

旱地冬小麦氮磷自然供给能力 及其吸收氮磷来源的长期定位试验

党廷辉,郭胜利,郝明德

(中国科学院、水利部水土保持研究所,陕西杨凌 712100)

摘要:利用在黄土旱塬上布置的 13 年小麦连作肥料定位试验资料,研究了旱地冬小麦氮磷的自然供给能力和吸收来源于肥料和土壤的氮磷相对比例。结果表明,旱地冬小麦氮素的自然供给能力为 26.68~27.49kg/hm²,平均为 27.2 kg/hm²;磷素自然供给能力为 5.21~8.49 kg/hm²,平均为 7.31kg/hm²。小麦吸收氮素有 51.9%~76.8%来自氮肥,平均为 66.6%;而来自土壤为 23.2%~48.1%,平均 33.4%。小麦吸收磷素来源于肥料的为 13.6%~47.8%,平均为 28.7%;来源于土壤为 52.2%~86.4%,平均为 71.3%。同一肥底基础上,随肥料用量的增加,小麦吸收氮或磷素来源于肥料的比例也增大,而来源于土壤的比例逐渐减少。本试验条件下,氮肥利用率变幅为 32.6%~66.0%,平均为 51.1%;磷肥利用率变幅为 1.72%~14.02%,平均为 7.0%。

关键词:冬小麦;氮磷自然供给力;吸收氮磷来源;旱地

中图分类号:S155.4;S153.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-505X(2001)02-0166-06

土壤养分自然供给能力是评价土壤肥力的重要指标。对于农田土壤来说,必须通过长期的不施肥监测,用作物吸收养分多少来衡量。国外通过长期肥料定位试验,对当地磷素自然释放量进行了大量研究,而国内有关报道较少^[1]。朱兆良等许多学者利用¹⁵N 示踪技术研究氮素的去向,认为作物当季吸收积累的氮素 50%以上来自土壤,有的甚至超过 70%^[2~8]。但从长期试验角度研究作物吸收养分来源于肥料和土壤的相对比例还未见报道,对氮素自然供给力研究亦缺乏试验资料。为此,利用 13 年肥料定位试验的资料,对旱地冬小麦的氮磷吸收来源及其自然释放能力进行了探讨,为深入研究旱地冬小麦合理施肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 土壤与气候条件

长期肥料定位试验于 1984 年在陕西省长武县西 2.5km 处黄土旱塬农田中进行。该处海拔 1200m,为暖温带大陆季风型半湿润易旱气候区。多年平均降水量为 584mm,季节间差异较大,54% 的降水集中在 7~9 月份。年均气温 9.1℃,1 月份平均气温 -5.0℃,7 月份为 22.1℃;无霜期 171d。土壤为粘盖黄黑垆土,0~20cm 耕层土壤有机质 10.4g/kg,全 N 0.62 g/kg,碱解 N 37.0mg/kg,速效 P 3.0 mg/kg,速效 K 129 mg/kg,pH 8.3。

收稿日期:1999-09-03

基金项目:国家“九五”攻关项目(95-004-05-05);中国科学院“九五”重大项目(KZ951-A1-01);国家引进杰出人才项目资助。

作者简介:党廷辉(1964—),男,陕西户县人,副研究员,主要从事土壤作物营养与施肥研究。

1.2 试验设计与方法

试验采用 N、P 双因素不完全设计。N、P(P₂O₅)上限为 180kg/hm²,下限为 0,将 N、P 用量等间距的划分为 5 个水平,共 17 个处理,重复 3 次,组合方式见表 1。小区面积 5.5m×4m,小区间距 0.5m,区组间距 1.0m。氮肥用尿素,磷肥用过磷酸钙(P₂O₅ 12%)或重过磷酸钙(P₂O₅ 46%)。全部肥料均于播种前作基肥施入耕层。采用冬小麦一年一熟连年种植,每年 9 月中下旬播种,翌年 6 月下旬收获。播种前用农药处理土壤,防治地下病虫。生长期管理方式同大田。品种选用当地主栽品种。

表 1 长武肥料定位试验方案

Table 1 The plan of Changwu fertilizer position experiment (kg/hm²)

处理 Treat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N	0	0	0	45	45	45	90	90	90	90	90	135	135	135	180	180	180
P ₂ O ₅	0	90	180	45	90	135	0	45	90	135	180	45	90	135	0	90	180

1.3 分析测定方法

植株样品用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化后,N 用开氏蒸馏法测定,P 用钒钼蓝比色法测定。土壤样品采用常规法分析测定。

