

# 不同钾素水平对水稻不同部位含钾量的影响<sup>①</sup>

陈智慧<sup>1</sup>, 王火焰<sup>1</sup>, 周健民<sup>1\*</sup>, 安林林<sup>2</sup>, 陈小琴<sup>1</sup>, 杜昌文<sup>1</sup>

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2 南京农业大学, 南京 210095)

**摘 要:** 通过盆栽试验研究了不同供钾水平下水稻各叶位的含钾量变化。结果表明, 水稻含钾量随生育期的推进逐渐下降, 下降幅度达 69% ~ 75%。水稻含钾量与生育期和土壤供钾水平有关: 分蘖期不同叶位的鞘、叶含钾量由上至下大幅下降, 鞘与叶的含量钾比值均大于 1, 且比值随叶片含钾量的增加而上升。拔节期钾素水平由低至高, 叶位间鞘、叶含钾量由上至下降低的趋势减弱; 鞘与叶含钾量比值为 0.26 ~ 1.49, 且随叶片含钾量的增加而增加。齐穗期, 低钾水平下, 叶位间鞘、叶含钾量由上至下降低, 高钾水平则相反; 鞘叶含钾量比值为 0.36 ~ 1.33。成熟期, 秸秆的含钾量范围为 2.8 ~ 22.9 g/kg, 随钾素水平增加而增加; 籽粒的含钾量约为 5.0 g/kg。综合不同时期含钾量变化规律可以看出, 水稻分蘖期上部叶是钾素优先积累的部位, 而叶鞘更是钾奢侈吸收储存的部位; 齐穗期以后, 钾奢侈吸收主要是积累到了中下部叶和叶鞘中。由于水稻植株钾含量因不同生育期、不同部位而变化很大, 根据植株钾含量来进行营养诊断需要考虑取样时期、取样部位, 而鞘、叶钾含量比值可能有较好的指示作用。

**关键词:** 水稻; 钾素水平; 含钾量; 鞘叶比

**中图分类号:** S153

钾是植物生长过程中必需的大量营养元素。植物吸钾量较高, 一般高于吸磷量, 低于吸氮量, 有时植株吸钾量也会高于吸氮量<sup>[1-3]</sup>。我国农田土壤复种指数较高, 随农作物产量的增加, 氮、磷肥用量也大幅度增加, 多数土壤中作物带走的钾量也在增加。在秸秆还田率不高、有机肥用量不足, 以及化肥钾用量也不高的情况下, 土壤钾素入不敷出, 耗竭加剧<sup>[4-5]</sup>。不少研究表明施钾对多种作物具有增产作用, 钾不足已成为限制作物高产的主要因子之一<sup>[10-12]</sup>。水稻是我国的主要粮食作物, 需钾量较大, 而且主产水稻的我国南方主要土壤供钾潜力低, 这也导致水稻缺钾容易发生<sup>[6-9]</sup>。因而了解水稻钾素营养特性, 合理施用钾肥对水稻高产稳产意义重大。

以往的研究表明, 各种植物的含钾量常因作物生育期及土壤供钾水平而异<sup>[13-18]</sup>。水稻植物钾含量也同样受多种因素的影响, 有研究表明水稻各叶位的含钾量由上至下逐渐降低<sup>[2]</sup>, 供钾水平较低时, 钾素在植株体内的含量存在明显的梯度, 而在钾素供应充足时, 叶位间含钾量差异减小<sup>[19-20]</sup>。已有的关于水稻植株钾含量方面的研究, 主要针对某一时期或主要部

位, 较为系统和详细的水稻植株钾含量变化规律目前尚未见报道。本研究拟通过室内盆栽试验, 研究我国不同种类土壤上, 钾供应水平对水稻植株不同器官钾含量的动态变化, 以期深入了解水稻植株钾含量的变化特征, 为水稻植株钾素诊断及钾营养调控提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试土壤分别采自安徽芜湖、湖南望城、江苏常熟、湖南怀化、重庆潼南、湖北潜江、湖北蕲春、安徽怀宁、福建漳州和广西北流, 土壤样品经自然风干、过筛, 土壤基本理化性质见表 1。供试水稻品种为汕优 63。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 盆栽试验设计** 将采集的土样自然风干、过筛, 每盆(直径为 23 cm, 高为 25 cm)装土 5 kg, 插秧 7 穴, 每穴 3 棵苗。每个土样设施钾(+K)及不施钾(CK)两个处理, 每处理设 3 个重复。施钾处理的钾肥用量根据原始土壤速效钾含量的高低来定, 速效钾低于 100 mg/kg 的 5 个土壤(安徽芜湖、湖南望城、江苏常熟、湖南怀化、重庆潼南)施钾量为 0.15 g/kg

