

## 冀东滨海平原稻区土壤钾库状况与变化

张月博<sup>1</sup>, 刘建玲<sup>1\*</sup>, 杨 扬<sup>2</sup>, 廖文华<sup>1</sup>, 杨绍国<sup>2</sup>, 赵英杰<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学资源与环境科学学院, 河北 保定 071001;

2. 唐山市曹妃甸区农林畜牧水产局, 河北 唐山 063200)

**摘 要:**通过对大面积土壤各形态钾的定位监测,研究了1982~2016年30余年间冀东滨海平原稻区土壤钾库的现状、变化及其影响因素,分析了成土母质、耕种施肥等对该区域土壤钾库的影响。主要结果:(1)冀东滨海平原稻区土壤全钾、缓效钾、速效钾平均含量分别为23.04 g/kg、1 615.94 mg/kg、247.37 mg/kg。种稻40~70余年间,各年限土壤全钾、速效钾分别维持在23.96 g/kg、257.41 mg/kg左右。与种稻40年相比,缓效钾年均减少20.19 mg/kg。(2)不同母质土壤全钾、缓效钾、速效钾含量大小顺序为:海相沉积物、泻湖沉积物>河流冲积物;土壤缓效钾/全钾和速效钾/全钾均为海相沉积物、泻湖沉积物>河流冲积物,3种母质发育的土壤速效钾/缓效钾差异不显著;海相沉积物、泻湖沉积物二者之间的各形态钾含量及比值均无显著差异。(3)土壤速效钾与土壤盐分、有机质均呈显著正相关关系;土壤速效钾与有效磷无显著相关关系。主要结论:随种植年限增加,土壤全钾、速效钾无显著变化,缓效钾显著下降。海相沉积物、泻湖沉积物发育的土壤全钾、缓效钾、速效钾的含量均显著高于河流冲积物,土壤速效钾与盐分呈显著正相关关系。稻区土壤钾输入量小于水稻钾的输出量,随着种植年限的增加,逐渐消耗土壤缓效钾。

**关键词:**滨海平原;稻区;土壤钾库;成土母质;影响因素

水稻是冀东滨海平原的主栽作物<sup>[1]</sup>,水稻种植已有70余年<sup>[2]</sup>,已有资料表明,每生产1 000 kg的稻谷,地上部需吸收钾19.0~27.4 kg<sup>[3]</sup>,每年水稻种植中带走土壤大量的钾,但冀东滨海平原稻区施用钾肥水稻增产效果并不显著<sup>[4]</sup>。大量资料表明,土壤全钾、缓效钾、速效钾状况是影响钾肥产量效应的重要因素<sup>[5]</sup>,而土壤母质是影响土壤钾库状况的主要因素<sup>[6-7]</sup>。目前关于土壤母质对土壤钾的影响研究多集中在土壤粘土矿物类型对钾的固定与释放及其特点<sup>[8]</sup>。已有的关于稻区土壤钾库状况及钾肥产量效应的研究多集中在南方双季稻施用钾肥的产量效应及其对土壤钾的影响<sup>[9-10]</sup>;而关于土壤钾库及影响因素的研究多为旱田土壤上施用钾肥对土壤钾形态、供钾能力等的影响<sup>[11-12]</sup>及秸秆还田对土壤钾库的影响<sup>[13]</sup>。

综上已有资料,关于从20世纪80年代初第二次土壤普查至今,冀东滨海平原稻区土壤钾库现状与变化、成土母质等因素对土壤钾库的影响等研究尚少。而这些研究对于揭示滨海平原区土壤母质及地貌对土壤钾的影响机理、科学利用土壤钾养分资源具有重要意义。针对上述问题,本文以冀东滨海平原曹妃甸区为代表区域,系统研究冀东滨海平原稻区土壤钾库的状况与演变,母质等因素对土壤钾库的影响,旨在为水稻持续高产下科学管理土壤钾养分资源提供理论依据,为科学施用钾肥提供技术参数。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地点概况

冀东滨海平原代表县曹妃甸区(北纬39° 07' 43"~39° 27' 23",东经118° 12' 12"~118° 43' 16")。属于暖温带半湿润大陆性季风气候类型,无霜期188 d,年均降水量622 mm。冀东滨海平原包括滦河水系形成的冲积平原末端和滨海(渤海)平原,土壤母质包括海相沉积物、泻湖沉积物、河流冲积物<sup>[4]</sup>,其中海相沉积物占78.64%、泻湖沉积物占13.43%、河流冲积物占7.93%<sup>[2]</sup>。

