

稻米中微量元素及有机组分分布特征的研究

武正华

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

关键词 微量元素 有机组分 分布特征 稻米

稻米的形成具有分层特征。这种分层特征可以从时间上反映稻米形成过程中元素从茎叶向穗的迁移情况。稻米中的物质与产地的土壤气候等环境因子有关, 其中微量元素的含量与水稻从土壤中吸收营养有关, 而有机质则是光合作用的产物。

作者系统研究了 Cu、Zn、Fe、Mn、Cd、Pb、Sr、C、H、N、S 在稻米中个各部分的分布特征及其相互关系。

1. 本论文最大创新之处是采用 C/N 作为不同品种稻米间微量元素的分层对比指标。不同品种稻米间微量元素的分层对比的关键在于选择对比指标。由于稻米质地的差异, 分层时有各自的特点, 前人选择的层数、质量等指标是没有意义的。而 C/N 与水稻生长机理密切相关, 选择其作为指标, 可以消除因品种差异所致的分层差别。选择 C/N 作为指标的理由如下: (1) C/N 反映了植物从叶向穗转移的有机物总量和含氮化合物之间的比值, 有机物总量反映了光合作用的能力, 也反映光合作用与吸收作用的对比。冈岛(1958)得出一个结论, 茎中含氮量与根系吸收密切正相关, 而穗中的含氮化合物是从茎中运输而来。因此, 可以推断穗中的氮含量与吸收强度密切相关。C/N 与植物的生理过程密切相关, 在植物不同的生理时期有不同的 C/N 比值。我们知道, 无论水稻品种之间的差别多大, 它们的生理过程是一样的。(2) 氮的转移涉及到氮的吸收、转移、分配等复杂的植物生理过程, 据前人研究(本庄一雄, 1971; 湖南省优质稻生产研究协作组, 1989; 自平宏和, 1970), 稻谷中的氮含量取决于施肥量和水稻生长阶段。采用 C/N 比值, 可以反映稻谷在同一氮素水平上的光合作用对比。不同稻谷在生长阶段的光合作用强度的变化是一致的。而笔者的研究表明, C/N 随层数的变化在 4 种稻米中十分相似。(3) C/N 比值可以消除测试系统误差, 使不同研究者的结果可对比性提高。(4) 前文已叙, C/N 比值与 Cu、Zn、Mn 等元素具有很强的相关性, 如果采用一个不相干的参数作为衡量指标, 那么这种比较是毫无意义的, 也不能揭示事物的本质。采用 C/N 比作为对比指标, 可以很好地将 4 种不同品种稻米的微量元素分布特征统一起来。

2. 本论文创新之二就是研究了 4 种不同品种稻米中的 C/N 和 N/S 的关系, 发现它们之间有如下关系:

$$C/N = 2.00 - N/S \times 0.980$$

这两个参数的关系尚未见报道, 这种参数是否具有普遍意义, 还有待进一步研究。建议在

其它地区进行类似的研究, 探讨上述通式系数与环境因子之间的关系。

3. 本论文创新之三就是系统研究了微量元素与有机组分之间的关系。前人往往孤立地研究微量元素与有机组分, 而没有将两者结合起来。作者研究了它们之间的关系, 并作了一些分析。

(1) 采用灰色系统理论中的关联分析方法, 研究了 C/N 与微量元素的相关关系。结果表明, 惠水香米和金麻粘最为接近, 二者属于同一种稻类(籼米)。

(2) 红米是水稻在生长过程中遭受害虫侵袭的结果。通过红米与正常稻米的微量元素对比发现, 红米中的 Ca、Mg 较缺乏, 而 Ca、Mg 与叶绿素的形成密切相关; 呈现红色可能与 Fe、Mn 含量增高有关; Pb 明显比正常稻米高。

(3) 稻米中的蛋白质含量与气候明显相关, 一般温度高, 光照长, 有利于蛋白质的形成。

(4) 惠水香米中的含硫量高于其它品种的稻米, 其香味与含硫化化合物有关。许多学者认为, 导致稻米香味一个重要原因是由于含硫氨基酸在煮饭时, 分解形成硫化物, 这些挥发性硫化物是二甲基二硫醚、硫化氢和 HJ 基硫醇等。

(5) 通过对比发现, 所采稻米样较全国其它地区的稻米 Cu 含量偏低, 这与土壤中的总 Cu 和有效 Cu 含量偏低有关, 而 Mn 的缺乏可能是由于 Fe 的拮抗作用引起的。

