

潮土区麦田土壤有效钾施肥指标及施钾量研究

孙克刚¹, 和爱玲¹, 金修宽², 李向东³, 胡颖¹, 祝秀花¹, 赵丽君¹

(1. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002; 2. 河南农业大学 资源与环境学院, 河南 郑州 450002; 3. 河南省农业科学院 小麦研究中心, 河南 郑州 450002)

摘要: 采用 ASI 法测定潮土区麦田土壤有效钾含量, 按照缺钾素处理小麦产量占平衡施肥处理小麦产量的百分数即相对产量 $<50\%$ 、 $50\% \sim 75\%$ 、 $75\% \sim 95\%$ 和 $>95\%$ 时分别对应的土壤有效钾含量为极低、低、中和高的标准, 建立了土壤有效钾丰缺指标, 并据此提出推荐施钾量, 为潮土区当前生产条件下冬小麦测土配方施肥技术的推广提供理论依据。结果表明, 潮土区土壤有效钾临界指标: 有效钾含量 $<48.4 \text{ mg/L}$ 为极低, 介于 $48.4 \sim 78.2 \text{ mg/L}$ 为低, 介于 $78.2 \sim 114.8 \text{ mg/L}$ 为中, $>114.8 \text{ mg/L}$ 为高。根据此麦田土壤有效钾丰缺指标提出的推荐施钾量为: 土壤有效钾含量 $<48.4 \text{ mg/L}$ 时, 推荐施钾量为 150 kg/hm^2 ; 有效钾含量在 $48.4 \sim 78.2 \text{ mg/L}$ 时, 推荐施钾量为 120 kg/hm^2 ; 有效钾含量在 $78.2 \sim 114.8 \text{ mg/L}$ 时, 推荐施钾量为 90 kg/hm^2 ; 有效钾含量 $>114.8 \text{ mg/L}$ 时, 推荐施钾量为 45 kg/hm^2 。

关键词: 小麦; ASI 方法; 土壤有效钾; 潮土; 丰缺指标

中图分类号: S143.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0067-04

Abundance and Deficiency Indices of Soil Available K for Wheat and Fertilization Recommendation in Fluvo-aquic Soils Based on ASI Method

SUN Ke-gang¹, HE Ai-ling¹, JIN Xiu-kuan², LI Xiang-dong³, HU Ying¹,
ZHU Xiu-hua¹, ZHAO Li-jun¹

(1. Institute of Plant Nutrition, Agricultural Resources and Environmental Science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

3. Wheat Research Center, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Field experiments on fertilizer efficiency of winter wheat were carried out to provide theoretic support for wheat production of formula fertilization by soil testing in fluvo-aquic soils. This study used ASI (agro service international) method to test soil samples and calibrate ASI soil test according to the typical response categories (50% , 75% , 95% of relative yield to soil nutrient values) to establish the abundance and deficiency indices of soil available K for wheat in fluvo-aquic soils. The very low, low, medium, and high index for soil available K were $<48.4 \text{ mg/L}$, $48.4 \sim 78.2 \text{ mg/L}$, $78.2 \sim 114.8 \text{ mg/L}$, $>114.8 \text{ mg/L}$, respectively, and the corresponding fertilizer rates recommended were 150 kg/ha , 120 kg/ha , 90 kg/ha , 45 kg/ha , respectively.