收稿日期:2019-01-04;录用日期:2019-03-29

基金项目:河北省科技支撑项目(12220204D)。

作者简介:张月博(1993-),女,河北石家庄人,在读硕士研究生,主要从事新型肥料与高效施肥研究。E-mail: 779156383@qq.com。

通讯作者:刘建玲, E-mail: jlliu@hebau.edu.cn。

## 1.2 数据来源

第二次土壤普查部分数据材料<sup>[2]</sup>, 2008 ~ 2011 年测土配方施肥项目中的土壤养分测定结果<sup>[4]</sup>; 2015 ~ 2017 年与二次土壤普查样点重合土壤养分定位监测, 点对点比较土壤各形态钾的变化, 共计 400 个样点。

种稻年限基于二次土壤普查数据(土壤样点图及水稻种植状况的记载等), 结合测土配方施肥项目的取样点来确定文中土壤样点<sup>[2, 4]</sup>, 土壤钾的收支平衡数据基于测土配方施肥项目中的“3414”试验钾肥在水稻上的产量效应的数据<sup>[4]</sup>。

## 1.3 测定项目

土壤全钾、缓效钾、速效钾、全盐、有机质、有效磷等, 采用常规土壤分析方法<sup>[14]</sup>。

## 1.4 数据分析

用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 冀东滨海平原稻区土壤钾素现状

冀东滨海平原土壤钾库现状及变化如表 1 所

示。土壤全钾、缓效钾、速效钾的平均含量分别为 23.04 g/kg、1 615.94 mg/kg、247.37 mg/kg。缓效钾 / 全钾为 7.0%; 速效钾 / 全钾为 1.1%; 速效钾 / 缓效钾为 15.3%。

与 20 世纪 80 年代初二次土壤普查时相比, 土壤全钾、速效钾含量无显著变化。

表 1 冀东滨海平原稻区土壤钾库现状及变化

项目	现在			1982 年		
	全钾 (g/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	全钾 (g/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
平均	23.04	1 615.94	247.37	22.19	—	170.00
偏差	2.48	418.22	61.22	2.25	—	90.51

注: n=400; 1982 年数据来源于第二次土壤普查的基础材料。

### 2.2 不同母质对土壤钾库的影响

不同母质对土壤钾库的影响如表 2 所示。土壤各形态钾的含量海相沉积物和泻湖沉积物显著高于河流冲积物, 海相沉积物、泻湖沉积物二者之间差异不显著。

表 2 不同土壤母质对土壤钾库的影响

成土母质	项目	全钾 (g/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	缓效钾 / 全钾 (%)	速效钾 / 全钾 (%)	速效钾 / 缓效钾 (%)
海相沉积物	平均	23.46a	1 671.25a	254.15a	7.1a	1.1a	15.2a
	偏差	2.60	340.58	59.42	—	—	—
泻湖沉积物	平均	23.14a	1 605.07a	251.44a	6.9a	1.1a	15.7a
	偏差	1.99	390.28	68.59	—	—	—
河流冲积物	平均	18.74b	1 085.88b	173.22b	5.8b	0.9b	16.0a
	偏差	2.11	463.42	66.63	—	—	—

注: 同列数据后不同小写字母表示不同母质间差异达 5% 显著水平。

海相沉积物和泻湖沉积物发育的土壤中供钾潜力显著高于河流冲积物发育的土壤。即海相沉积物和泻湖沉积物土壤钾库中速效钾、缓效钾占全钾的比值相对高, 两种母质之间差异不显著。

### 2.3 种稻年限对土壤钾库的影响

不同种稻年限土壤钾库的状况如表 3 所示。随着种稻年限的增加, 土壤全钾和速效钾无显著变化, 缓效钾显著下降。随种稻年限增加, 各年限土壤全钾、速效钾平均(加权)分别维持在 23.96 g/kg、257.41 mg/kg 左右。与种稻 40 年相比, 缓效钾呈明显下降趋势, 年均减少 20.19 mg/kg。

