

不同施肥制度对作物产量及土壤磷钾肥力的影响

宇万太, 马强, 周桦

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016)

摘要: 在潮棕壤上进行了19 a的定位试验,研究了不同施肥制度对作物产量和土壤磷钾肥力变化的影响。结果表明,单施氮肥能显著提高玉米产量,施钾肥能显著提高大豆籽实产量,其效果优于磷肥。循环猪圈肥的施用能在一定程度上增加作物的产量,但不能达到显著水平。氮磷钾配合循环猪圈肥不仅能增加作物产量而且有很好的稳产作用。未施磷肥处理,土壤速效磷含量呈迅速下降趋势,随种植时间推移,土壤速效磷含量下降速率趋缓。施用磷肥,土壤速效磷含量均有显著增加。不施钾肥处理加剧了土壤钾素的消耗,土壤速效钾和缓效钾浓度下降明显;氮磷钾肥并施处理基本能维持土壤钾初始水平;同时施用氮磷钾肥和循环堆肥土壤速效钾和缓效钾浓度均有所增加。

关键词: 施肥;土壤肥力;产量

中图分类号: S158; S147.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0123-06

磷和钾是植物生长发育的必需营养元素,土壤中磷和钾的含量变化、平衡、形态转化及其有效性对作物产量的影响等一直是学者研究的中心^[1-3],如何提高土壤磷和钾的有效性也一直是许多学者研究的重点。

施用磷肥可以改变土壤含磷量和土壤对作物的供磷能力,从而提高作物产量。长期施用磷肥,能显著提高土壤全磷及速效磷含量,且磷肥具有明显的残效^[4]。土壤磷素肥力较低时,增加磷肥投入来提高土壤速效磷水平对作物增产是必需的;但土壤达到富磷水平后,速效磷的进一步增加只会加重农田土壤磷素向水体流失的威胁^[5]。

我国北方地区土壤钾素含量一般较高,供钾能力较强^[6-9]。但近年来,特别是20世纪80年代以后,随着农业生产水平的提高,作物高产新品种的出现,氮磷化肥用量的增加以及有机肥用量和秸秆利用的减少,极大消耗了土壤中的钾素,从而导致钾素缺乏成为许多作物进一步提高产量的限制因子^[10]。

本文利用沈阳生态站长期定位试验,研究了不同施肥制度对土壤磷素和钾素的肥力变化及对作物产量的影响,旨在为培育和提高土壤质量,为磷钾肥的合理施用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

本试验在中国科学院沈阳生态试验站进行。该

站位于沈阳市以南35 km处,为下辽河平原,年平均温度7℃~8℃,≥10℃活动积温为3 300℃~3 400℃,太阳总辐射量为5 409.9~5 599.8 kJ/cm²,年降雨量为700 mm,干燥度为0.9,无霜期为147~164 d。

1.2 田间试验

供试土壤为潮棕壤,1990年试验开始时土壤的主要农化性状为:pH 6.7,土壤有机质含量20.9 g/kg,全氮1.13 g/kg。试验设12个处理,其中本研究只涉及8个处理:(1)不施肥(CK);(2)循环猪圈肥(M),不施化肥,每年收获产品经由喂饲一堆腐后以猪圈肥形式返回本处理(其中,籽实按80%计,大豆秸秆按100%计,玉米秸秆按50%计);(3)化肥N(N),氮肥用量150 kg/hm²(以尿素折算);(4)化肥N+循环猪圈肥(NM),氮肥用量同(3),循环操作同(2);(5)化肥NP(NP),氮肥用量同(3),磷肥用量25.0 kg/hm²(以重过磷酸钙折算);(6)化肥NP+循环猪圈肥(NPM),NP用量同(5),循环操作同(2);(7)化肥NPK(NPK),NP用量同(5),K肥用量60.0 kg/hm²(以氯化钾折算);(8)化肥NPK+循环猪圈肥(NPKM),NPK用量同(7),循环操作同(2)。试验重复3次,即3个小区,分别种植大豆—玉米—玉米,并依次轮作,小区面积为162 m²。种植玉米小区按上述施肥处理施肥;由于大豆产量较低,且自身具有固氮能力,因此,种植大豆小区未施氮肥,磷钾肥与循环猪圈肥照施。

收稿日期:2009-12-10

基金项目:国家科技支撑计划课题(2008BADA7B08,2007BAD89B02);国家自然科学基金(40701067)

作者简介:宇万太(1964—),男,辽宁沈阳人,研究员,研究方向为农业养分循环。E-mail: wtyu@iae.ac.cn; iae_yfxh@yahoo.com.cn.