Key words: wheat; ASI method; soil available K; fluvo-aquic soil; abundance and deficiency indices

收稿日期: 2012-07-06

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD16B07, 2012BAD04B07-3, 2013BAD07B07); 农业部行业专项(201303103); 河南省省院科技合作专项(122106000035)

作者简介: 孙克刚(1965-), 男, 河南固始人, 研究员, 硕士, 主要从事植物营养和精准农业养分管理与施肥研究。

E-mail: kgsun@ipni. ac. cn

河南省土壤类型主要有潮土、褐土、黄褐土、砂姜黑土、水稻土等,其中潮土是河南省面积最大、分布最广的一个土壤类型,其面积为 357.27 万 hm^2 , 占全省土壤总面积的 25.97%,其耕地面积为 332.71 万 hm^2 ,占全省总耕地面积的 37.14%^[1]。河南省是全国小麦主要生产区,小麦播种面积为 521.33 万 hm^2 ,小麦产量占全国的 25%以上。但小麦生产成本较高,全省化肥纯用量为 570.66 万 t,其中氮肥纯用量为 239.96 万 t,磷肥为 110.09 万 t,钾肥为 55.45 万 t^[1]。

为进一步提高小麦产量和品质、降低生产成本,采用测土配方施肥尤为重要^[2-4]。全世界一直在开展土壤养分丰缺和推荐施肥量方面的研究,美国各州都建立了土壤养分丰缺和推荐施肥指标体系,通过土壤、植物测试为农场提供施肥配方。艾奥瓦州立大学编制了《艾奥瓦州作物养分与石灰施用推荐指南》,规定了土壤样品采集、分析方法,建立了一套比较完整的测土配方施肥体系。土壤养分检测是测

土配方施肥的重要环节,传统的检测技术具有分析慢、分析结果不及时、测定成本高等缺点,而 ASI 法即土壤养分状况系统研究法,采用联合浸提剂配合批量化测定的仪器设备,具有批量处理样品、测定过程快速高效、自动采集与处理分析数据及程序化推荐施肥等优点^[5-16]。ASI 法速度快,可批量测试,适用土壤类型范围广,各土壤测定值间的变幅较宽,便于养分水平分级和施肥量的确立。目前关于潮土区麦田土壤有效钾丰缺指标的研究较少,用 ASI 法研究的更少。鉴于此,采用 ASI 法测定潮土麦田土壤有效钾含量,建立土壤有效钾丰缺指标,并据此提出钾肥推荐量,为当前河南省潮土区平衡施肥提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

田间试验在河南省新乡潮土区进行,土壤养分状况见表 1。供试小麦品种为郑麦 366。

表 1 麦田土壤养分状况

mg/L

项目	pH	NH_4^+	NO_3^-	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
最大值	9.0	24.0	115.5	87.4	223.0	89.4	160.5	4.5	168.3	7.7	3.3
最小值	5.3	0.6	1.3	3.2	25.9	9.0	4.8	0.3	3.4	0.4	0.3
平均值	7.7	7.0	20.8	24.4	82.9	27.1	33.6	2.0	29.7	1.4	1.1

1.2 方法

1.2.1 试验设计 分别在土壤肥力为低、中和高的潮土区域各选取 22 个试验点,设平衡施肥即氮(N 为 46%) 225 kg/hm^2 、磷(P_2O_5 为 10%) 120 kg/hm^2 、钾(K_2O 60%) 150 kg/hm^2 (简称 $\text{N}_{225}\text{P}_{120}\text{K}_{150}$) 和缺钾素 ($\text{N}_{225}\text{P}_{120}$) 2 个处理,小区面积为 30 m^2 ,重复 3 次,随机区组排列。钾肥用加拿大产氯化钾。40%的氮肥、100%的磷肥和 100%的钾肥作为基肥在小麦播种前施入,60%的氮肥在小麦拔节前追施。各小区单打单收,小麦籽粒产量为各小区实收产量。田间管理按丰产田要求进行,并记载生物学性状。

1.2.2 土壤的采集与分析 在前茬作物收获后、小麦基肥施用前,采用“棋盘法”布点采集 0~20 cm 耕层土壤,送往中国农业科学院中一加实验室测定。对土壤有效钾含量的测定采用 ASI 联合浸提剂(0.25 mol/L NaHCO_3 、0.01 mol/L EDTA、0.01 mol/L NH_4F),用原子吸收分光光度计测定钾含量^[17-18]。