随着种稻年限增加, 缓效钾 / 全钾呈明显下降趋势, 速效钾 / 全钾无显著变化, 速效钾 / 缓效

钾呈显著升高趋势。其中, 与种稻 40 年相比, 种稻 50 年缓效钾 / 全钾无显著变化, 60、70 年缓效钾 / 全钾分别下降了 1.5、2.2 个百分点; 种稻 50、60、70 年速效钾 / 缓效钾分别增加了 1.0、2.2、3.4 个百分点。种稻 40 ~ 70 年间速效钾 / 全钾无显著变化。

### 2.4 土壤盐分与土壤速效钾的关系

土壤盐分与土壤速效钾的关系如图 1 所示。随着土壤盐分的增加, 土壤速效钾逐渐增加, 土壤速效钾与土壤盐分呈显著正相关关系, 其相关方程为:

$$y=503.44x^{0.36} (r=0.523 1^{**})$$

其中, x 为水溶性盐 (%), y 为速效钾 (mg/kg)。

表 3 不同种稻年限土壤钾库的状况

年限 (年)	项目	全钾 (g/kg)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	缓效钾 / 全钾 (%)	速效钾 / 全钾 (%)	速效钾 / 缓效钾 (%)
40	平均	24.55a	2 025.12a	262.92a	8.2a	1.1a	11.5d
	偏差	0.94	162.85	23.16	—	—	—
50	平均	23.76a	1 822.01ab	259.14a	7.7a	1.1a	12.5c
	偏差	1.04	208.92	15.07	—	—	—
60	平均	24.16a	1 611.16bc	256.20a	6.7b	1.1a	13.7b
	偏差	0.85	182.46	17.69	—	—	—
70	平均	23.86a	1 430.99c	251.40a	6.0b	1.1a	14.9a
	偏差	1.10	185.99	22.21	—	—	—