基金项目: 农业部行业专项项目(201203013)、国际植物营养研究所中国项目(Nanjing-12)和国家自然科学基金项目(40971176)资助。

\* 通讯作者(jmzhou@issas.ac.cn)

作者简介: 陈智慧(1987—), 女, 重庆潼南人, 硕士研究生, 主要研究方向为植物钾营养。E-mail: zhchen@issas.ac.cn

表 1 土壤基本理化性质  
Table 1 Physiochemical properties of soil tested

采集地	速效钾 (mg/kg)	缓效钾 (mg/kg)	四苯硼钠钾 (mg/kg)	有机质 (g/kg)	pH	CEC (cmol/kg)
安徽芜湖	61.3	401	226	22.8	5.42	16.41
湖南望城	77.8	247	211	33.8	5.58	12.39
江苏常熟	66.7	422	259	43.4	6.01	14.15
湖南怀化	95.3	321	279	34.1	7.64	13.21
重庆潼南	95.3	571	435	13.9	7.55	19.52
湖北潜江	121.9	288	259	39.1	5.98	8.16
湖北蕲春	103.8	304	283	28.5	5.82	10.58
安徽怀宁	132.0	325	311	30.2	5.64	20.44
福建漳州	156.4	440	405	29.6	5.89	13.37
广西北流	347.6	476	573	27.7	6.13	22.31

K<sub>2</sub>O, 速效钾高于 100 mg/kg 的 5 个土壤(湖北潜江、湖北蕲春、安徽怀宁、福建漳州、广西北流)施钾量为 0.1 g/kg K<sub>2</sub>O。每千克土施 0.15 g N、0.1 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 氮肥按 4 : 3 : 3 做基肥、分蘖肥、穗肥 3 次施用, 磷、钾肥一次性基施。水稻生长期间根据天气情况及时补充蒸馏水。

**1.2.2 样品采集与测定** 分别在分蘖期(移栽后 21 天)、拔节期(移栽后 45 天)、齐穗期(移栽后 78 天) 3 次采集水稻植株样品, 每盆采集一穴水稻植株。各时期样品采集后根据部位分样, 分为茎、穗、1 叶、2 叶、3 叶、4 叶、1 鞘、2 鞘、3 鞘、4 鞘, 其中 1 叶、2 叶、3 叶、4 叶、1 鞘、2 鞘、3 鞘、4 鞘表示由上至下数第 1、2、3、4 片叶及第 1、2、3、4 的叶对应的叶鞘。成熟期(移栽后 112 天)整盆样全取, 并将籽粒与秸秆分开。分好的样品分别风干、称重, 磨细供分析用。植株钾素测定用硫酸+双氧水消煮, 稀释后用火焰光度计测定。

1.3 数据分析与统计

有关数据分析与统计采用 Excel、SPSS 17.0 软件。

2 结果与分析

2.1 钾素水平对各生育期水稻含钾量的影响

由于不同土壤的供钾能力不同, 不同土壤上水稻植株的含钾量具有差异, 图 1 可知在不施钾处理中, 各土壤上水稻的含钾量基本随土壤速效钾的增加而增加。施钾后土壤上的水稻含钾量都有所升高, 但各土壤的升高幅度不同, 由图 1 可知, 同一施钾水平, 不同土壤上水稻植株的含钾量升高幅度不同, 如施钾量为 0.15 g/kg K<sub>2</sub>O 的土壤上, 钾素水平低的芜湖、望城、常熟的水稻含钾量升高幅度较高, 而潼南、怀化土壤的含钾量升高幅度较低; 施钾量为 0.1 g/kg 的土壤上, 钾素水平相对较低的潜江、蕲春施钾后水稻含钾量升高幅度较大, 钾素水平相对较高的怀宁、漳州、北流土壤上施钾使水稻含钾量的升高幅度增加较低。根据图 1 各生育期土壤施钾处理与不施钾处理间水稻含钾量的差异大小可知, 施钾对分蘖期、拔节期的水稻含钾量影响较大, 而对齐穗期、成熟期的含钾量影响相对较小。可见钾肥使用在钾素水平较低的土壤以及在生育前期效用更大。