1.2.3 土壤有效钾丰缺指标的确定 根据籽粒产量与土壤有效钾含量的关系,建立土壤有效钾丰缺

指标。具体方法为,利用缺钾素处理(NP)产量占平衡施肥处理(NPK)产量的百分数即相对产量与土壤有效钾测定值的关系作散点图,选择对数方程拟合冬小麦相对产量与土壤有效钾测定值之间的关系。按照小麦相对产量<50%的土壤有效钾测定值定为极低,50%~75%为低,75%~95%为中,>95%为高的标准来确定土壤有效钾丰缺指标。

2 结果与分析

2.1 潮土区麦田土壤有效钾丰缺指标的确定

用对数方程拟合相对产量(y)与土壤有效钾含量(x)之间的关系,结果显示(图 1),两者呈极显著正相关关系,其关系可用 $y = 52.108 \ln x - 152.18$ ($R^2 = 0.7978, n = 66$) 表达。以小麦相对产量<50%、50%~75%、75%~95%、>95%为标准,根据方程计算土壤有效钾的临界指标:有效钾含量<48.4 mg/L为极低,介于 48.4~78.2 mg/L 为低,介于 78.2~114.8 mg/L 为中,>114.8 mg/L 为高。

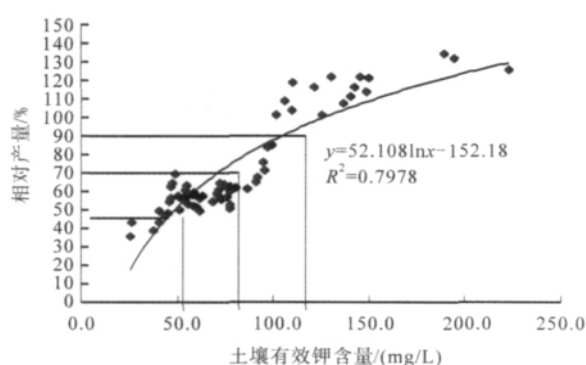


图1 麦田土壤有效钾含量与相对产量的关系

2.2 潮土区麦田土壤有效钾的丰缺状况

由表2可以看出,66个试验地块中,土壤有效钾含量极低的有3个,低的有39个,中的有16个,高的有8个,分别占总样本数的4.5%、59.1%、24.2%和12.1%。土壤有效钾含量 <78.2 mg/L的有42个,占63.6%; <114.8 mg/L的有58个,占87.8%。可见,河南省潮土区有50%以上的土壤缺乏钾素。对于有效钾含量高的土壤,如果继续施用钾肥,会造成钾素流失,浪费资源,同时也会因土壤养分间的拮抗作用,导致土壤其他营养成分作用的降低。因此,对于土壤有效钾含量 >114.8 mg/L的地块应适当减少钾肥用量。

表2 麦田土壤有效钾的丰缺状况

肥力等级	土壤有效钾测定值/(mg/L)	样本数/个	占总样本数的比例/%
极低	<48.4	3	4.5
低	$48.4 \sim 78.2$	39	59.1
中	$78.2 \sim 114.8$	16	24.2
高	>114.8	8	12.1

注:总样本数为66个。

2.3 不同钾肥力土壤的小麦目标产量推荐施钾量

施肥量受2个因素影响,土壤自身养分状况和作物目标产量,施肥量=作物吸收养分量-土壤提供养分量。达到不同的目标产量,作物需要吸收的养分不同,目标产量越高,作物需要吸收的养分越高,需要的施肥量也越高^[18]。

根据土壤有效钾丰缺指标,结合“目标产量法”即根据作物需要吸收的养分指导施肥,提出了潮土区小麦籽粒产量的推荐施钾量(表3)。由表3可知,土壤有效钾含量 <48.4 mg/L时,推荐施钾量为150 kg/hm²;有效钾含量在 $48.4 \sim 78.2$ mg/L时,推荐施钾量为120 kg/hm²;有效钾含量在 $78.2 \sim 114.8$ mg/L时,推荐施钾量为90 kg/hm²,有效钾含量 >114.8 mg/L,推荐施钾量为45 kg/hm²。