作物吸收肥料 N(或 P)百分比和肥料利用率采用下列公式计算:

$$\text{作物吸收肥料 N(或 P)\%} = \frac{[\text{施 N(或 P)肥处理作物吸收 N(或 P)量} - \text{对照处理作物吸收 N(或 P)量}]/\text{施 N(或 P)肥处理作物吸收 N(或 P)量} \times 100$$

$$\text{肥料 N(或 P)利用率\%} = \frac{[\text{施 N(或 P)肥处理作物吸收 N(或 P)量} - \text{对照处理作物吸收 N(或 P)量}]/\text{肥料 N(或 P)供应量} \times 100$$

本文资料为 1984~1997 年产量与植物样品分析结果。

2 结果与分析

2.1 氮素自然供给能力与小麦吸收氮素来源

2.1.1 氮素自然供给能力 氮素自然供给能力是指长期不施氮肥的情况下作物从土壤和大气中吸收固定的氮量。其氮素来源主要有降水、生物固氮、土壤中含氮物质分解矿化等。从长武肥料定位试验结果(表 2)看出,长期未施氮处理(N₀P₀,N₀P₉₀,N₀P₁₈₀),旱地小麦可以从土壤和环境中吸收 N 26.68~27.49 kg/hm²,平均为 27.2 kg/hm²。表明黑垆土上氮素自然供给能力是相当可观的,并且受磷肥供应水平影响较小。

由历年未施肥处理(N₀P₀)小麦吸收氮的数量看出(图 1),随小麦种植年限的延长,氮素自然供给能力呈下降趋势,并逐渐趋于稳定。趋势线方程为: $y = 63.503 - 9.4276x + 0.463x^2$,达到 5% 的显著水平。由曲线求得极值点为 $x = 10.18, y = 15.51$ 。如果排除试验前肥料残效及其他管理措施对评价氮素自然供给力的影响,则可认为不施肥 10 年后土壤氮素自然供给力达到相对稳定的水平,即为 15.51 kg/hm²。

表2 小麦吸收氮素来源与氮素自然供给量

Table 2 Source of wheat N-absorbed and N natural supplying capacity of soil

施肥量 Fertilization (kg/hm ²)		吸收养分 Nutr. absor. (kg/hm ²)		吸收肥料 N From fert. N (kg/hm ²)	吸 N 来源 Source of N (%)		氮肥利用率 NUE (%)
P ₂ O ₅	N	P	N		肥料 Fert.	土壤 Soil	
0	0	5.21	26.68	0	0	100.0	0
	90	8.49	64.78	38.10	58.8	41.2	42.3
	180	8.28	85.25	58.57	68.7	31.3	32.6
90	0	6.03	27.49	0	0	100.0	0
	45	11.35	57.21	29.72	51.9	48.1	66.0
	90	11.27	79.42	51.93	65.4	34.6	57.7
	135	13.45	100.51	73.02	72.6	27.4	54.1
180	0	6.56	27.42	0	0	100.0	0
	90	13.01	79.95	52.53	65.7	34.3	58.4
	180	15.85	118.42	91.00	76.8	23.2	50.6

2.1.2 小麦吸收氮素来源 很多研究表明,作物在栽培过程中,吸收土壤氮素往往比肥料氮素多。水稻吸收氮素来自土壤的为 59.3%~84.1%^[4]。但这些都是每年的试验结果,只能表明作物的当季利用养分来源。从长期试验来看,作物利用的氮素则有 50%以上来自肥料。表 2 表明,施用氮肥并忽略施氮对土壤氮素的激发效应的条件下,小麦吸收氮素有 51.9%~76.8%来自氮肥,平均为 66.6%;而来自土壤的氮素为 23.2%~48.1%,平均 33.4%。说明在长期施肥的条件下,冬小麦吸收氮素最终大部分将来源于肥料。本试验 13 年小麦吸收肥料氮平均约占总吸氮量的 2/3。

从表 2 还可看出,同等磷肥供应下,随氮肥用量的增加,小麦吸收氮素来源于氮肥的比例越来越大,而来源于土壤的比例逐渐减少。其主要原因是施用氮肥增加小麦对氮素吸收数量,从而增加了氮肥的吸收比例。

2.2 磷素自然供给能力与小麦吸收磷素来源

2.2.1 磷素自然供给能力 磷素自然供给能力又称之为土壤磷素自然释放量,取决于土壤中含磷矿物风化及有机质分解的速率。由于肥料中磷在土壤中的残效持久,只有从长期未施过含磷肥料土壤中的作物吸磷量,方可大致估计出土壤的自然供磷能力^[1]。国外的一些试验^[1]报道,英国洛桑试验站重粘壤质酸性土壤的自然供磷能力约为每年 9.75kg/hm²;美国依利诺斯州 Morrow 试验地湿草原土估计为 30.0 kg/hm²;丹麦 Askov 试验站壤土及砂壤