1.3 喂饲—堆腐试验

喂饲—堆腐试验中养分循环再利用均采用每年循环处理小区收获籽实的 80%、大豆秸秆的 100% 和玉米秸秆的 50% 分别喂饲、垫圈并掺土堆腐成猪圈肥于下一年度返回原处理。

这里需要说明的是,本组试验不同于一般的有机无机肥料配合试验,它的有机肥料来源于作物的生物学产量,循环回田的有机养分量与本处理作物吸收的养分量密切相关,确切地说,是完成了“施肥—作物吸收—喂饲、堆腐—制成堆肥—回田”这一循环过程。

1.4 样品采集与分析

每年作物收获季节在沈阳生态站长期定位试验地采集供分析用的土壤样品(土层深度为 0~20 cm)。每年有 24 个土壤样品,8 个处理,3 次重复。土壤样品过 2 mm 筛后风干贮存于干燥处,待测定。

1.5 测定方法

土壤全氮用元素分析仪 Elementer III (德国产)测定,土壤全磷用 Na_2CO_3 熔融—钼锑抗比色法测定,土壤全钾用 NaOH 碱融—火焰光度计法测定,土壤碱解氮用碱解扩散法测定,土壤速效磷用 0.5 mol/L NaHCO_3 浸提—钼锑抗比色法测定,土壤速效钾的测定采用 NH_4AC 提取—火焰光度计法,土壤缓效钾的测定采用 1 mol/L 的硝酸提取—火焰光度计法。

1.6 数据分析

试验数据采用 Excel 2000 和 SPSS 11.0 软件分析。

2 结果与分析

2.1 施肥对土壤速效磷含量的影响

由图 1 可以看出,未施磷肥处理,经过几年作物消耗后土壤速效磷含量呈迅速下降趋势,随种植时间推移,土壤速效磷含量下降速率趋缓。可见,当土壤速效磷降到一定水平时,土壤速效磷收支的亏值与土壤速效磷的下降幅度之间不存在等比例关系,

持续而少量的土壤磷收支赤字并不能引起土壤速效磷水平的不断下降。

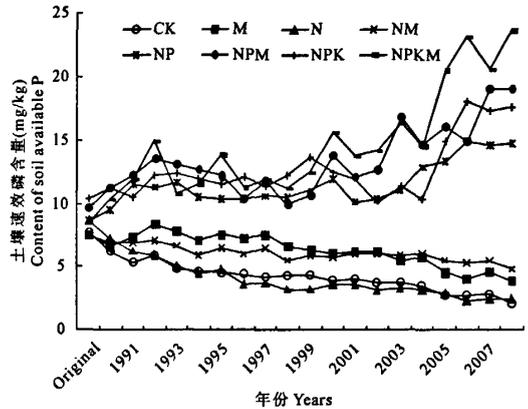


图 1 不同施肥制度下各处理速效磷含量变化 (mg/kg)

Fig.1 Changes of soil available P content under different fertilizer treatments

施用磷肥,土壤速效磷含量均有显著增加,前期呈缓慢增加趋势,在试验的后几年,土壤速效磷含量似乎有加速上升的趋势。NP 和 NPK 处理,土壤速效磷含量分别增加了 70.31% 和 69.54%,施用循环猪圈肥处理,NPM 和 NPKM 处理增幅更大,分别为 97.56% 和 177.13%。

2.2 施肥对土壤全磷含量的影响

由表 1 可见,在不施磷肥情况下,耕层(0~20 cm,下同)土壤全磷含量有明显降低。以对照处理为例,与试验起始时相比,2008 年耕层土壤全磷含量下降了 0.057 g/kg,相当于耕层土壤全磷贮量减少 136 kg/hm²。施用循环猪圈肥处理,19 a 间耕层土壤全磷含量下降了 0.041 g/kg,相当于耕层土壤全磷贮量减少 97 kg/hm²,即施用猪圈肥能提供速效磷约 2.05 kg/(hm²·a),且随试验年限延长,这一数值可能会继续增加。N 处理,土壤全磷含量的降低幅度较对照处理更大,降幅为 17.21%。NM 处理与 N 处理相比,降幅明显偏小,仅为 10.73%。