表3 不同钾肥力土壤的推荐施钾量

肥力等级	土壤有效钾测定值/(mg/L)	各等级平均值/(mg/L)	目标产量/(kg/hm ²)	推荐施钾量/(kg/hm ²)
极低	<48.4	40.5	5 625~6 375	150
低	$48.4 \sim 78.2$	63.0	6 125~6 875	120
中	$78.2 \sim 114.8$	95.5	6 625~7 375	90
高	>114.8	154.0	7 125~7 875	45

3 结论

本研究利用ASI法得出了河南省潮土区麦田土壤有效钾丰缺指标:有效钾含量 <48.4 mg/L为极低,介于 $48.4 \sim 78.2$ mg/L为低,介于 $78.2 \sim 114.8$ mg/L为中, >114.8 mg/L为高。中国农业科学院国家测土配方施肥中心实验室利用ASI法将土壤有效钾含量划分为6个等级: <40 mg/L为极严重缺钾、 $40 \sim 60$ mg/L为严重缺钾、 $60 \sim 80$ mg/L为缺钾、 $80 \sim 100$ mg/L为中等偏低、 $100 \sim 140$ mg/L为中等偏高、 >140 mg/L为高钾含量^[18],这与本研究结果较一致。根据土壤有效钾的丰缺指标对潮土区小麦田推荐的施钾量为:有效钾含量 <48.4 mg/L时,推荐施钾量为150 kg/hm²;有效钾含量在

$48.4 \sim 78.2$ mg/L时,推荐施钾量为120 kg/hm²;有效钾含量在 $78.2 \sim 114.8$ mg/L时,推荐施钾量为90 kg/hm²;有效钾含量 >114.8 mg/L,推荐施钾量为45 kg/hm²。本研究建立的潮土区麦田土壤有效钾丰缺指标,可用来指导潮土区麦田的精准施肥。

致谢:本研究得到国际植物营养研究所(IPNI)的资助。

参考文献:

- [1] 国家统计局河南调查总队. 河南调查年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [2] 武花萍. 测土配方施肥的好处[J]. 山西农业科学, 2010, 38(1): 112.

(下转第73页)

3 结论与讨论

从整个生育期来看,除缓控释肥处理和习惯施肥处理外,各处理各土层 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量均呈现苗期最高、拔节期最低的趋势,从苗期到拔节期深层土壤中的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 向上迁移对上层土壤进行补充;生长后期土壤养分向下迁移,各土层可自行向上或向下调节养分的分布。习惯施肥处理加大了中下层土壤 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 大量累积淋溶流失的可能;优化施肥足以满足植物需求,但下层养分仍有一定的积累;缓控释肥处理使养分持续有效地供应,而且最大程度地避免了氮肥向下层土壤迁移,从而使氮肥得以充分利用,进一步减少淋溶降低环境污染风险;有机肥+化肥处理使有机肥养分缓慢释放,一定程度上减缓了土壤 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 向下迁移的速度,从而也减少了养分的损失,使养分供应与植株吸收在一定程度上达到一种动态平衡。