注：同列数据后不同小写字母表示不同种稻年限间差异达 5% 显著水平。

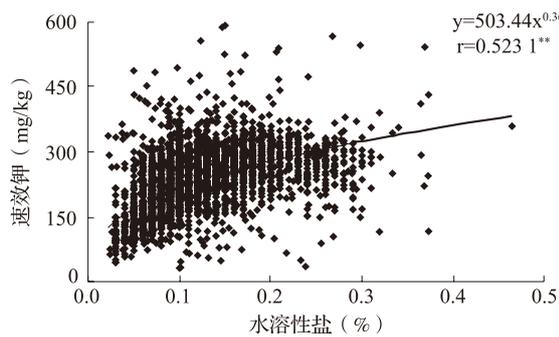


图 1 土壤水溶性盐与土壤速效钾的关系

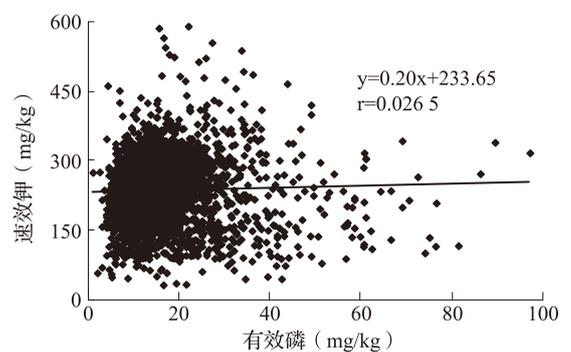


图 3 土壤有效磷与土壤速效钾的关系

### 2.5 土壤有机质与土壤速效钾的关系

土壤有机质与土壤速效钾的关系如图 2 所示。随着土壤有机质的增加，土壤速效钾含量呈逐渐增加的趋势。土壤速效钾与有机质呈显著正相关关系，其相关方程为：

$$y=2.84x+188.87 \quad (r=0.2236^{**})$$

其中，x 为有机质 (g/kg)，y 为速效钾 (mg/kg)。

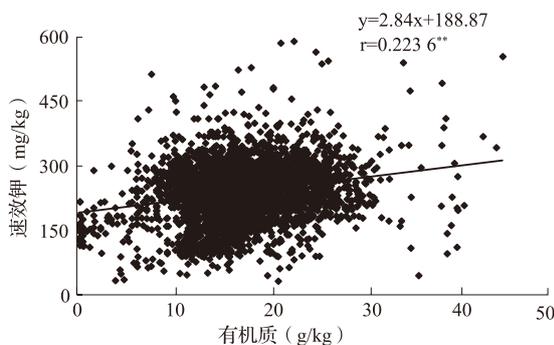


图 2 土壤有机质与土壤速效钾的关系

### 2.6 土壤有效磷与土壤速效钾的关系

土壤有效磷与土壤速效钾的关系如图 3 所示。土壤速效钾与有效磷无显著相关关系。

### 2.7 土壤钾的收支平衡状况

基于钾肥在水稻上的产量效应结果<sup>[4]</sup>计算土壤钾的收支平衡状况，结果如表 4 所示。K 用量分别为 0.0(K<sub>0</sub>)、31.12(K<sub>1</sub>)、62.24(K<sub>2</sub>)、93.36(K<sub>3</sub>) (K<sub>2</sub>O 用量 0、37.5、75.0、112.5) kg/hm<sup>2</sup> 时，土壤钾的收支表观平衡均亏，分别为 -100%、-85.6%、-72.0%、-56.7%。K<sub>0</sub> 处理相对于 K<sub>2</sub> 处理水稻产量 96.7%，即土壤供钾量 167.79 kg/hm<sup>2</sup>，考虑土壤供钾量后，各钾肥处理土壤钾实际盈余量分别为 0、30.03、56.37、92.78 kg/hm<sup>2</sup>。可见，理论上计算 K 用量 31.12 kg/hm<sup>2</sup> 即可满足目前水稻产量水平下其生长需求，土壤钾处于积累状态。

基于表 4 水稻产量、秸秆及稻谷和秸秆全钾量计算，每形成 1 000 kg 稻谷，需要钾 23.10 kg，其中，水稻吸收钾在籽粒和秸秆的分配比例为：籽粒占 12.2%，秸秆占 87.8%。水稻种植中根茬（根系 + 地上部 15 cm 残茬）还田量相当于秸秆量的 25%。这样计算，K 用量分别为 K<sub>0</sub>、K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub> 水平时土壤钾收支表观平衡分别为 -100%、-81.6%、-64.2%、-44.6%。

表 4 土壤钾平衡状况

处理	稻谷产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	相对产量 (%)	钾肥输入 K (kg/hm <sup>2</sup> )	籽粒输出 K (kg/hm <sup>2</sup> )	秸秆输出 K (kg/hm <sup>2</sup> )	根茬还田 K (kg/hm <sup>2</sup> )	总输出 K (kg/hm <sup>2</sup> )	表观平衡 (%)	根茬还田 表观平衡 (%)	土壤盈余 (kg/hm <sup>2</sup> )
K <sub>0</sub>	9 307.5 ± 450.3	96.7	0.00	26.13	188.88	47.22	167.79	-100.0	-100.0	0.00
K <sub>1</sub>	9 364.5 ± 469.7	97.2	31.12	26.38	190.00	47.50	168.88	-85.6	-81.6	30.03
K <sub>2</sub>	9 630.0 ± 403.4	100	62.24	27.13	195.38	48.85	173.66	-72.0	-64.2	56.37
K <sub>3</sub>	9 336.0 ± 560.1	96.9	93.36	26.25	189.50	47.38	168.37	-56.7	-44.6	92.78

注：“3414”试验钾肥产量效应<sup>[4]</sup>，各处理 N 用量 267 kg/hm<sup>2</sup>，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 用量 75 kg/hm<sup>2</sup>。根茬还田量占秸秆量的 25%。

相对产量 (%) = K<sub>0</sub> 产量 / K<sub>2</sub> 产量 × 100；

表观平衡 (%) = (钾肥输入 K 量 - 输出 K 量) / 输出 K 量 × 100，输出 K 量 (kg/hm<sup>2</sup>) = 籽粒输出钾量 + 秸秆输出钾量；

根茬还田表观平衡 (%) = (钾肥输入 K 量 - 总输出 K 量) / 总输出 K 量 × 100，总输出 K 量 (kg/hm<sup>2</sup>) = 籽粒输出 K 量 + 秸秆输出 K 量 - 根茬还田 K 量；