表 1 不同施肥制度下各处理全磷含量变化 (g/kg)

Table 1 Changes of soil total P content under different fertilizer treatments

项目 Item	CK	M	N	NM	NP	NPM	NPK	NPKM
1990 年含量 Content in 1990	0.420	0.420	0.430	0.410	0.380	0.420	0.420	0.410
2008 年含量 Content in 2008	0.360	0.380	0.360	0.370	0.410	0.500	0.440	0.490
含量变化 Variable in content(g/kg)	-0.057	-0.041	-0.074	-0.044	0.029	0.078	0.022	0.077
贮量变化 Variable in storage(kg/hm ²)	-136	-97	-177	-106	71	187	54	186

施用磷肥处理,19 a 间耕层土壤全磷浓度均有明显提高,提高幅度为 0.022 g/kg~0.078 g/kg。考虑到不施肥处理土壤全磷在 19 a 间下降 0.057 g/kg,则施磷处理区耕层土壤全磷来自磷肥的积累浓度实际为 0.079 g/kg~0.135 g/kg。由此可以看出,磷肥的施用对土壤耕层全磷的积累和增长有明显作用。

2.3 施肥对土壤速效钾含量的影响

1990 年至 2008 年间不同处理土壤速效钾浓度的动态变化如图 2 所示。试验起始时的速效钾浓度约为 80 mg/kg。对照处理,土壤中的钾被作物不断地吸收,在开始一段时期土壤速效钾含量下降较快,至 2005 年土壤速效钾含量已降低到最低水平。由于土壤中速效钾、缓效钾之间的动态平衡的存在,作物的吸钾、速效钾的降低与土壤缓效钾释放相平衡,土壤中剩下部分的速效钾就被更强烈地吸持着,进入溶液中的钾减少,作物吸收更困难,使土壤速效钾保持在一定的水平,进而趋于平缓,不再继续下降,土壤速效钾仍可维持“最低水平值”。

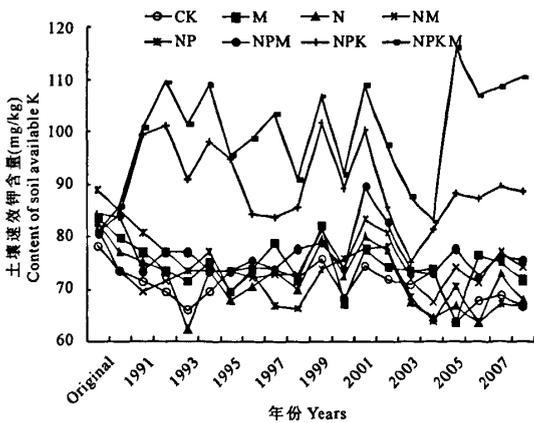


图 2 不同施肥制度下各处理土壤速效钾含量变化 (mg/kg)
Fig.2 Changes of soil exchangeable K content under different fertilizer treatments

不施钾肥处理,土壤速效 K 浓度均有不同程度地下降,以 NP 处理下降最为明显,未施循环猪圈肥处理较施用的处理降低更明显。每年施用循环猪圈肥可在一定程度上补偿土壤钾支出,减缓土壤速效钾的下降速率,施用循环猪圈肥各处理的土壤速效钾浓度均高于未施循环猪圈肥的处理。M、NM、NPM 处理,土壤速效钾浓度降幅分别为 14.13%、9.19%、6.45%;而对应的未施循环猪圈肥处理 CK、N、NP,土壤速效钾浓度降幅分别为 14.80%、17.60%、24.52%。

NPK 处理,年施 K 肥 60.0 kg/hm²,土壤速效钾浓度略有提高,由本底的 84.3 mg/kg 提高到 88.4 mg/kg,提高幅度为 4.86%。与不施钾肥处理比较,其差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。NPKM 处理,同时施用钾肥和循环堆肥,土壤速效钾浓度提高幅度显著,由本底的 80.6 mg/kg 提高到 110.5 mg/kg,提高幅度达 37.10%。与其它各处理比较,土壤速效钾浓度有显著的提高 ($P < 0.05$)。