缓控释肥处理产量最高,整个生育期土壤 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 几乎没有向下迁移,很大程度保障了作物的生长,同时有效地减少 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 向下淋溶对环境的污染。所以,建议用氮肥缓释剂对作物进行减氮施肥。有机肥+化肥+氮肥缓释剂的效果有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 曹红霞,康绍忠,何华. 田间管理措施对土壤硝态氮迁移影响研究进展[J]. 灌溉排水学报,2005,24(1):72-76.
- [2] 卢艳艳,宋付朋,赵杰,等. 控释尿素对土壤氮挥发和无机氮含量及玉米氮素利用率的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(6):79-82.
- [3] 巨晓棠,刘学军,邹国元,等. 冬小麦/夏玉米轮作体系中氮素的损失途径分析[J]. 中国农业科学,2002,35(12):1493-1499.
- [4] 张鑫,安景文,邹晓锦,等. 不同施肥模式对玉米产量及土壤硝态氮的影响[J]. 河南农业科学,2012,41(2):41-44.
- [5] 李明悦,朱静华,廉晓娟,等. 天津市水体硝酸盐污染现状与分析[J]. 天津农业科学,2008,14(1):43-46.
- [6] 刘慧颖,董环,张鑫,等. 辽宁大凌河流域草甸土土壤硝态氮运移及合理施肥调控[J]. 安徽农业科学,2011,39(1):169-172.
- [7] 吴永成,周顺利,王志敏,等. 华北地区夏玉米土壤硝态氮的时空动态与残留[J]. 生态学报,2005,25(7):1620-1625.
- [8] 左海军,张奇,徐立刚,等. 集约化种植条件下土壤硝态氮动态变化及累积特征研究[J]. 水土保持通报,2009,29(4):16-21.
- [9] 赵营,同延安,赵护兵. 不同施氮量对夏玉米产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. 中国土壤与肥料,2006(2):30-33.
- [10] 王锋有,张春利,周丽君,等. 玉米及水稻施肥指标体系研究[J]. 农业科技与装备,2008(4):24-26.
- [11] 王海云,姜远茂,彭福田,等. 胶东苹果园土壤有效养分状况及与产量关系研究[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2008,39(1):31-38.
- [12] 刘顺国,邢岩,韩晓日,等. 辽宁省水稻土壤养分丰缺指标建立初探[J]. 土壤通报,2008,39(4):871-873.
- [13] 黄德明. 我国农田土壤养分肥力状况及丰缺指标[J]. 华北农学报,1988,13(2):46-53.
- [14] 孙克刚,李丙奇,和爱玲. 砂姜黑土区麦田土壤有效钾施肥指标及小麦施钾研究[J]. 华北农学报,2010,25(2):212-215.
- [15] 周晓芬,冯伟,杨军芳,等. 太行山山前平原秸秆还田条件下小麦磷、钾丰缺指标研究[J]. 华北农学报,2011,26(2):170-174.
- [16] 金继运,白由路,杨俐苹. 高效土壤养分测试技术与设备[M]. 北京:中国农业出版社,2006:187.
- [17] 加拿大钾磷研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1992:54-70.
- [18] 卢中民,孙彩霞,张浩. 滑县小麦测土配方施肥决策系统的应用效果[J]. 河南农业科学,2008(12):64-66.
- [19] 黑志平,吴梅荣,宋江春. 南阳地区棉花施钾效果及土壤钾素丰缺指标研究[J]. 河南农业科学,1992(4):20-24.
- [20] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料[M]. 上海:上海科学技术出版社,1994:431-450.
- [21] 白由路,杨俐苹. 我国农业中的测土配方施肥[J]. 土壤肥料,2006(2):3-7.
- [22] 马玉兰,冯静,尹学红,等. 宁夏自流灌区粮食作物施肥指标体系的研究[J]. 宁夏农林科技,2008(3):5-8.
- [23] 杨莉琳,胡春胜. 太行山山前平原高产区精准施肥指标体系研究[J]. 中国生态农业学报,2002,10(2):71-75.
- [24] 魏义长,白由路,杨俐苹,等. 基于 ASI 法的滨海滩涂地水稻土壤有效氮、磷、钾丰缺指标[J]. 中国农业科学,2008,41(1):138-143.
- [25] 杨俐苹,金继运,白由路,等. 土壤养分综合评价法和平衡施肥技术及其产业化[J]. 磷肥与复肥,2001,16(4):63-65.

(上接第 69 页)