进,一次施肥满足大田作物全生育期养分需求将是未来施肥技术的发展方向之一。

施肥位点对于提高肥料利用率的作用是不言而喻的。这种施肥位点既可以是尺度稍大的田块位点,也可以是尺度较小的耕层位置。不同田块如何合理施肥是当前测土施肥和精准施肥的目标。而在耕层中如何选择最佳的施肥位置,目前还没有受到充分的重视。尽管一些研究已经证实肥料深施、穴施或条施均可以不同程度提高肥料利用率^[8-11],但施肥位置对于肥料利用率的提升到底还能有多大的潜力和空间,目前并不十分清楚。

2 肥料养分利用率低的原因分析

肥料养分利用率低的原因是多方面的,这与肥料施入土壤后的一系列迁移转化和被植物吸收利用的过程密切相关。一般认为土壤对肥料养分的固定是肥料利用率低的一个重要原因,这种结论在局部和短期(如一季)的肥效试验中很容易得到证实。但从综合和长期的角度来看,土壤对肥料的吸附和固定作用,更多是增加肥料利用率而不是导致其下降。与不能固定养分的砂子相比,土壤正因为其能“固定”一些养分才变得肥沃。一些肥料养分在砂质土中更容易损失,即与砂质土固定养分能力较差有关。与磷钾肥相比,氮肥在土壤中的固定吸附作用最弱,因而氮肥也较磷钾肥更容易损失。这些都间接说明土壤吸附固定养分的能力与其保肥能力密切相关,所以土壤对养分的“固定”是有利于肥料利用率的提高的。众多的研究表明,一些肥料的后效较长,这主要也是由于土壤对肥料养分的吸附固定后再释放所致。因而被土壤固定的肥料养分,由于没有真正地损失掉,不应被列入损失或无效的范畴。我们团队对养分迁移转化的结果也表明,人们通常认为缓效的缓效态钾,以及有效性很低的二钙磷、八钙磷、铁磷和铝磷,对作物的有效性其实很高,根际这些“缓效”的土壤养分其有效性甚至要高于离根系较远处土壤中的水溶性养分。一些土壤养分有效性测定方法,也只有提取了部分这些易被植物吸收利用的“缓效”态养分才能真正并较好地反映土壤中养分的生物有效性^[12]。当前测土施肥所采用的标准方法因其没有真正包括这些有效的“缓效态”养分,其数值不能准确

反映土壤真正的养分供应能力,也影响了测土施肥结果的解读和应用。

可以说肥料损失才是肥料养分低效的真正原因。肥料的损失途径、损失量与肥料形态、肥料迁移转化特性、土壤特性、土壤保肥供肥能力、不同区域的降雨和气候因素以及灌溉等人为因素密切相关。其中氮肥的损失途径复杂多样,磷钾肥则以径流和淋溶为主。提高肥料利用率应根据肥料养分的损失率(或损失强度)来确定土壤需要保持的肥力水平,并采取相应的施肥策略。周年磷钾肥淋溶和径流较低的区域,秸秆能够还田的情况下,土壤磷钾肥力可以维持较高的水平,养分充足的条件下,磷钾肥施用量能保持土壤养分盈亏平衡即可;秸秆不能还田的情况下,则要避免秸秆对养分的奢侈吸收造成肥料养分的浪费,因而需要在明确磷钾肥施用与养分奢侈吸收关系的基础上,控制磷钾肥用量达到经济有效的目的。对于淋溶和径流显著的区域,磷钾肥施用量需要考虑土壤磷钾肥力应能维持的适当水平,综合肥料利用率及经济效益来确定施肥量,并尽可能采取各种提高肥料利用率的措施来节肥增产。对于氮肥,因其在土壤中不能长期留存,施入土壤后即使不种植作物,在一定的时间内也会损失掉,因而总需要采取多种措施来促进肥料被植物吸收,并减少损失。

