植物营养与肥料学报 2002,8(4):424～427
Plant Nutrition and Fertilizer Science

冬小麦磷肥利用率主要影响因素的研究

李　云[1], 张　宁[2], 邢文英[3]
(1 河北省廊坊市农林局,河北廊坊 065000;2 中国农业科学院土壤肥料研究所,北京 100081;
3 农业部优质农产品开发服务中心,北京 100020)

摘要:在大量田间试验及土壤、植株分析测定基础上,建立影响磷肥利用率的各个主要因子变化规律的函数模型,从动态的角度研究影响磷肥利用率各因素之间的关系。结果表明,施磷量越大,磷利用率越低;土壤速效磷高,磷的利用率也低。只有合理地搭配氮肥、钾肥实现平衡施肥,才能使磷的利用率达到一个较高的水平。

关键词:冬小麦;磷肥利用率;影响因素
中图分类号:S512.106.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2002)04-0424-04

Major factors influencing phosphorus use efficiency of winter wheat

LI Yun[1], ZHANG Ning[2], XING Wen-ying[3]
(*1 Bureau of Farming and Forestry Langfang City, Hebei 065000, China; 2 Soil and Fertilizer Inst., CAAS, Beijing 100081, China; 3 Ministry of Agriculture, People's of China, Beijing 100020, China*)

Abstract: A model describing the dynamic change of the major factors influencing phosphorus use efficiency was established based on a number of field experiments and soil and plant analysis. Thus the interrelationship among these factors could be dynamically defined. The results showed that the larger the amount of phosphorus applied, the lower the phosphorus use efficiency; the higher the level of soil available phosphorus, the lower the phosphorus use efficiency. Phosphorus use efficiency can attain a higher the level only when phosphorus is applied in balance with nitrogen and potassium.

Key words: winter wheat; phosphorus use efficiency; influencing factor

在海河平原潮土类土壤上选择主要农业自然经济类型区有代表性的小麦—玉米—小麦轮作区为研究对象,先后在三河市、霸州市、安次区、永清县、香河县作为本项研究的重点试验区。几年来共进行26个田间试验,取得626个试验小区的生物产量,290个土壤样本和534个植株样本,进行了2600多项次土壤和植株养分含量的测定。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验在耕性好,具有保水、保肥的不同肥力的轻壤质潮土地块上。土壤有机质平均1.27%,全N 0.12%,碱解N 143.40 mg/kg,有效P 17.85 mg/kg,有效K 101.4 mg/kg。氮磷钾单施与配施试验采用三因素二水平设计[1],基本处理为8个,分别为 $N_0P_0K_0$、$N_{210}P_0K_0$、$N_0P_{120}K_0$、$N_0P_0K_{67.5}$、$N_{210}P_{120}K_0$、$N_{210}P_0K_{67.5}$、$N_0P_{120}K_{67.5}$、$N_{210}P_{120}K_{67.5}$。氮磷钾不同施肥结构(配比)组合的利用率试验,采用三因素三水平回归设计,12个处理为氮磷两因素三水平肥料利用率试验,高产地加氮磷钾区,各处理分别为:$N_{139}P_{129}K_0$、$N_{139}P_{129}K_{63}$、$N_{278}P_{258}K_{63}$、$N_{278}P_{129}K_{63}$、$N_{139}P_{258}K_{63}$、$N_{139}P_0K_{63}$、$N_0P_{129}K_{63}$、$N_{139}P_{258}K_{126}$、$N_{278}P_{258}K_{126}$、$N_{139}P_{129}K_{126}$、$N_{278}P_{129}K_{126}$、$N_0P_0K_0$。小区面积33m²,2～3次重复。

各项试验中所用化肥品种氮肥为尿素,磷肥为重过磷酸钙,钾肥为氯化钾和硫酸钾。各处理均不施有机肥。供试冬小麦品种为津麦2号、京东8号。其它管理措施同大田。收获时对各处理小区单打单收,测定各小区的作物子粒和秸秆产量;同时从各小区分别采集植株分析样品,将秸秆和子粒