2.4 施肥对土壤缓效钾含量的影响

由图 3 可以看出,土壤缓效 K 浓度变化与土壤速效 K 浓度变化大致相同,未施钾肥处理,土壤缓效钾浓度呈下降趋势,施用钾肥处理,土壤缓效钾浓度能维持在原有水平或略有增加。在不施 K 肥和循环猪圈肥条件下(CK、N、NP),土壤缓效 K 浓度下降幅度较大,与试验本底值比较分别下降了 64 mg/kg、87 mg/kg 和 102 mg/kg,降幅分别为 11.79%、15.48%和 18.09%。不难看出,随着施肥进步,土壤缓效钾浓度降幅逐渐增加,这是因为施肥进步促进了作物产量增加的同时也加大了对土壤钾的消耗。施用循环猪圈肥处理(M、NM、NPM),耕层土壤缓效 K 浓度亦呈下降趋势,降幅分别为 7.05%、10.75%和 12.70%,与不施循环猪圈肥的处理比较,降幅有所减小,但未达到显著水平。

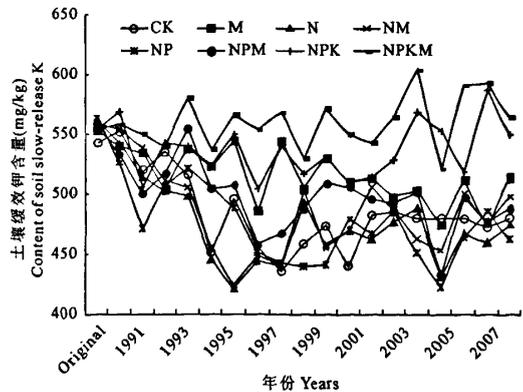


图 3 不同施肥制度下各处理土壤缓效钾含量变化 (mg/kg)
Fig.3 Changes of soil slow-release K content under different fertilizer treatments

NPK 处理,土壤缓效钾浓度能维持原有水平,NPK 肥配合循环猪圈肥施用,土壤缓效钾浓度有所增加,土壤缓效钾浓度显著高于未施钾肥处理 ($P < 0.05$)。说明每年 60 kg/hm² 的施用量基本能满足土壤钾的供应。

2.5 施肥对作物产量的影响

由表 2 可知,施肥能显著增加玉米和大豆籽实

产量。对照处理大豆产量最低,仅为 1 513 kg/hm²,施用磷肥,大豆籽实产量增加了 20.03%,但并未达到显著水平。NPK 处理,大豆籽实产量较 NP 处理

有显著增加 ($P < 0.05$),说明施用钾肥能显著提高大豆籽实产量。

表 2 不同施肥制度下作物的平均产量(kg/hm²)

Table 2 Average yield of crop seeds in different treatments, from 1990 to 2008

处理 Treatments	大豆籽实 Soybean seed	变异系数 CV	大豆秸秆 Soybean straw	变异系数 CV	玉米籽实 Maize seed	变异系数 CV	玉米秸秆 Maize stalk	变异系数 CV
CK	1513d	0.4633	1369c	0.4057	4113d	0.3740	4510d	0.1986
M	2017bc	0.2806	1859b	0.2766	5547c	0.2491	5399bed	0.1741
N	1534d	0.4176	1446c	0.3938	5933bc	0.2998	4991cd	0.2178
NM	2035abc	0.2467	1963b	0.2430	7221a	0.2340	5847bc	0.1948
NP	1816cd	0.3059	1993b	0.2504	6765ab	0.2175	5763bc	0.2447
NPM	2232ab	0.2049	2404a	0.1840	7537a	0.2091	6313ab	0.2429
NPK	2228ab	0.2531	2259ab	0.2586	7563a	0.2143	6188ab	0.2306
NPKM	2442a	0.2066	2504a	0.2062	7911a	0.1950	6920a	0.2226

注:表中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different letters in the table mean significant difference at 0.05 level.

与对照处理相比,M 处理显著提高了大豆籽实产量;NPM 与 NP 处理相比,大豆籽实产量亦有显著增加;NPKM 与 NPK 处理相比,大豆籽实产量有很大程度增加,但尚未达到显著水平。

玉米产量与大豆产量表现不尽相同,对照处理的玉米产量仍最低,年均 4 113 kg/hm²,单施氮肥能显著提高玉米产量,增幅可达 44.25%;NP 和 NPK 处理,玉米产量增幅分别为 64.48% 和 83.88%,但 NP 与 N 处理之间增产未达显著水平,NPK 与 N 处理之间差异显著。这说明,N 在提高玉米产量方面起十分重要的作用,其效果优于磷肥和钾肥。