2.2 水稻整株含钾量动态变化

根据这 10 种土壤上, 20 个处理的土壤钾素水平及水稻植株含钾量的高低, 将土壤钾素水平分为 4 种情况, 用低、中、高、极高表示。低钾土壤为望城、芜湖不施钾处理; 中钾为怀化、潜江不施钾处理; 高钾为怀宁、怀化施钾处理; 极高钾为北流施钾及不施钾处理。以下的分析都将按该方法进行分析, 以确定不同钾素水平对水稻含钾量的影响。

植株的含钾量与植株所处的生育期有关(图 2), 移栽后, 随水稻生育期的推进, 植株含钾量逐渐下降, 由分蘖期的 16.2 ~ 44.3 g/kg 下降到成熟期的 4.1 ~ 13.8 g/kg。各生育期水稻含钾量的方差分析表明: 各钾素水平条件下, 生育期对植株含钾量均有极显著影

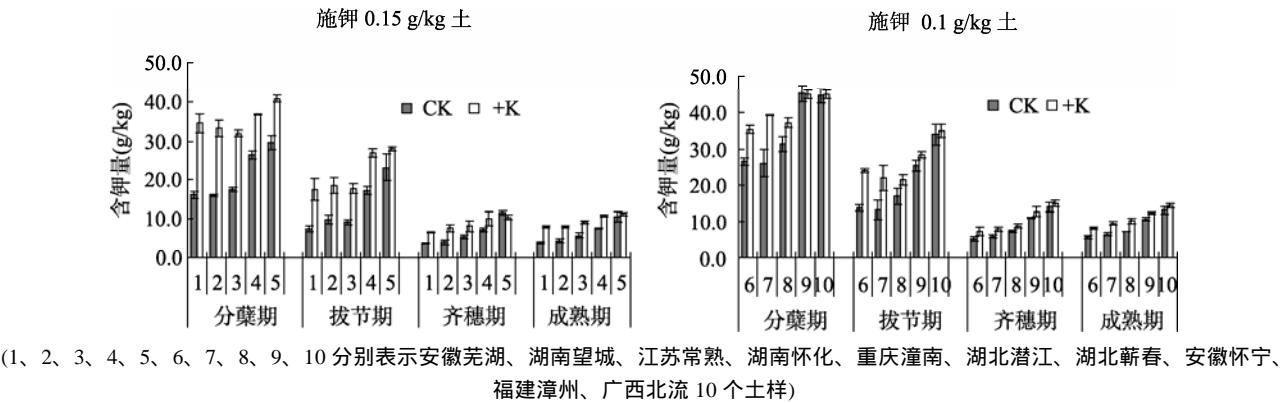
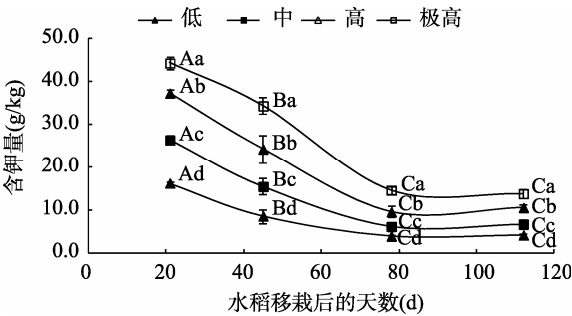


图 1 各种土壤上水稻钾素效应  
Fig. 1 Effect of potassium application on rice K content with different soils



(图中大写字母不同表示同一钾素水平不同生育期的水稻植株含钾量的差异达  $P<0.01$  显著水平,小写字母不同表示同一生育期不同钾素水平的水稻植株含钾量的差异达  $P<0.01$  显著水平)

图 2 整个生育期水稻整株含钾量的变化

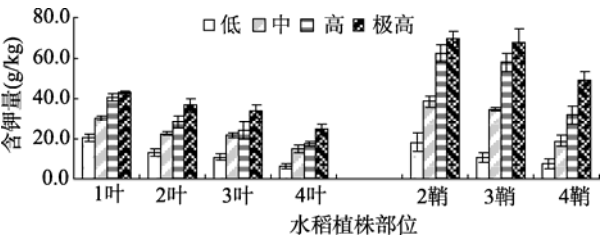
Fig. 2 K content changes of whole rice during whole growth period

响,即随着生育期的推进,水稻植株的含钾量呈极显著的降低趋势;多重比较显示,只有成熟期和齐穗期植株含钾量无显著差异,其他各时期之间均存在极显著差异。

分析图 2 中各生育阶段的含钾量降低速率可知,低、中、高钾水平下,植株含钾量从分蘖期至拔节期的下降速率较拔节期至齐穗期的下降速率大。而极高钾水平相反,分蘖期至拔节期的含钾量降低速率( $3.83\text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ )小于拔节期至齐穗期含钾量降低速率( $5.81\text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ )。这一差异可能是因为钾素水平高的情况下,前期土壤钾素供应充足,分蘖期至拔节期的下降速率较低,而拔节期至齐穗期土壤钾素供应能力减弱,所以降低速率较大。