土壤盈余 (kg/hm<sup>2</sup>) = 钾肥输入 K 量 + 土壤供 K 量 - 总输出 K 量。

### 3 讨论

#### 3.1 成土母质对土壤钾库的影响

成土母质是影响植物矿物质养分含量尤其是土壤养分容量、缓效养分含量的主要因素。土壤速效养分供应强度主要受其缓效养分含量的影响，而其土壤全量养分含量对速效养分的影响主要取决于成土母岩的矿物类型（山地或丘陵区域的洪冲积物）、粘土矿类型（平原区域的冲积物、湖积物、海积物等）等因素<sup>[15-17]</sup>。土壤钾库受土壤母质影响的原因是由于母质反映了土壤含钾矿物的构成，从而影响土壤钾供应的容量和强度，同时母质是影响土壤物理性质，尤其是团粒结构的主要因素。

本研究结果表明：成土母质是影响冀东滨海平原稻区土壤钾库及供钾能力的主要因素，土壤全钾、缓效钾、速效钾含量均表现为海相沉积物和泻湖沉积物显著高于河流冲积物。这与已有相关研究结果：土壤供钾强度、容量及其缓冲能力为海相沉积物 > 河流冲积物、黄土性物质<sup>[18]</sup>，土壤速效钾空间变异特征受成土母质的影响<sup>[19]</sup>等结论一致。本研究区域河流冲积物母质源于滦河冲积物，河流冲积物质地轻，以硅酸盐为主；海相沉积物源于渤海，其中低洼区域发育泻湖微地形，形成泻湖沉积物，两种母质均呈淤泥状细颗粒物理性状，土壤粘重，且粘粒矿物组成以 2:1 型的伊利石为主<sup>[20]</sup>。这是影响该区域不同成土母质发育的土壤钾库显著不同的主要因素。

#### 3.2 种稻年限对土壤钾库的影响

耕种施肥年限是影响土壤养分的重要因素。本研究结果表明，种稻 40 ~ 70 年内，随着种稻年限

的增加，土壤全钾、速效钾无显著变化，缓效钾显著下降。结合水稻“3414”试验中钾肥用量和对应产量结果得到的土壤钾收支平衡数据：K<sub>2</sub>O 用量为 0.0、75.0 (K<sub>2</sub> 水平) kg/hm<sup>2</sup> 时，相当于每年分别从土壤中带走钾 167.79、111.42 kg/hm<sup>2</sup>，结合土壤容重 1.37 g/cm<sup>3</sup><sup>[2]</sup>，理论上计算相当于每年耕层土壤钾分别减少 61.24、40.66 mg/kg。可见，导致该区域土壤缓效钾下降而速效钾无变化的主要原因是作物消耗的钾高于土壤输入钾，而土壤缓效钾补给了速效钾，这样土壤速效钾未显著变化而缓效钾明显降低。此结果与鲍士旦等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。而全钾的含量未显著变化原因可能是：一是土壤全钾含量高，土壤钾库容量大，这样土壤全钾数值上无显著变化；二是该区域地下水矿化度高，其 K<sup>+</sup> 含量为 1.9 ~ 5.5 mg/L<sup>[22]</sup>，地下水位很浅，水稻灌溉期间地下水与稻田地上灌溉水连通，地下水的钾理论上会补给土壤钾，这也可能是速效钾未显著变化的原因之一。关于地下水钾与土壤各形态钾库量化关系及影响因素等有待于进一步深入研究。

#### 3.3 土壤盐分、有机质、有效磷与速效钾相关性

冀东滨海平原土壤母质以渤海冲积物为主，土壤盐分含量为海相沉积物、湖相沉积物 > 冲积物，其盐基离子 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 有相同趋势，海相沉积物、湖相沉积物区域地下水位低，地下水的矿化度高，在一定程度上可能对土壤钾有补给作用<sup>[2, 4]</sup>。因此随着土壤盐分的增加，土壤速效钾的含量逐渐增加。

周晓芬等<sup>[23]</sup>在研究河北省褐、潮土区土壤钾素形态及供钾能力时发现土壤速效钾与有机质间呈极显著正相关。本研究表明有机质与速效钾存在显

著正相关关系。这是由于：该区域每年还田稻茬约 15 cm，相当于 25% 秸秆还田。水稻秸秆还田过程中养分释放量为碳（有机碳）> 钾 > 氮 > 磷，秸秆中氮、磷含量很低且释放量相对较少<sup>[24]</sup>，表现为土壤速效钾的补充和有机质的积累。因此土壤速效钾与有机质间出现了正相关关系，但有机质不是影响土壤钾库的主要因素。从数据分析看，由于是大样本量分析，统计上二者显著相关，但相关系数小。