肥料养分低效的另一个原因是肥料养分施入土壤后不能被植物及时吸收利用。植物吸收养分的曲线和通常的肥料养分供应曲线如图 1 所示。

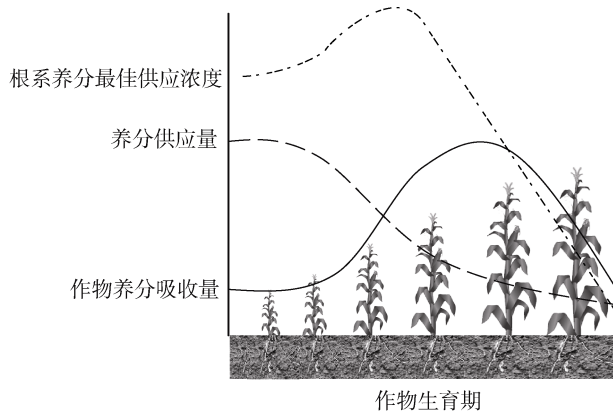


图 1 常见作物养分吸收量、土壤养分供应量及可能的根系养分供应最佳浓度曲线

Fig. 1 The common curves describing crop nutrients uptake, soil nutrients supply and estimated optimal nutrients concentration for crop root uptake at different growing stages

苗期植物生长量少,需要养分的总量非常有限,随着生育期的推进,一般在营养生长的旺盛期才是养分的吸收高峰期。养分吸收高峰期前施入土壤中的肥料因没有被植物吸收,存在损失的风险。因而高效的

施肥措施希望肥料施用的时间也能与作物吸肥的时间匹配。但是作物对养分供应浓度(或强度)的需求与总量明显不同(图 1)。由此我们推测作物苗期由于根系不发达,根系吸收养分的能力有限,可能需要较高浓度的养分供应才能满足生长要求,就象婴儿吃得不多,但需要吃高强度容易吸收的营养一样。生产实践中基肥少了容易减产,多了容易损失也是肥料养分低效的重要原因。

导致肥料养分不能被植物充分吸收的另一个重要原因是肥料撒施或混施后,相当部分肥料养分分布于离根较远、养分运移到根系效率很低的土体,这直接制约了肥料养分被当季植物的吸收利用。其原因是作物根系吸收的养分不可能也不必要由所有的耕层土壤来提供。大多数农作物根际土壤占农田土壤总体积的比例较低,根系吸收的养分主要来自根际周围的土体。一些文献中根际土壤中养分的显著耗竭,以及根际土壤中的缓效态养分对当季作物的有效性甚至是高于远离根际土壤中的水溶性养分的结论都能够说明这一点^[12-14]。另外许多作物的种植密度主要是取决于光照,而土壤的体积通常是过量的,并不会成为限制因素,瘦土密播(充分利用土壤中的养分)、肥土稀播(养分充分,不是产量的限制因子)即是这一规律的充分体现。许多提高养分利用率的研究表明,作物根系在土壤中的空间分布直接影响着植物对土壤养分的吸收,根系形态对于作物的肥水高效利用起决定性作用^[15-16]。通常养分高效吸收的作物,其根系具有较高的根密度、较大的总吸收面积及活跃吸收面积^[17],这些都充分说明,作物根系吸收的养分仅来自根系周围有限的土体。

另外各种肥料养分在土壤中迁移能力有限也是作物根系不能有效利用所有耕层土壤中养分的原因。由于土壤组分对养分的吸附固定作用,肥料养分的迁移受浓度梯度、水分、温度以及迁移距离等多种因素的影响,最终能有效到达根表的比例是有限的。这一结论有大量的养分迁移的研究结果来支撑^[18-20]。我们的研究表明,磷酸二氢钙由肥际向非肥际的扩散即使是在淹水的条件下,也不超过 3 cm,氮、钾肥由肥际向非肥际的扩散也多数在 3~6 cm 以内^[5]。在肥料撒、混施条件下,肥料的浓度较低,其扩散的距离可能更短。

综上所述,肥料养分的低效是由于常规施肥措施条件下,土壤中肥料养分的供应空间、时间、浓度和用量无法与作物需求完全匹配,没有被植物完全吸收,并最终因径流、淋溶或气态损失离开耕层土壤而致。