2.3 水稻不同部位含钾量变化

2.3.1 分蘖期各部位含钾量变化 分蘖期水稻各部位钾含量随土壤供钾水平上升迅速增加(图 3)。极高钾水平植株叶的含钾量是低钾水平的  $2.03 \sim 3.64$  倍,含钾量倍数呈 1 叶<2 叶<3 叶<4 叶;极高钾水平植株鞘的含钾量是低钾水平的  $3.18 \sim 6.54$  倍,鞘的含钾量倍数呈 2 鞘<3 鞘<4 鞘。这表明钾素水平对下位叶、鞘的影响更大。



(第一片叶分蘖期不能区分鞘、叶,所以将 1 叶与 1 鞘合并表示为 1 叶(下同))

图 3 不同钾素水平下分蘖期水稻鞘、叶含钾量变化

Fig. 3 K content changes of rice sheath and leaf in different soil K levels at tillering stage

由图 3 可见,分蘖期,水稻叶片钾含量随叶位由上至下显著下降,即 1 叶>2 叶>3 叶>4 叶,且随着钾素肥力的升高,叶位间含钾量差异相对减小。低钾水平下,4 叶的含钾量为 2 叶的 47%,极高钾水平下,4 叶的含钾量为 2 叶的 67%,可见高钾水平,叶位间叶的含钾量差异较小。鞘的含钾量也呈类似规律,但鞘的含钾量由上至下的下降幅度更大,低钾水平下,4 鞘的含钾量仅为 2 鞘的 30%,极高钾水平下,4 鞘的含钾量仅为 2 鞘的 62%。

分蘖期水稻鞘的含钾量都高于对应叶的含钾量。由表 2 可知,随着钾素水平的升高,鞘叶含钾量比值增大,鞘叶含钾量比值表现为低钾<中钾<高钾 极高钾。在低钾时,鞘与叶的含钾量相当,各叶位鞘叶比为  $1.07 \sim 1.67$ ;中钾时,鞘叶比为  $1.28 \sim 1.75$ ,鞘叶比大于极缺钾的鞘叶比;在高钾及极高钾时,鞘的含钾量远高于对应叶,鞘叶比值较大,约为 2。

表 2 分蘖期水稻各部位含钾量比

Table 2 K content ratios of various parts of rice at tillering stage

钾素水平	各叶位鞘叶含钾量比值			叶位含钾量比值	
	2 鞘/2 叶	3 鞘/3 叶	4 鞘/4 叶	4 叶/2 叶	4 鞘/2 鞘
低	1.67	1.16	1.07	0.47	0.30
中	1.75	1.61	1.28	0.64	0.47
高	2.17	2.35	1.83	0.61	0.51
极高	2.10	2.14	1.92	0.67	0.62

2.3.2 拔节期各部位含钾量 拔节期,各种钾素水平条件下各器官的含钾量见表 3,水稻各部位的含钾量都以茎最高,而鞘与叶的含钾量大小关系与钾素水平有关,在低、中钾水平下,叶>鞘,在高、极高钾水平下,鞘>叶。随着钾素水平的提高,各器官的含钾量有所升高,以鞘增加幅度更大,增加幅度呈鞘>叶>茎。说明鞘含钾量弹性变化范围大,钾素对鞘的影响最大。

表 3 拔节期水稻各器官的含钾量(g/kg)

Table 3 K contents of various organs of rice at jointing stage

钾素水平	茎	叶	鞘
低	$13.3 \pm 2.0$	$7.9 \pm 1.6$	$4.6 \pm 1.4$
中	$19.0 \pm 2.4$	$14.3 \pm 1.7$	$13.1 \pm 3.9$
高	$29.6 \pm 5.7$	$20.6 \pm 1.6$	$27.6 \pm 6.0$
极高	$42.0 \pm 4.2$	$28.8 \pm 0.3$	$40.8 \pm 3.5$

拔节期,水稻各叶位鞘、叶的钾含量随土壤供钾水平上升而增加(图 4),其中鞘的增加幅度大于叶,即 2 鞘>2 叶,3 鞘>3 叶,4 鞘>4 叶;叶的增加幅度为 4 叶>3 叶>2 叶>1 叶;鞘的增加幅度以 4 鞘最大,4 鞘>3 鞘>2 鞘,可见钾素水平对下位叶、鞘影响更大。