收稿日期:2002-03-08
基金项目:河北省自然科学基金项目(397395)资助。
作者简介:李云(1937－),女,黑龙江双城人,农业技术推广研究员,主要从事植物营养和土壤肥料的科研和推广工作。

样品分别烘干、粉碎过0.25mm筛,供测定子粒、茎秆(含根)的N、P、K等养分含量。同时从各小区中分别采集0~20cm混合土样测定土壤碱解N,有效P、速效K含量。所得数据供分析和评价作物吸收养分量、土壤养分与肥料利用率的相关关系。

1.2 分析测定方法

土壤和植株养分的分析按常规方法[2]进行。磷用$NaHCO_3$浸提,钼锑抗比色法测定;钾用NH_4HAC浸提,火焰光度计测定;氮用40℃下碱解24h滴定法测定;有机质(OM)用重铬钾滴定法测定。

植株全氮用硫酸过氧化氢消煮,碱化后用凯氏蒸馏定氮法测定;全磷、全钾用高氯酸消煮,全磷用钼锑抗比色法测定,全钾用火焰光度计法测定。

1.3 试验的统计分析方法

综合运用田间试验与生物统计相结合方法进行数据处理,深入研究影响肥料利用率诸因素之间的相关关系。肥料利用率的计算是根据同一个试验的不同施肥量的处理之间的差异计算而得,要求除了计算利用率的施肥量有区别外,其他肥料的施用量是一致的,使产量的差异仅仅是由于某一种肥料施用的差异造成的,具体的计算方法是:

$$肥料利用率=\frac{(Y_1\times ZH_1+J_1\times JH_1)-(Y_2\times ZH_2+J_2\times JH_2)}{X_1-X_2}$$

式中X_1为施肥量大的处理施肥量,Y_1为子粒产量,J_1为秸秆产量,ZH_1和JH_1分别代表子粒和秸秆中该养分的含量;X_2为施肥量小的处理施肥量,Y_2为子粒产量,J_2为秸秆产量,ZH_2和JH_2分别代表子粒和秸秆中该养分的含量。

2 结果与讨论

2.1 磷利用率及主要变量因素的分析

根据80个磷肥利用率(PU)与施氮量(UN)、施磷量(UP)、施钾量(UK),子粒产量(Y)、秸秆产量(St)、子粒全氮(YN)、子粒全磷(YP)、子粒全钾(YK)、秸秆全氮(StN)、秸秆全磷(StP)、秸秆全钾(StK)、土壤速效磷(SP)、土壤速效氮(SN)、土壤速效钾(SK),逐步回归中因素的作用,当F检验值的显著性概率大于95%时选概率最大的进入,选入的变量F检验值的显著性概率小于90%就从方程中剔出。进行逐步回归结果,将影响不显著的因子删除掉,寻找对磷利用率影响较大的变量因子。结果确定施氮量(UN)、施磷量(UP)、施钾量(UK)、子粒产量(Y)、土壤速效磷(SP)对磷利用率影响较大,并得到磷利用率PU与UP、Y、UK、UN、SP的线性方程。回归方程的方差分析见表1。

各因素的入选依次为常数项、产量、施钾量、施磷量、施氮量和速效磷。相应的方差分析F检验值为12.51,达到了极显著水平。

表1 影响磷利用率各因素的逐步回归过程的综述

Table 1 Summary of the process on stepwise regression from each factor influencing P use efficiency

回归步骤 Regression	r	R^2	修订后的R^2 Revised R^2	推算值标准差 SD
1	0.494	0.244	0.223	5.4492
2	0.638	0.407	0.373	4.8948
3	0.770	0.593	0.558	4.1110
4	0.794	0.630	0.585	3.9796
5	0.813	0.662	0.609	3.8664

PU与全部变量因子筛选出的回归方程:

$$PU = 3.717 + 0.03598Y + 0.002851UK - 0.141UP + 0.02840UN - 0.06263SP;\ n = 38;\ r = 0.813。$$

方程中UP(施磷量)、SP(土壤速效磷)系数为负值,表明施磷量越大,磷利用率越低;土壤速效磷高,磷的利用率也低。Y(产量)、UK(施钾量)、UN(施氮量)系数为正值,表明施用量越大,磷的利用率越高。