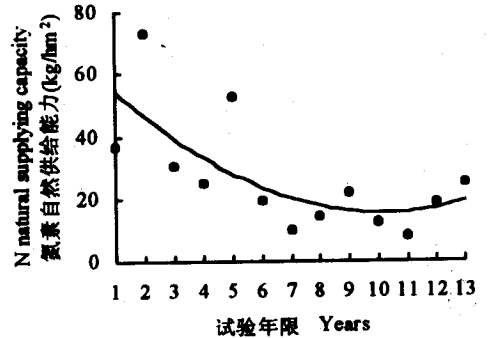


图1 氮素自然供给能力随年限的变化

Fig.1 Change of N natural supplying capacity with years

土为 18.0 和 27.0 kg/hm²;日本 Konosu 长期水稻肥料试验估计出土壤供磷量为 22.5 kg/hm²,而我国缺少这一方面资料。

长武肥料定位试验 1984 年布设前土壤基本未施用过化学磷肥,其他含磷肥料(有机肥等)亦施用很少,土壤耕层速效磷仅为 3mg/kg。14 年后,未施磷小区土壤速效磷仍在 3mg/kg 左右。因此,可以由未施磷处理作物吸收的磷素来估计土壤的自然供磷能力。从表 3 可以看出,长期未施磷处理(N₀P₀,N₉₀P₀,N₁₈₀P₀)小麦吸收磷素是 5.21~8.49 kg/hm²,平均为 7.31 kg/hm²。表明供试黑垆土自然供磷能力远较国外报道的其他土壤自然供磷能力低,与洛桑试验站重粘壤质酸性土壤的自然供磷能力相比低 2.44 kg/hm²;与其他试验结果相比,低得更多。这种差异有许多原因,但供试作物、土壤和气候的不同可能是主要因素。

表 3 小麦吸收磷素来源与土壤磷素自然释放量

Table 3 Source of wheat P-absorbed and P natural supplying capacity of soil

施肥量 Fertilization (kg/hm ²)		吸收养分 Nutr. absor. (kg/hm ²)		吸收肥料 From fert. P (kg/hm ²)	吸 N 来源 Source of P (%)		磷肥利用率 NUE (%)
N	P ₂ O ₅	P	N		磷肥 P fert.	土壤 Soil	
0	0	5.21	26.68	0	0	100.0	0
	90	6.03	27.49	0.82	13.6	86.4	2.09
	180	6.56	27.42	1.35	20.6	79.4	1.72
90	0	8.49	64.78	0	0	100.0	0
	45	10.27	81.75	1.78	17.3	82.7	9.06
	90	11.27	79.42	2.78	24.7	75.3	7.07
	135	12.26	75.57	3.77	30.8	69.2	6.40
180	180	13.01	79.95	4.52	34.7	65.3	5.75
	0	8.28	85.25	0	0	100.0	0
	90	13.79	112.55	5.51	40.0	60.0	14.02
	180	15.85	118.42	7.57	47.8	52.2	9.63

不施肥处理(N₀P₀)磷素自然供给能力随试验年限的增加也呈下降趋势(图 2),并且趋稳定。趋势线用一元二次方程模拟为: $y = 12.407 - 1.8419x + 0.0905x^2$,相关系数也达到 5% 的显著水平。与氮供给能力一样,由方程计算出极值 $x = 10.18, y = 3.04$ 后,则可以理解为不施肥 10 后土壤磷素自然供给能力就可达到相对稳定的水平,即为 3.04 kg/hm²。

2.2.2 小麦吸收磷素来源 由表 3 看出,旱地冬小麦吸收磷素 50% 以上来源于土壤。在施用磷(P₂O₅)45~180 kg/hm² 的情况下,小麦吸收磷素来自肥料的为 13.6%~47.8%,平均为 28.7%;来自土壤约为 52.2%~86.4%,平均为 71.3%。

等量氮肥基础上,随着磷肥用量的增加,作物吸收肥料磷及来自肥料磷比例都有一定程度的增加,而来源于土壤的比例愈来愈少。这同样与施用磷肥促进小麦磷素吸收有直接关系。

2.3 旱地冬小麦氮、磷利用率

由表 2、3 可知,不同供磷基础上,氮肥用量在 $N\ 45\sim 180\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 的情况下,氮肥利用率变幅为 $32.6\%\sim 66.0\%$,平均为 51.1% 。不同供氮基础上,磷肥用量在 $P_2O_5\ 45\sim 180\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 的情况下,磷肥利用率变幅为 $1.72\%\sim 14.02\%$,平均为 7.0% 。试验结果表现出这样的规律,即同一肥底上,氮或磷利用率均随其肥料用量的增加而降低。同一肥料用量下,氮或磷利用率又随肥底水平的提高而提高。从表 2、3 小麦吸收养分的情况也可以看出,施用磷肥促进了氮素吸收,施用氮肥促进了磷素吸收。说明增施磷肥是提高氮肥利用率,增施氮肥是提高磷肥利用率的有效措施。