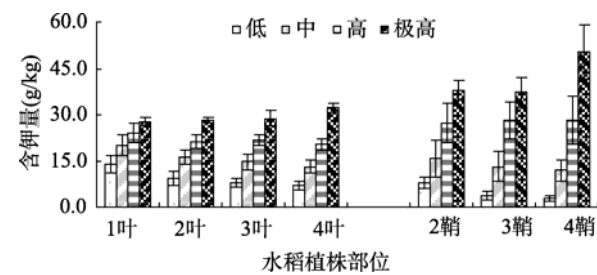


图 4 不同钾素水平下拔节期水稻鞘、叶含钾量变化  
Fig. 4 K content changes of rice sheath and leaf in different soil K levels at jointing stage

拔节期,不同叶位钾含量变化与分蘖期类似,但随着钾素水平的上升,水稻叶片钾含量随叶位由上向下呈现下降的趋势减弱,叶位间的含钾量差异减小。在低、中钾水平下,叶的含钾量由上至下逐渐降低;高钾水平下,叶位间叶含钾量无明显的梯度变化;极高钾水平下含钾量由上至下逐渐增加。鞘的含钾量规律与叶相似。可见随着钾素水平的上升,叶位间鞘及叶的含钾量的差异逐渐减小,含钾量梯度变化可以反映拔节期植株、土壤钾素水平的高低,在判断植株是否缺钾上具有潜力。

拔节期,鞘与叶的含钾量比值范围为 0.26 ~ 1.49,小于分蘖期鞘与叶含钾量比值 1.07 ~ 2.35;鞘与叶的含钾量比值仍然随钾素水平的升高而增加。由表 4 可知,在低、中钾水平下,鞘叶含钾量比值小于 1,且低钾<中钾;在高、极高钾水平下,鞘叶比大于 1,且高钾<极高钾;鞘叶含钾量比值总体呈低钾<中钾<高钾<极高钾。

表 4 拔节期水稻各部位含钾量比值  
Table 4 K content ratios of various parts of rice at jointing stage

钾素水平	各叶位鞘叶含钾量比值			叶位间含钾量比	
	2 鞘/2 叶	3 鞘/3 叶	4 鞘/4 叶	4 叶/2 叶	4 鞘/2 鞘
低	0.91	0.42	0.26	0.65	0.20
中	0.96	0.88	0.89	0.82	0.79
高	1.27	1.31	1.39	0.96	1.05
极高	1.34	1.22	1.49	1.14	1.27

**2.3.3 齐穗期钾素水平对水稻各部位含钾量规律的影响** 齐穗期,不同钾素水平下各器官的含钾量高低不同,其结果见表 5。在低钾时,穗的含钾量(4.7 g/kg)高于秸秆的含钾量(4.3 g/kg),其他 3 种钾素水平都以秸秆的含钾量高于穗的,且随钾素水平的升高秸秆与穗的含钾量差异逐渐增大。在不同钾素水平下,水稻穗、茎、鞘、叶的含钾量大小有差异,在低钾水平下,茎>穗>叶>鞘;在中钾水平下,茎>叶>鞘>穗;在高、极高钾水平下,叶>鞘>茎>穗。可见随钾素水平的升

高,各器官的含钾量都有所增加,秸秆的增加幅度远大于穗;各器官中以鞘的含钾量增加幅度最大,其次是叶、茎、穗。这表明,齐穗期各器官对钾素的响应程度不同,鞘的含钾量变化幅度最大,鞘对钾素反应较灵敏。

表 5 齐穗期各器官含钾量(g/kg)  
Table 5 K contents of various organs of rice at full heading stage

钾素水平	穗	茎	叶	鞘	秸秆
低	4.7 ± 0.7	7.8 ± 1.4	4.1 ± 1.7	2.3 ± 1.0	4.3 ± 1.3
中	4.6 ± 1.1	11.2 ± 3.4	11.0 ± 1.8	5.4 ± 0.2	8.5 ± 0.7
高	6.1 ± 0.6	12.9 ± 1.9	16.6 ± 1.2	14.3 ± 2.0	14.2 ± 0.9
极高	6.1 ± 0.5	12.5 ± 2.5	20.7 ± 1.2	17.6 ± 2.1	17.6 ± 1.4