3 根区施肥的重要性和必要性

为实现肥料养分的高效利用,根区施肥是最终的必由之路。根区施肥是将适当用量和释放性能的肥料通过一定的施用技术施到植物活性根系分布区域,使肥料养分扩散的动态范围与根系伸展的动态范围达到最佳匹配的施肥模式。其核心是养分供应的浓度(强度)、用量、空间和时间与植株养分需求高度匹配。根区是养分供应的核心区域,非根区为辅助养分供应区和肥料养分拦截区,因而可将肥料损失降到最低。

根区施肥的理念,是将肥料施用位置的重要性放在肥料 4R 技术的第一位,力争施入的肥料养分方便、高效地被植物根系吸收,这是提高肥料当季利用率的关键所在。仅靠常规的施肥措施,如优化肥料品种、肥料用量和施肥时间等,可以将肥料利用率由 30% 提高到 40%~50%,但进一步提高肥料利用率则必须要采用根区施肥的技术。最新的研究结果表明,即使是在固磷能力很强的红壤中,通过改变施肥方式实现肥际扩展空间与根区空间的吻合,可以实现水稻磷肥当季表观利用率达到 100%^[21],并且该处理的产量最高。田间条件下,通过施肥位置的改变,水稻一次性施用大颗粒尿素,氮肥表观利用率可由 40% 上升到 60%,如果配合缓控释肥,肥料利用率还能进一步提高^[21]。

根区施肥对于我国的农业发展尤其必要。我国人多地少,土壤利用强度大,作物产量较高的条件下,作物吸收的养分主要依靠肥料养分的投入,依靠土壤缓慢释放补充的养分比例较低。高产条件下肥料施用量也会相对较高,这更需要提高肥料利用率来减轻肥料损失对环境造成的危害,并最终实现农业的可持续发展。根区施肥对于减轻肥料造成的面源污染极其有效,非施肥土壤都是肥料养分向环境扩散迁移的拦截体,将肥料施用不当造成的农业面源污染问题在农田土壤内部原位解决,这为农业面源污染的治理提供了新的思路和途径。

根区施肥对作物产量的进一步提升还有独特的作用,一方面,我国的大田作物在肥料养分施得更高的情况下,多数土壤种植作物仍有进一步增产的潜力,而采用常规施肥方法,这样的施肥量显然不一定经济,也不环保。采用根区施肥技术可在施肥量不增加的条件下,使根区养分供应浓度显著提高,从而实现足量供应作物最佳生长所需要的养分量,并获得养分供应不受限制时的作物产量。另一方面,由于作物养分的供应在养分吸收的各个关键时期都是总量和浓度两方面充足满足,作物根系生长量会减少,即根

冠比下降,这样有利于碳水化合物在地上部的积累,为作物地上部的高产提供了另一种机制。

鉴于根区施肥可实现肥料资源节约、环境友好和作物高产等多个目标,其重要性和必要性不言而喻。

4 未来需要解决的问题

根区施肥是未来高效施肥技术的发展方向。根区施肥技术最适用于以下情况:迫切需要提高肥料当季利用率、养分损失严重的土壤;土壤基础肥力过高,施肥仍增产或仍需要增产的土壤;土壤利用强度高(高产高强度),作物养分供应主要来自于肥料的土壤;根系养分吸收能力差,又需要大量肥料才能高产的作物,以及行株距较大的作物等等。当土壤养分径流淋溶损失不严重、作物产量和土壤肥力均较高、施肥以保持土壤养分盈亏平衡为目标时,根区施肥的作用相对较小。另外对于密集撒播、根系密集分布于耕层的作物,根区施肥与常规混施的差异也较小。由于根区施肥能大幅度提高肥料利用率,将可能导致土壤肥力的耗竭和下降,如肥料养分表观利用率达到 100% 时,作物吸收的养分量等于施入的肥料养分和对照处理吸收的养分量的总和。土壤肥力下降有助于减轻面源污染,但与农业生产中追求的培肥地力和藏肥于土的目标相悖。根区施肥条件下,不同区域土壤肥力需要保持在何种水平也是未来需要研究的问题。