该区域土壤磷库以无机磷为主，而 Ca-P 占无机磷的比重显著低于石灰性土壤，Al-P、Fe-P、O-P 占无机磷比重尤其是 Al-P、Fe-P 占无机磷的比重显著高于北方石灰性土壤<sup>[25]</sup>。长期土壤磷输入大于输出是导致有效磷增加的主要原因<sup>[26]</sup>，耕种施肥是影响该区域土壤有效磷增加的主要原因，表现出河流冲积物发育的土壤有效磷高于海相沉积物、泻湖沉积物发育的土壤有效磷<sup>[4, 27]</sup>，而土壤母质是影响该区域土壤速效钾含量的主要因素，数据上统计，有效磷与速效钾含量间无相关关系。

#### 4 结论

土壤全钾、缓效钾、速效钾的平均含量分别为 23.04 g/kg、1 615.94 mg/kg、247.37 mg/kg。种稻 40 ~ 70 年间，随着种稻年限的增加，土壤全钾、速效钾无显著变化，缓效钾呈显著下降趋势。

不同成土母质发育的土壤全钾、缓效钾、速效钾含量均为海相沉积物和泻湖沉积物显著高于河流冲积物；土壤缓效钾 / 全钾、速效钾 / 全钾有相同规律，3 种母质间速效钾 / 缓效钾值无显著差异。海相沉积物、泻湖沉积物二者之间的土壤各形态钾含量及比值均无显著差异。

土壤速效钾与土壤盐分、有机质均呈显著正相关关系，土壤速效钾与有效磷无显著相关关系。

#### 参考文献：

[1] 唐山市统计局. 唐山统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.205.  
 [2] 柏各庄垦区农林局土壤组. 柏各庄农垦区土壤志 [M]. 柏各庄垦区农林局, 1983.12.  
 [3] 胡泓, 王光火. 施钾条件下杂交水稻氮磷养分吸收利用特点 [J]. 土壤通报, 2003, 34 (3): 202-204.  
 [4] 刘建玲, 杨绍国, 李彩云. 河北省唐海县耕地地力评价与利

用 (第一版) [M]. 北京: 知识产权出版社, 2013.12.  
 [5] 谢建昌, 周健民. 我国土壤钾素研究和钾肥使用的进展 [J]. 土壤, 1999, (5): 244-254.  
 [6] 朱永官, 罗家贤. 我国南方一些土壤的钾素状况及其含钾矿物 [J]. 土壤学报, 1994, (4): 430-438.  
 [7] 欧阳志标, 罗建新, 王娟. 湖南不同母质植烟土壤钾的形态与特征 [J]. 中国土壤与肥料, 2016, (1): 13-17, 52.  
 [8] 潘大伟, 梁成华, 杜立宇. 土壤含钾矿物的释钾研究进展 [J]. 土壤通报, 2005, 36 (2): 253-258.  
 [9] 鲁艳红, 廖育林, 聂军, 等. 连续施肥对不同肥力稻田土壤基础地力和土壤养分变化的影响 [J]. 中国农业科学, 2016, 49 (21): 4169-4178.  
 [10] 岳龙凯, 蔡泽江, 徐明岗, 等. 长期施肥红壤钾有效性研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21 (6): 1543-1550.  
 [11] 徐晓燕, 马毅杰, 张瑞平. 土壤中钾的转化及其与外源钾的相互关系的研究进展 [J]. 土壤通报, 2003, 34 (5): 489-492.  
 [12] Schneider A. Characterisation of soil potassium supply as derived from sorption-desorption experiments [J]. Plant & Soil, 2003, 251 (2): 331-341.  
 [13] 谭德水, 金继运, 黄绍文, 等. 长期施钾与秸秆还田对华北潮土和褐土区作物产量及土壤钾素的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14 (1): 106-112.  
 [14] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.  
 [15] 黄昌勇. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.  
 [16] 熊毅, 李庆奎. 中国土壤 (第二版) [M]. 北京: 科学出版社, 1983.  
 [17] 李承绪. 河北土壤 [M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1990.  
 [18] 祝贺, 孙志高, 衣华鹏, 等. 曹妃甸近岸表层沉积物粒度和粘土矿物分布特征研究 [J]. 地球与环境, 2017, 45 (3): 306-313.  
 [19] 邱卫文, 谭成君, 雷永振, 等. 辽宁省稻田土壤供钾状况研究 [J]. 土壤通报, 2003, 34 (4): 302-307.  
 [20] 庞凤, 李廷轩, 王永东, 等. 土壤速效氮、磷、钾含量空间变异特征及其影响因子 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15 (1): 114-120.  
 [21] 鲍士旦, 史瑞和. 土壤钾素供应状况的研究—II. 土壤供钾状况与水稻吸钾间的关系 [J]. 南京农业大学学报, 1984, (4): 70-78.  
 [22] 王聪, 梁杏, 李静. 唐山曹妃甸浅层水咸化机制及反向模拟 [J]. 地质科技情报, 2012, 31 (3): 104-108, 115.  
 [23] 周晓芬, 刘宗衡, 于增寿. 河北省褐、潮土区土壤钾素形态及供钾能力 [J]. 华北农学报, 1995, (3): 98-102.  
 [24] 戴志刚, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 不同作物还田秸秆的养分释放特征试验 [J]. 农业工程学报, 2010, 26 (6): 272-276.  
 [25] 黄欣欣, 廖文华, 刘建玲, 等. 河北省典型土壤磷库状况及对长期施磷和秸秆还田的响应 [J]. 中国土壤与肥料,