(6) 稻米中各部分微量元素含量的一般次序是胚> 糙米> 壳。米中的胚含氮量高于糙米。

(7) 黑糯米中微量元素含量比其它品种稻米中的高。

(8) 通过对 Cd、Pb 的分析, 作者试图提取环境污染信息, 但该地区无明显污染, 建议在污染严重地区采样。

(9) 关于土壤-植物体系中微量元素的迁移模式, 作者分析了影响微量元素迁移的各种作用, 如图 1。

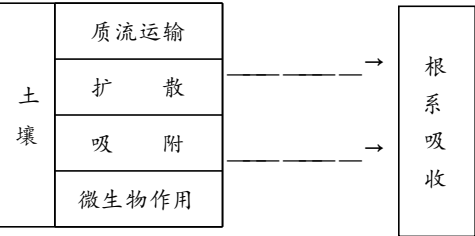


图 1 影响微量元素迁移的各种因子

Fig. 1 The factors affecting the transportation of trace elements

笔者根据多孔丸模型推导原理, 推导出土壤-植物吸收的模式:

$$D \partial^2 c / \partial z^2 + (D - aE) / z^* \partial c / \partial z + (kc - r) = 0$$

式中: c 为微量元素浓度; D 为有效扩散系数; z 为距植物根系的距离; a 为根半径; E 为植物根系吸收水的速率; r 为固定态向有效态转化速率; k 为吸附速率常数。

模型讨论: (1) 由于该模型复杂, 需确定的系数较多, 难以用于土壤植物系统。在实际应用中, 可以简化模型。例如, 对于微生物低的土壤,

可以不考虑微生物的影响。(2) 对于难溶气体如甲烷, 质流、扩散和生化反应将起主要作用, 而吸附作用可以忽略。

模型验证: 该模型是根据化工上的多孔丸模型推导方法, 结合土壤-植物体系的实际情况, 进行数理推导的结果。由于本论文的重点是稻米中的微量元素含量特征, 而对模型的验证又是一项很复杂的工作, 这仅仅是一项初步的工作, 下面的工作重点将是对模型参数具体化和反

应速率方程的确定。参数的具体化是将参数与反映土壤特征的参数联系起来,如温度、湿度、酸碱度、有机质等等;微生物反应速率在不同的情况下有不同的表达形式,使得该方程具有实际应用价值。另外,还可以考虑淋滤的影响。如果可能,可将模型扩展到非稳态系统,这样就可预测微量元素水平和预防土壤中微量元素的缺乏。

该模型优点是将各种作用综合起来加以考虑,缺点是过于复杂,系数难以确定。

论文中下列内容有待深入研究:

(1) 为了确证稻米中的微量元素和无机成分间的关系,必须分层确定其中各种存在形态的微量元素含量,以验证各种元素的关系。我们知道,对植物起作用的是具有某种形态的微量元素,如果能知道其起作用的形态,就可以进行人工合成和进行人工添加。

(2) 动态研究稻米形成过程和茎叶微量元素含量变化特征,将稻米中的微量元素的分布与其生长特征联系起来,使稻米分层研究具有更大的意义。

(3) 微量元素土壤-植物迁移模式的研究也是不容忽视的方面,这样才能真正应用到具有不同土壤环境的农业生产中去。要分析前人研究结果,并进行模式分析,可以采用理论和经验相结合的办法,可简化模型又具有实际应用价值。

(4) 采样点可以放在环境污染较为严重的地区,这样可以研究污染元素在稻米的分布特征,从而获取环境污染的信息。

Distribution Characteristics of Trace Elements and Organic Compounds in Rices

Wu Zhenghua

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002*)

Abstract Distribution characteristics of some trace elements and organic elements(C、H、N、S) in four kinds of rices and the relationship between them was discussed in detail. The ratio of carbon to nitrogen was firstly used as an index to compare the distribution patterns of trace elements in different rices and some conclusion could be drawn from the comparison. A general mathematical formula describing the relationship between C/N and N/S was put forward as following: $C/N = N/S \times 0.98 + 2.00$. The paper also showed that Ca and Mg were depleted in red rice and Pb was rich. At last The model describing the release, transportation and adsorption of trace elements in soil-plant system was established.

Key words: trace elements; organic component; characteristics of distribution; rice