根区施肥的作用在当前生产实践中已有不同程度的体现。适当深施、穴施或条施可显著提高肥料利用率^[8-11, 22],滴灌施肥和营养钵育苗移栽等措施也是节肥促效的有效手段^[23-25]。这些施肥措施提高肥料利用率的原因主要是不同程度上实现了根区施肥。由于目前人们对根区施肥的原理和最佳模式还不清楚,这些措施显然不一定是最佳的根区施肥模式,其提升肥料利用率的效果也主要取决于该措施与最佳根区施肥模式的近似程度。

怎样才是最理想的根区施肥模式?如何实现?针对特定的土壤-作物系统,目前还没人能准确回答这些问题,需要未来更多的研究来探讨其中的规律。

弄清理想的根区施肥模式需要明确以下一系列问题:作物不同时期根系吸收养分的最佳养分浓度(强度)范围是多少?养分供应的最佳土体范围是多少?弹性空间有多大?施肥量、施肥位点变化后养分在土壤中扩散分布的特征如何?主要受哪些因素影响?不同养分施肥量和施肥位点、混土比例如何影响植物根系的生长、根构型和养分吸收效率?不同生育时期养分供应充足程度与作物最终产量和农产品品

质之间的关系如何？这些问题的回答都需要开展一系列的基础研究。而后才能在此基础上获得因作物、土壤和水热条件而异的特定土壤-作物系统理想的根区施肥技术参数。理想的根区施肥技术参数需要明确施肥量一定的条件下，采用哪些肥料品种及比例、施到什么部位、混土比例如何、允许多大范围误差等一系列问题，并在此基础上通过施肥机械的创新来实现。

总之，根区施肥技术的实现，既需要在明确根区施肥基本原理，如肥际养分运移原理、作物最佳供肥原理、肥根互作原理等的基础上获得技术参数，又需要筛选和研制合适性能的缓控释肥料，获得多种肥料搭配合理的复混肥配方，并通过施肥机械的精细操作来实现。根区施肥是精准、精确、高效施肥的最佳途径和理想目标，但还需要更多的研究来推动根区施肥理论的完善和应用技术的创新。相信在不久的将来，根区施肥技术将会在实现肥料养分资源高效利用、生态环境保护和粮食高产目标的实践中得到充分的论证，并发挥巨大的作用。