齐穗期,水稻各叶位鞘、叶钾含量随土壤钾素水平上升而增加。极高钾水平叶的含钾量是低钾水平的 2.57 ~ 9.01 倍,其中,3 叶(9.01 倍)>4 叶(8.84 倍)>2 叶(6.43 倍)>1 叶(2.57 倍);鞘的含钾量增加幅度以 4 鞘最大,其极高钾的含钾量是低钾的 15.87 倍,其次是 3 鞘、2 鞘、1 鞘。

齐穗期含钾量规律见图 5,随钾素水平的升高,水稻各部位含钾量由上至下逐渐降低的趋势减弱,叶位间的含钾量差异减小,这与拔节期相似。在低、中钾水平下,鞘、叶的含钾量由上至下逐渐降低。高、极高钾水平下,叶位间含钾量的差异较小,极高钾水平下,鞘、叶的含钾甚至出现由上至下逐渐增加的趋势。齐穗期,鞘与叶含钾量比值为 0.36 ~ 1.33,较前两个时期小。水稻鞘与叶含钾量比值因钾素水平的不同而异,随着钾素水平的上升,比值基本呈增加的趋势,但规律不如分蘖期、拔节期明显。

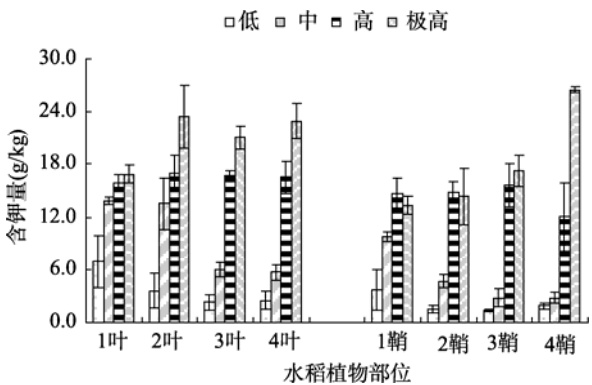
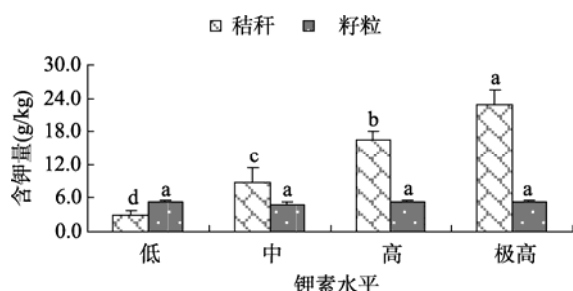


图 5 不同钾素水平下齐穗期水稻鞘、叶含钾量变化  
Fig. 5 K content changes of rice sheath and leaf in different soil K levels at full heading stage

**2.3.4 成熟期钾素水平对水稻秸秆、籽粒含钾量的影响** 由图 6 可知,成熟期水稻秸秆的含钾量差异较大,含钾量范围为 2.8 ~ 22.9 g/kg,最高含钾量是最

低含钾量的8倍。方差分析的结果表明,各钾素水平之间的秸秆含钾量存在极显著差异;不同水平之间籽粒的含钾量无显著差异,都在5.0 g/kg左右。可见秸秆对钾素较敏感,而籽粒对钾素反映较迟钝。



(图中小写字母不同表示在不同钾素水平土壤间水稻同一部位含钾量达到  $P < 0.01$  显著水平)

图6 成熟期籽粒、秸秆含钾量

Fig. 6 K contents of rice stalk and kernel at maturity stage

### 3 讨论与结论

#### 3.1 整个生育期不同钾素水平条件下水稻含钾量变化趋势

植株含钾量随水稻生育期推进逐渐降低,由分蘖期的16.2~44.3 g/kg下降到成熟期的4.1~13.8 g/kg,下降速率以分蘖期至拔节期的最大,这与王亚芝<sup>[16]</sup>、裴又良<sup>[17]</sup>、李玉鹏<sup>[21]</sup>和贾彦博等<sup>[22]</sup>的研究结果较一致,主要是由于随着生育期的推进水稻生物量逐渐增加,对含钾量有稀释作用,以及土壤钾素供应能力的下降使水稻含钾量降低;土壤钾素水平对整个生育期植株含钾量均有影响,影响最大的时期为拔节期,所以水稻前期钾素供应非常重要。