2.2 施磷量与磷肥利用率相关关系

配合施用氮肥和钾肥基础上,磷肥利用率随磷用量的增加而降低,二者呈负相关(图1)。其关系的函数式可用负对数曲线方程拟合:

$$Y = -5.6393\ln(x) + 34.793$$

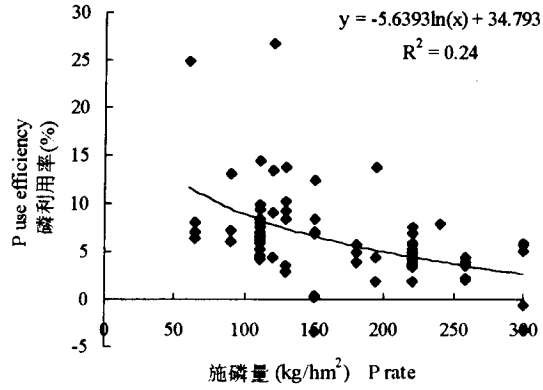

图1 施磷量与磷肥利用率的相关关系

Fig. 1 The relationships between P use efficiency and P application

2.3 氮磷营养共同作用对磷肥利用率的影响

当施用2种以上肥料时;作物产量受2种以上养分的共同作用,氮、磷肥料的交互作用也会对磷利用率产生影响。采用二元二次效应函数来模拟冬小麦N、P营养交互作用对其肥料利用率的影响:

$$PU = B_0 + B_1UN + B_2UP + B_3UNUP + B_4UN^2 + B_5UP^2$$

根据多年来取得的80个施用氮磷肥处理取得的磷利用率结果，计算得回归方程为：

$$Y=6.888+0.04286UN-0.01814UP-0.0001826UNUP-0.00000226UN^2-0.000018UP^2,\ R^2=0.336$$

回归分析的F值为7.491达到了极显著水准。

三维图（图2）反映了施用氮磷肥对磷肥利用率的影响。不施氮肥的情况下磷肥的利用率很低，增施磷肥后磷的利用率降低，但降低不多；而在施高氮肥情况下，随着磷肥的施用量增加磷肥的利用率便大幅度地下降。

PU=6.9+0.43UN-0.18UP-1.8E-4UNUP
-2.3E-6UNUN-1.8E-5UPUP

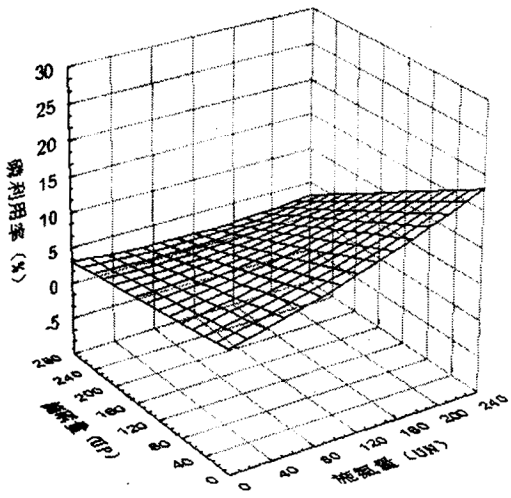

图2 磷肥利用率与氮肥、磷肥施用的关系

Fig. 2 Relationship between P use efficiency with N and P fertilizer application

图3为不同施氮量条件下磷肥利用率的变化，均可用负对数曲线表达：

不施氮(N0)：$PU=-2.5232\ln(UP)+17.062$，$R^2=0.2378$；

施氮130kg(N130)：$PU=-4.8979\ln(UP)+30.489$，$R^2=0.2498$；

施氮230kg(N230)：$PU=-8.3632\ln(UP)+49.943$，$R^2=0.3710$。

3条不同施氮量的磷利用率曲线区别在于随着施氮量的增加负对数项的系数越来越大，表明在少量施磷情况下，磷的利用率随施氮量增加提高很多；同时也表明在一定的施磷量情况下增加施氮量可以提高磷的利用率，但施磷多的情况下增施氮也提高不了磷的利用率甚至降低。