参考文献：

- [1] 吴兰云, 徐茂林. 优化施肥对小麦品质和产量的效应[J]. 土壤肥料, 2003(4): 11-15
- [2] 李静. 水稻高产优化施肥的模拟研究[J]. 江苏农业科学, 2010(3): 76-79
- [3] 赵营, 周涛, 郭鑫年, 梁锦秀, 吴霞, 冀宏杰, 张维理. 优化施肥对春小麦产量、氮素利用及氮平衡的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 2(6): 119-124
- [4] 朱兆良, 金继运. 保障我国粮食安全的肥料问题[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(2): 259-273
- [5] 何萍, 金济运著. 集约化农田节肥增效理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2012
- [6] 郁燕, 彭显龙, 刘元英, 张慧, 陈丽楠. 前氮后移对寒地水稻根系吸收能力的影响[J]. 土壤, 2011, 43(4): 548-553
- [7] 张慧, 彭显龙, 刘元英, 郁燕, 陈丽楠. 前氮后移对寒地水稻群体质量的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 402-406
- [8] 高凤菊, 吕金岭. 尿素深施对小麦产量及氮肥利用率的影响[J]. 山东农业科学, 2006(3): 48-49
- [9] 吕殿青, 高华, 方日尧, 谷洁, 李旭晖. 渭北旱塬冬小麦产区提前深耕一次深施肥料的肥水效应与理论分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 269-275
- [10] 郭立, 梁天锋, 唐茂艳, 何礼健, 李如平, 杨为芳, 夏瑜, 江立庚. 不同施肥和耕作方式下强化栽培水稻的生长与氮素利用[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 185-188
- [11] 王川, 林治安, 李絮花. 施肥方式对夏玉米产量和养分吸收利用的影响[J]. 湖南农业科学, 2011(3): 36-37
- [12] Wang HY, Sun HX, Zhou JM, Cheng W, Du CW, Chen XQ. Evaluating plant-available potassium in different soils using a modified sodium tetraphenylboron method[J]. Soil Science, 2010, 175(11): 544-551
- [13] 王宇蕴, 任家兵, 郑毅, 汤利. 间作小麦根际和土体磷养分的动态变化[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(6): 850-853
- [14] 曾祥福, 欧阳西荣. 作物根际养分的影响因子及对作物生长发育的影响[J]. 作物学报, 2011, 5(2): 414-419
- [15] Coutts MP. Root architecture and tree stability[J]. Plant Soil, 1983, 71: 171-188
- [16] Lynch J. Root architecture and plant productivity[J]. Plant Physiology, 1995, 109: 7-13
- [17] 程建峰, 戴延波, 荆奇, 姜东, 潘晓云, 曹卫星. 不同水稻基因型的根系形态生理特性与高效氮素吸收[J]. 土壤学报, 2007, 44(2): 266-272
- [18] 杨林章, 孙波, 刘健. 农田生态系统养分迁移转化与优化管理研究[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 441-445
- [19] 王益, 刘军, 王益权. 黄土高原土壤物理性质对养分迁移速率的影响[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 20-23
- [20] 颜廷梅, 杨林章, 单艳红. 稻田土壤养分的迁移规律及其环境风险[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1 189-1 193
- [21] 刘代欢. 小麦水稻氮磷肥减施途径研究(博士后出站报告)[R]. 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2011
- [22] 刘敏超, 曾长立, 王兴仁, 张福锁. 氮肥施用对冬小麦氮肥利用率及土壤剖面硝态氮含量动态分布的影响[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(5): 309-312
- [23] 黄丽华, 沈根祥, 顾海蓉, 钱晓雍, 施兴荣, Gullino ML. 肥水管理方式对蔬菜田 N₂O 释放影响的模拟研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(6): 1 319-1 324
- [24] 高丽红, 郭世荣, 李式军. 绿色环保高效的设施蔬菜土壤滴灌施肥体系[J]. 长江蔬菜, 2012(12): 5-10
- [25] 张喜林, 吴永英, 周宝库. 营养钵育苗移栽对玉米增产效果的影响[J]. 玉米科学, 2002, 10(2): 69-70

Root-zone Fertilization——A Key and Necessary Approach to Improve Fertilizer Use Efficiency and Reduce Non-point Source Pollution from the Cropland

WANG Huo-yan, ZHOU Jian-min

*(State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences),
Nanjing 210008, China)*

Abstract: How to increase fertilizer use efficiency (FUE) has been an urgent problem still unsolved for agriculture development and environment protection. In this paper, the common approaches to improve FUE were briefly reviewed, and the main reasons for the lower FUE in China were discussed. The loss of nutrients from the cropland is the basic course lead to low FUE, while adsorption or fixation of nutrients in soil is not the main reason for the low FUE. From the aspect of nutrients uptake, the large portion of nutrients distributed in the bulk soil could not be assimilated efficiently by crop roots explains the fundament of the low FUE. Based on the limited movement and diffusion of the nutrients in soil, the limited soil volume from which crop root could absorb nutrients efficiently, and the concentration of the nutrients determined nutrients uptake efficiency by roots, the root-zone fertilization technique was proposed as the key and indispensable approach for the high NUE in future. The definition of root-zone fertilization technique, where this technique is suitable, and what scientific fundaments need to be revealed in future were also discussed in this paper.

Key words: Fertilizer use efficiency, Fertilization technique, Root-zone fertilization, Efficient utilization of nutrients