2017, (6): 30-36.

652-661.

- [26] 刘建玲, 李仁岗, 廖文华, 等. 河北粮田和菜地土壤大、中、微量元素肥力研究 [J]. 土壤学报, 2009, 46 (4):
- [27] 王素华, 刘建玲, 张树明. 河北省唐山市耕地地力评价与利用 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2016. 5.

### Changes of soil potassium pool in paddy area of the coastal plain, eastern Hebei

ZHANG Yue-bo<sup>1</sup>, LIU Jian-ling<sup>1\*</sup>, YANG Yang<sup>2</sup>, LIAO Wen-hua<sup>1</sup>, YANG Shao-guo<sup>2</sup>, ZHAO Ying-jie<sup>1</sup> (1. College of Resources and Environment Sciences, Hebei Agricultural University, Baoding Hebei 071001; 2. Agriculture, Forestry, Animal Husbandry and Fishery Bureau of Caofeidian District, Tangshan City, Tangshan Hebei 063200)

**Abstract:** Based on in situ monitoring of various soil potassium forms, we investigated how parent material and long-term rice planting (from 1982 to 2016) changed soil potassium content in the coastal plain, eastern Hebei province. Results showed that: (1) Average contents of the total potassium, slowly available potassium and rapidly available potassium of the paddy soil were 23.04 g/kg, 1 615.94 mg/kg and 247.37 mg/kg, respectively. For the paddy soil with 40 ~ 70-years rice planting, the annual rate of the slowly available potassium pool was reduced by 20.19 mg/kg. (2) Soils developed from marine and lagoon sediments had similar potassium pools with respect to the total potassium, slowly available potassium and the rapidly available potassium, and also had similar proportions of the slowly available potassium to total potassium and the rapidly available potassium to total potassium, which were all greater than the respective ones of the alluvial sediments. In addition, for all three sediments no significant differences in the rapidly available potassium to the slowly available potassium proportion were found. (3) The soil salinity and organic matter were both positively correlated to the soil rapidly available potassium, and no significant correlations between the rapidly available potassium and the available phosphorus were observed. The conclusions showed that: With the increase of planting years, contents of the total potassium and rapidly available potassium of the paddy soil did not change significantly, slowly available potassium decreased significantly. The total potassium, slowly available potassium and the rapidly available potassium in marine and lagoon sediments were significantly higher than those in the alluvial sediments, and there was a significant positive correlation between the rapidly available potassium and the soil salinity. The potassium input in rice area was less than the potassium output, and the slowly available potassium was gradually consumed with the increase of growing years.

**Key words:** coastal plains; rice area; soil potassium; soil parent material; influencing factor