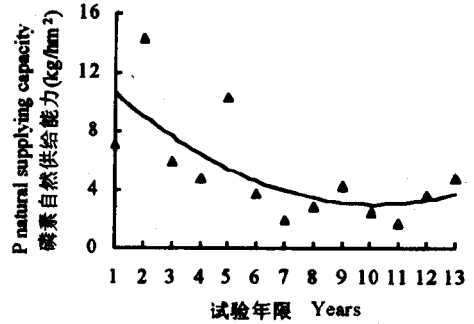


图 2 磷素自然供给能力随年限的变化

Fig. 2 Change of P natural supplying capacity with years

3 小结

3.1 长期试验结果表明,旱地冬小麦氮素的自然供给能力为 $26.68\sim 27.49\ \text{kg}/\text{hm}^2$,平均为 $27.2\ \text{kg}/\text{hm}^2$;磷素自然供给能力为 $5.21\sim 8.49\ \text{kg}/\text{hm}^2$,平均为 $7.31\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。

3.2 长期施肥条件下,旱地冬小麦吸收氮素有 $51.9\%\sim 76.8\%$ 来自氮肥,平均为 66.6% ;而来自土壤的氮素为 $23.2\%\sim 48.1\%$,平均 33.4% 。吸收磷素来源于肥料的占 $13.6\%\sim 47.8\%$,平均为 28.7% ;来自土壤占 $52.2\%\sim 86.4\%$,平均为 71.3% 。

3.3 长期施肥的旱地冬小麦氮肥利用率变幅为 $32.6\%\sim 66.0\%$,平均为 51.1% ;磷肥利用率变幅为 $1.72\%\sim 14.02\%$,平均为 7.0% 。同一肥底上,氮或磷利用率均随其肥料用量的增加而降低。同一肥料用量下,氮或磷利用率又随肥底水平的提高而提高。

参考文献:

- [1] 沈善敏. 论我国磷肥生产与应用对策(一)[J]. 土壤通报, 1985, (2): 97-103.
- [2] 朱兆良. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990.
- [3] 黄东迈. 有机肥无机肥对提高土壤氮素肥力的作用及其配合施用[J]. 土壤通报, 1985, (5): 197-201.
- [4] 鲁如坤, 等. 农业化学手册[M]. 北京: 科学出版社, 1982. 41.
- [5] 张卫, 黄建英. 有机绿肥和无机化肥中的氮素在小麦-土壤系统中的转化与分配[A]. 中国科学院水利部水土保持研究所. 土地资源及生产力研究[C]. 北京: 科学技术出版社, 1990. 176-182.
- [6] 李仁岗, 王淑敏, 王克武, 等. 冬小麦对土壤氮和肥料氮的吸收及氮素平衡的研究[J]. 土壤通报, 1982, (4): 21-22.
- [7] 张绍林, 朱兆良, 徐银华. 黄泛区潮土-冬小麦系统中尿素的转化和化肥氮去向的研究[J]. 核农学报, 1989, 3(1): 9-15.
- [8] 张翔, 朱洪勋, 孙春河. 应用 ^{15}N 对中低产区冬小麦施肥推荐体系的研究[J]. 土壤通报, 1999, 30(5): 224-226.

Study on N,P natural supplying capacity and their source absorbed by winter wheat in arid highland under long-term fertilization conditions

DANG Ting-hui, GUO sheng-li, HAO Ming-de

(*Inst. of soil and water conser. , CAS and Ministry of water resou. , Yangling Shaanxi 712100, China*)

Abstract: The paper studies N,P natural supplying capacity and their source ratio absorbed from soil and fertilizer by winter wheat in Changwu arid highland with 13 years position fertilization experiment of wheat continuous crop system. The results showed that N natural supplying capacity was 26.68~27.49 kg/hm², average 27.2 kg/hm² and P natural supplying capacity was 5.21~8.49 kg/hm², average 7.31 kg/hm². Wheat absorbed N from nitrogen fertilizer in 51.9%~76.8%, average 66.6% and the rest from soil. Wheat absorbed P from phosphate in 13.6%~47.8%, average 28.7% and the rest from soil. On the same fertilizer base, wheat absorbed N,P ratio from fertilizer increased with N,P supplying rates. N use efficiency was 32.6%~66.0%, average 51.1%, and P use efficiency was 1.72%~14.02%, average 7.0% under the experiment conditions.

Key words: winter wheat; N,P natural supplying capacity; source of N,P-absorbed; arid highland