#### 3.2 钾素水平对水稻各生育期各器官含钾量变化的影响

分蘖期,各种钾素水平条件下,都呈现鞘的含钾量高于叶,这与朱维和等<sup>[20]</sup>的研究结果不一致:随着钾素水平的升高,都以鞘的含钾量增加更显著。拔节期,随着钾素水平的增加鞘的含钾量增加最大;各钾素水平条件下,各器官的含钾量顺序不同,低、中钾水平下,各器官含钾量顺序为茎>叶>鞘,高、极高钾水平下,顺序为茎>鞘>叶,钾素水平对鞘的含钾量影响最大,这与朱维和等<sup>[20]</sup>的研究结果不一致(叶鞘>叶>茎)。齐穗期,钾素水平对各器官的含钾量大小有影响,随着钾素水平的升高,叶的含钾量绝对增加量最大,而鞘的相对增加量最大;低钾水平下,各器官含钾量顺序为茎>穗>叶>鞘,中钾水平下,茎>叶>鞘>穗,高、极高钾水平下,叶>鞘>茎>穗。这与朱维和等<sup>[20]</sup>的研究结果具有一定的差异,一方面

是由于该研究是对不同钾素水平的水稻含钾量进行的研究,而钾素水平对各器官的含钾量影响大小不同;另一个原因可能是由于采样时间的差异。

#### 3.3 钾素水平对水稻各叶位鞘叶含钾量的影响

分蘖期,不同钾素水平下,各部位的含钾量都呈由上至下逐渐降低的趋势;各叶位鞘、叶钾含量比值均大于1,且该比值随土壤钾素水平的增加而显著上升。拔节期,钾素水平由低至高,叶位间含钾量由上至下呈现降低的趋势减弱,钾素水平对各叶位鞘的含钾量影响更大,以鞘的增加幅度更大;鞘与叶含钾量比值为0.26~1.49,且随钾素水平的增加而增加。齐穗期,钾素水平由低至高,叶位间由上至下含钾量下降的趋势减弱,含钾量较高时,出现下位含钾量高于上位;鞘叶含钾量比值为0.36~1.33。

综合3时期分析,随生育期的推进水稻各叶位鞘、叶的含钾量逐渐降低,水稻鞘与叶含钾量比值逐渐降低;各叶位含钾量随钾素水平的升高而增加,以鞘的增加幅度较大;不同时期含钾量变化规律可以看出,水稻分蘖期上部叶是钾素优先积累的部位,而叶鞘更是钾奢侈吸收储存的部位;齐穗期以后,钾奢侈吸收主要是积累到了中下部叶和叶鞘中。上面的结果表明,不同叶位间,各叶位的含钾量并不相同,且不同钾素水平条件下,各叶位鞘与对应叶的含钾量也有差异,所以根据植株钾含量来进行营养诊断需要考虑取样时期、取样部位,而鞘、叶钾含量比值以及叶位间含钾量比值可能有较好的指示作用。分蘖期及拔节期,水稻鞘与对应叶的含钾量比值随钾素水平的升高而增加,表明鞘叶含钾量比值可以反映土壤钾素水平的高低,根据水稻鞘叶的含钾量比值高低来判断钾素是否充足。拔节期及齐穗期,不同施钾水平条件下,各叶位的叶片含钾量变化梯度不同,低钾水平下各叶位含钾量由上至下逐渐降低,而随着钾素水平的增加这一趋势减弱,高钾水平还出现相反的趋势,这表明,叶位间叶片含钾量的梯度变化能反映土壤、植株钾素水平,可能在植株钾素营养诊断上具有重要作用。

#### 参考文献:

- [1] 杨振明,王波,鲍士旦,史瑞和. 耗竭条件下冬小麦的吸钾特点及其对土壤不同形态钾的利用[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 43-49
- [2] 张相林,姜福臣,李淑芹,许景刚,祝崇学,何万云. 水稻吸钾规律与钾素平衡的研究[J]. 东北农业大学学报, 1994, 25(4): 319-327
- [3] 李可,其其格,李刚,李春艳,曹国军. 不同施钾水平春玉米对钾的吸收、积累与分配[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9 455-9 456, 9 495