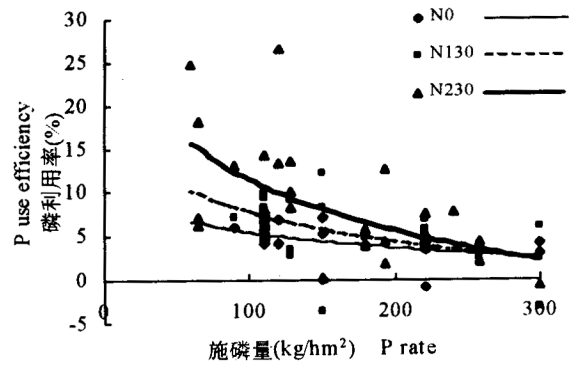

图3 不同施氮量下施磷对磷利用率的影响

Fig 3 Inference of P application rate on P use efficiency with different N application rates

2.4 土壤速效磷含量与磷肥利用率的关系

在配施氮肥、钾肥基础上，磷肥利用率的变化随土壤有效磷含量的增加而呈降低趋势，呈负相关。二者关系的函数式符合负对数曲线方程：

$$Y=-2.9246\ln(x)+17.08$$

磷肥利用率与土壤有效磷关系见图4。

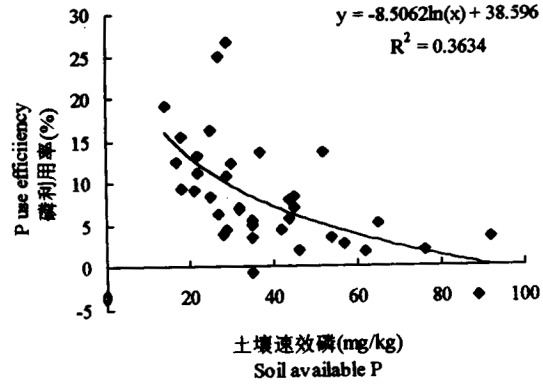

图4 磷肥利用率与土壤速效磷的相关关系

Fig. 4 Relationship between P use efficiency and soil available P

2.5 磷肥利用率与作物产量的关系

在配合施用氮肥和钾肥基础上，磷肥利用率随产量的增加而增加，且增到一定量时呈降低趋势。二者关系符合正对数曲线方程：

$$Y=5.277\ln(x)-2.0132$$

磷肥利用率与作物产量关系见图5。

3 结论

3.1 磷的利用率随施磷量的增加而减少，土壤速效磷的增高也降低磷的利用率。配合施用氮肥和钾肥

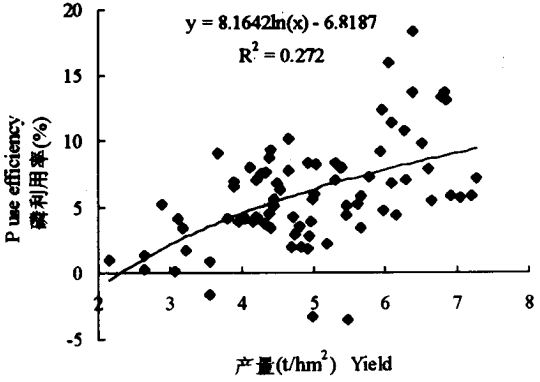

图 5　磷肥利用率与谷物产量的相关关系

Fig. 5　Relationship between P use efficiency and crop yield

则能提高磷的利用率。在不施氮的情况下磷的利用率很低;随着施氮量的增加,少量施用磷肥时磷的利用率明显提高,但随着施磷量的增加,磷的利用率也就大幅度下降。

3.2　利用率是衡量施肥合理性的一个指标,提高肥料利用率可以发挥有限资源的效益。但利用率是随着施肥量的增加而降低的一个指标,因此不能将提高利用率作为确定施肥量的依据。只有平衡施肥,合理地调配氮、磷、钾肥料的用量,调控影响磷肥利用率的各变量因素,才能得到一个较高的肥料利用率而充分发挥肥料的作用。

参 考 文 献:

[1] 王兴仁,张福锁,等 . 现代肥料试验设计[M]. 北京:中国农业出版社,1996.

[2] 李酉开,蒋柏藩,袁可能,等 . 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1983.