M 与 CK 处理、NM 与 N 处理相比,显著提高了玉米籽实产量,增幅分别为 34.87% 和 21.71%。NPM 与 NP 处理、NPKM 与 NPK 处理相比,玉米产量虽有增加,但并不显著。这说明随着施肥进步,不论是大豆还是玉米,循环肥的增产作用均有降低趋势。

秸秆与籽实的情形相似,除 NPKM 处理外,施循环猪圈肥处理的大豆秸秆产量均显著高于未施循环肥处理,玉米秸秆产量则无明显变化。

本试验中,作物年际间产量的变异系数也存在随化肥的全面施用而下降的趋势,且施用循环肥处理较未施处理的作物变异系数明显降低,表明全面供给作物所需养分有助于提高作物对不同气候年景的适应性,从而提高产量的稳定性。比较玉米和大豆两种作物,大豆产量的变异系数均大于玉米产量的变异系数,说明在本试验的施肥模式下,该地区玉米产量有极好的稳产效果,更适宜广泛种植。

4 结论与讨论

本试验研究结果表明:不施磷肥,土壤速效磷含量呈迅速下降趋势,随种植时间推移,土壤速效磷含量下降速率趋缓,这与前人的研究结果一致^[11,12];大多数的研究结果表明,不施磷肥,土壤速效磷和全磷含量均有所下降^[13-15],但也有研究者得出相反的结论,Zhang^[16]等人报道,在 10 a 未施磷肥的处理,测定土壤表层速效磷含量未见降低;Rehm^[17]和 Kunzov^[18]也报道,多年不施用肥料,土壤速效磷含量仍不降低,这可能是由于土壤质地不同造成的。

施用磷肥处理,土壤速效磷和全磷含量均有显著增加,主要是由于磷肥的当季利用率低,残留肥料磷便可在土壤中积累下来,由于土壤对磷有着强大的吸持力,因此留存土壤中的磷几乎不能随土壤中下渗水流淋失^[13]。循环猪圈肥与磷肥配合施用能进一步提高土壤速效磷和全磷含量,其中 NPKM 处理土壤全磷和速效磷的含量最高,说明磷肥与有机肥同时施用时可对土壤磷库的发展产生更为显著的影响^[19]。有研究表明,与单施有机肥相比,有机肥与无机肥配合施用更能提高土壤速效磷含量,这可能是由于施用有机肥主要增加了有机磷含量的缘故^[20]。长期施用有机肥,尤其是厩肥,能显著提高土壤速效磷含量。这是因为有机肥本身含有一定数量的磷且以有机磷为主,这部分磷易于分解释放;另外,有机肥施入土壤后可增加土壤的有机质含量,进而减少无机磷的固定,并促进无机磷的溶解^[21]。

未施钾肥处理,土壤速效钾浓度均有不同程度

的下降,以NP处理下降最为明显,N处理次之,这一结果与大多数结论相似^[19,22],即在未施钾肥条件下,施用氮肥或氮磷并用能降低土壤速效钾浓度。当土壤速效钾含量下降至某一水平时,即使每年仍有一定量的钾移出,土壤速效钾含量亦不再继续下降,而是维持在“最低水平值”。这同其它有关研究结果一致^[23,24]。与未施猪圈肥处理相比,施用猪圈肥处理可在一定程度上补偿土壤钾支出,延缓土壤速效钾浓度的下降,但并不能阻止其下降。

施用钾肥处理,土壤速效钾和缓效钾含量均有所增加,尤其是钾肥配合猪圈肥的施用,土壤速效钾和缓效钾含量增加更明显。高云晖^[25]在垆土的试验研究表明,氮磷钾配合有机肥的处理与氮磷钾化肥处理相比,土壤速效钾含量提高了21.7%~24.6%。周建斌^[26]的研究结果表明,施用有机肥时土壤有机质含量与有机肥施用年限具有极显著的正相关关系,且土壤有机质的增加量与厩肥的施用量有密切关系。

国外一些长期肥料试验的产量结果表明:不论有机肥料或化学肥料对所有作物均有极好的增产效果,化学肥料和有机肥料具有一样的持续增产效果,且两者的产量效果几乎不相上下^[27]。在本试验中,长期使用NPK化肥处理,玉米产量与对照相比提高了83.88%,大豆在未施氮肥的情况下,产量亦提高了47.26%,均达到极显著水平。单施N处理玉米产量较不施肥处理有明显的增产,说明单施N肥也能改善土壤氮素肥力,提高供氮力^[28,29],而钾肥对大豆增产有明显效果。在施用氮磷钾化肥的基础上,配合猪圈肥的施用,能有效地提高作物产量,且具有很好的稳产效果。