- [4] 鲁如坤, 刘鸿翔, 闻大中, 钦绳武, 郑剑英, 王周琼. 全国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究. 全国和典型地区养分循环和平衡现状[J]. 土壤通报, 1996, 27(5): 193-196
- [5] 廖育林, 郑圣先, 黄建余, 聂军, 谢坚, 向艳文. 施钾对缺钾稻田土壤钾肥效应及土壤钾素状况的影响[J]. 土壤肥料科学, 2008, 24(2): 255-260
- [6] 周健民, 范钦桢, 谢建昌. 农田养分平衡与管理[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000
- [7] 李胜利. 几种主要母质发育的水稻土钾素状况及钾肥施用技术[J]. 湖北农业科学, 2007, 46(3): 180-183
- [8] 肖志鹏, 张杨珠, 尹力初, 周卫军, 陈萼, 李晗. 湖南省主要类型水稻土的基本养分状况与肥力质量评价[J]. 湖南农业科学, 2008(2): 71-74
- [9] 廖志文, 廖照源, 鲁剑巍, 李文西, 胡承孝. 湖北省 4 种水稻土养分状况的系统研究[J]. 土壤, 2007, 39(6): 978-981
- [10] 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, 33(2): 73-77
- [11] 王建生, 黄福正, 王明德, 杜承林, 周健民, 祝斌. 漂阳白土上小麦施钾效应的研究[J]. 土壤, 1998, 30(4): 194-199
- [12] 武际, 郭熙盛, 王允青, 黄晓荣. 钾肥运筹对小麦氮素和钾素吸收利用及产量和品质的影响[J]. 土壤, 2008, 40(5): 777-783
- [13] 郭彬, 林义成, 丁能飞, 傅庆林, 刘琛. 水稻氮素及钾素叶位分布特点及诊断叶位研究[J]. 浙江农业学报, 2009, 21(3): 299-302
- [14] 赵天成, 李友宏, 陈晨, 马文林. 水稻需钾特性及施钾效应研究[J]. 宁夏农业科技, 2005(6): 7-8
- [15] 高聚林, 刘克礼, 张永平, 刘瑞香, 刘景辉. 春小麦钾素吸收、积累及分配规律的研究[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(3): 113-118
- [16] 王亚艺. 水稻-油菜轮作中钾肥效应及作物-土壤体系钾素动态变化研究(硕士学位论文)[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010
- [17] 裴又良. 超级杂交稻两优培九的营养特性研究[J]. 杂交水稻, 2005, 20(3): 68-70
- [18] 杨长明, 杨林章, 颜廷梅, 欧阳竹. 不同肥料结构对水稻群体干物质生产及养分吸收分配的影响[J]. 土壤通报, 2004, 35(2): 199-202
- [19] 陆景陵. 植物营养学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994
- [20] 朱维和, 温应和, 谢茂和. 水稻植株体内钾素的分布[J]. 土壤通报, 1982(2): 53-58
- [21] 李玉鹏. 氮磷钾肥施用对水稻产量形成于养分吸收的影响(硕士学位论文)[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2007
- [22] 贾彦博, 杨肖娥, 王为木. 不同供钾水平下水稻钾素吸收利用与产量的基因型差异[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 64-72
- [23] David D, Gene S. Rice potassium nutrition research progress[J]. Better Crops, 2005, 89(1): 15-17

## Dynamic Changes of Rice K Content Influenced by Different Soil K Levels

CHEN Zhi-hui<sup>1</sup>, WANG Huo-yan<sup>1</sup>, ZHOU Jian-min<sup>1\*</sup>, AN Lin-lin<sup>2</sup>, CHEN Xiao-qing<sup>1</sup>, DU Chang-wen<sup>1</sup>

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China;

2 Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Pot culture experiment was carried out to investigate the effect of soil K level on K contents in various parts of rice plants. The results showed that K content of rice plant reduced gradually during whole growth period. As compared with tillering stage, K content of rice plant decreased by about 69%–75% at maturity stage. Both growing stage and soil K level were the key factors affecting K content of rice plant. At tillering stage, K content of leaf and sheath reduced significantly from top leaf to lower leaves. The ratios of the sheath K content to the corresponding leaf K content were all higher than 1, and the ratios increased accordingly as leaf K content increased. At jointing stage, the similar trend of K content among leaves was also observed as compared with that of tillering stage, but the decrement of K content from top leaf to lower leaves became smaller, and K content ratios of sheath to leaf also reduced, which ranged from 0.26 to 1.49. At full heading stage, K content of upper leave and sheaths was higher than that of lower leave or sheaths when K supply in soil was lower, but K content of lower leave was higher than that of upper leaves when soil K supply was higher. At maturity stage, K content of rice stalk ranged from 2.8 to 22.9 g/kg as the soil K supply increased, while K content of rice seeds remained about 5.0 g/kg. The above results indicated that rice K was preferentially accumulated in upper leaves at tillering stage, and the sheath is the reserve for luxury K uptake, while the lower leave and sheaths were the reserve for luxury K uptake after full heading stage. As rice K content varied greatly among different growing stages and different organs, it's important to choose the right stage and right organ for rice K status diagnoses. The ratios of sheath K content to corresponding leaf K content is possible a good index for rice K status diagnoses.

**Key words:** Rice, Soil K level, K content, Ratio of sheath to leaf