参考文献:

- Zhang Z M, Simard R R, Lafond J, et al. Changes in phosphorus fractions of a Humic Gleysol as influenced by cropping systems and nutrient sources[J]. *Canad J Soil Sci*, 2001, 81(2): 175—183.
- 贺 铁,李世俊, Bowman C. 土壤有机磷分组法的探讨[J]. *土壤学报*, 1987, 24(2): 152—159.
- 蒋柏藩,顾益初. 石灰性土壤无机磷分组体系的研究[J]. *中国农业科学*, 1989, 22(3): 58—66.
- 沈善敏,殷秀岩,张 璐. 农业系统中磷肥残效及磷循环研究 I. 作物吸磷量、磷肥残效及土壤速效磷变化[J]. *应用生态学报*, 1992, 3(2): 138—143.
- 曹 宁,陈新平,张福锁,等. 从土壤肥力变化预测中国未来磷肥需求[J]. *土壤学报*, 2007, 44(3): 536—543.
- 刘荣乐,金继运,吴荣贵,等. 我国北方土壤作物系统钾素平衡及钾肥肥效研究[J]. *土壤肥料*, 2000, (1): 9—11.
- 刘荣乐,金继运,吴荣贵,等. 我国北方土壤—作物系统内钾素循环特征及秸秆还田与施钾肥的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2000, (6): 123—132.
- 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- 苏永中. 甘肃省耕地土壤钾素变化及钾肥肥效的初步研究[J]. *土壤*, 2001, (2): 73—101.
- 鲁剑巍,陈 防,余常兵. 油菜施肥效果及土壤速效钾临界值初步判断[J]. *中国油料作物学报*, 2003, 25(4): 107—112.
- Sells F, Campbell C A, Zentner R P. Effect of cropping and fertilization on plant and soil - phosphorus[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1995, 59: 140—144.
- Ma Y B, Li J M, Li X Y, et al. Phosphorus accumulation and depletion in soils in wheat - maize cropping systems: Modeling and validation[J]. *Field Crops Research*, 2009, 110: 207—212.
- 刘恩科,赵秉强,胡昌浩,等. 长期施氮、磷、钾化肥对玉米产量及土壤肥力的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(5): 789—794.
- 邱多生,李恋卿,焦少俊,等. 长期不同施肥下太湖地区黄泥土肥力的变化[J]. *土壤肥料*, 2005, (4): 28—32.
- 兰晓泉,郭贤仕. 旱地长期施肥对土地生产力和肥力的影响[J]. *土壤通报*, 2001, 32(3): 102—105.
- Zhang T Q, MacKenzie A F, Liang B C, et al. Soil test phosphorus and phosphorus fractions with long - term phosphorus addition and depletion[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2004, 68: 519—528.
- Rehm G W, Sorensen R C, Wiese R A. Soil test values for phosphorus, potassium, and zinc as affected by rate applied to corn[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1984, 48: 814—818.
- Kunzov E, Hejzman M. Yield development of winter wheat over 50 years of FYM, N, P and K fertilizer application on black earth soil in the Czech Republic[J]. *Field Crops Research*, 2009, 111: 226—234.
- 刘树堂,姚源喜,隋方功,等. 长期定位施肥对土壤磷、钾素动态变化的影响[J]. *生态环境*, 2003, 12(4): 452—455.
- 林炎金,林增泉. 连续十年施用不同肥料对土壤养分积累的研究[J]. *福建省农科院学报*, 1994, 9(3): 31—35.
- 史吉平,张夫道,林 葆. 长期施用氮磷钾化肥和有机肥对土壤氮磷钾养分的影响[J]. *土壤肥料*, 1998, (1): 7—10.
- 范钦桢,谢建昌. 长期肥料定位试验中土壤钾素肥力的演变[J]. *土壤学报*, 2005, 42(4): 591—599.
- 杨振明,周文佐,鲍士旦,等. 我国主要土壤供钾能力的综合评价[J]. *土壤学报*, 1999, 36(3): 377—385.
- 张漱茗,闫 华,刘光栋,等. 山东主要土壤供钾能力和非交换性钾释放的研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 1999, 5(3): 26—31.
- 高云晖. 粮油轮作中施肥对产量和土壤肥力的影响[J]. *土壤肥料*, 2004, (1): 22—24.
- 周建斌,李昌伟,赵伯善,等. 化肥及有机肥配施定位试验的研究—作物产量及土壤养分含量的变化[J]. *西北农业大学学报*, 1993, 21(2): 61—65.
- 沈善敏. 国外的长期肥料试验(一)[J]. *土壤通报*, 1984, 15(2): 85—91.
- Suzuki M, Kamekawa K, Sekiya S, et al. Effect of continuous application of organic or inorganic fertilizer for sixty years on soil fertility and rice yield in paddy field[C]// Society of Soil Science Transactions 14th International Congress of Soil Science. Kyoto, Japan:

Chugoku National Agriculture Experiment Station Fukuyama, Japan.
1990, Volume IV: 14—19.

- [29] Glendining M J, Powlson D S. 130 years of inorganic nitrogen fertilizer application to the broadbalk wheat experiment: The effect on soil

organic matter[C]// Society of Soil Science Transactions 14th International Congress of Soil Science. Kyoto, Japan: Chugoku National Agriculture Experiment Station Fukuyama, Japan. 1990, Volume IV: 9—13.

Effects of different fertilization systems on crop yield and soil P and K fertility

YU Wan-tai, MA Qiang, ZHOU Hua

(*Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016, China*)

Abstract: A study on crop yield and soil P and K fertility was conducted based on a consecutive 19-year field trial in different fertilization systems. The result indicated that N treatment had a significant yield-increasing effect on maize. Soybean yield increased with the application of K fertilizer, while the application of P fertilizer could not increase soybean yield significantly. The application of recycled manure increased soybean seeds and maize grain yields to a certain degree. Combined application of NPK and recycled manure could not only increase significantly but also stabilize crop yield. In the treatments without phosphorous fertilizer, the available P content decreased rapidly in the first several years, then the rate of decrease slowed over time. In the treatments with phosphorous, the soil available P content increased significantly. The concentration of soil available K and slow-release K decreased significantly without K fertilizer application, and the concentration of soil available K and slow-release K maintained the initial value in NPK treatment. The application of recycled manure and NPK fertilizer increased significantly the concentration of soil available K, while the increment of slow-release K was not significant.

Keywords: application of fertilizer; soil fertility; yield

(上接第 118 页)

Difference of Fe content of wheat seed between high-Fe genotypes and low-Fe ones and its relation to agronomic characteristics

ZHAO Jun-xia^{1,2,3}, QIAO Xian-hua^{1,2}, ZHANG Ping-ping^{1,2}, CHEN Jian-mei⁴, GAO Ya-jun^{1,2}

(1. *College of Resources and Environmental Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China*;

2. *Key Lab for Agricultural Resources and Environmental Remediation in Loess Plateau of Agriculture Ministry of China,*

Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. *Shaanxi Xianyang Institute of Environment Sciences, Xianyang,*

Shaanxi 712000, China; 4. *Shaanxi Fengxiang Horticulture Station, Fengxiang, Shaanxi 721400, China*)

Abstract: A pot experiment was conducted to screen Fe content in wheat seeds among 35 genotypes and to investigate the difference of agronomic characteristics of various genotypes and the relationship between economic characteristics and Fe content of wheat seed. The results showed that significant difference of Fe content in wheat seeds was found among 35 genotypes, ranging from 30.5 mg/kg to 43.4 mg/kg (Fe fertilizer treatments) and 22.6 mg/kg to 40.9 mg/kg (No Fe fertilizer treatments). Fe fertilizer treatment trended to increase Fe content. There were differences between high-Fe genotypes and low-Fe genotypes in yield, biomass and other agronomic characteristics. These differences depended on Fe fertilizer. When Fe fertilizer was applied, less wheat yield of high-Fe genotype was found, compared to low-Fe genotypes. High-Fe genotypes also had less grain number per spike, 1000-grain-weight, plant height and tillers, compared to low-Fe genotypes. There was no remarkable correlation between wheat seed Fe content and yield, stem biomass, glume biomass, harvest index and grain number per spike while there was significant negative correlation between wheat seed Fe content and 1000-grain-weight. Fe accumulated in wheat seeds had significant positive correlation to stem biomass, glume biomass and grain number per spike, but no correlation to 1000-grain-weight.

Keywords: wheat; genotype; seed; Fe; agronomic characteristics