

不同状态土壤水的采取及化学组成特性研究*

耿清国 安忠民

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021)

相场 芳宪

(日本东京农工大学农学部 东京都府中市 183)

摘 要 耿清国,安忠民,相场 芳宪. 不同状态土壤水的采取及化学组成特性研究. 生态农业研究,1996,4(3):43~48.

利用离心分离法,对土壤中不同状态水采取所需时间及化学组成进行试验研究,明确了利用离心分离法可以取得不同状态(不同 PF 段)土壤水所需时间,并分析了不同状态土壤水中主要离子的溶存量及组成特性,对研究作物的生长发育、土壤-作物生态系统中的养分循环、地力培肥等方面都具有重要的指导作用。

关键词 PF 土壤水 溶存量 组成特性

Abstract Geng Qingguo, An Zhongmin (Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021), and Yoshinori Aiba (Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183, Japan): A study on sampling different state of soil water and their characters of chemical compositions, *EAR*, 1996, 4(3): 43~48.

Sampling duration for soil water at different state was studied using centrifugation, with analytic determination of their chemical compositions. The results presented the time needed for extracting soil water at different PF segment and the contents of main ions and composition characters of the extracted soil solutions. This work is helpful to researches on crop growth and nutrient cycle in soil-crop ecosystem, soil fertilization and so on.

Key words PF, Soil water, Contents, Composition characters

在对土壤水的研究中,目前采取土壤水的方法有置换法、瓷管吸引法、压缩法、吸着法、压膜法和离心分离法,其中利用离心分离法提取土壤水的可能性 1907 年由 B. Briggs 及 McLane 提出,1963 年 Deavies, R. I. 及 Deavies, B. E 对该方法进行了试验,得出了该方法提取土壤水简便易行的结论,山崎 慎一等认为:将来离心分离法可能是土壤水采取方法中最有效地方法,用 100ml 容积的采土圆筒采土后直接用离心分离器分离可得到高张力状态的土壤水,而且可以得到不同 PF(土壤粒子与土壤水之间张力以厘米高水柱表示的对数)段的土壤水。通过分析得到的土壤水,就可以得到不同 PF 段(不同状态如重力水、毛管水、结合水)中养分物质的溶存状态及溶存量。除粘质土壤外,用 1.3 万 r/min

* 中国科学院留学回国择优基金资助项目。

本文于 1995 年 8 月 28 日收到,1996 年 5 月 27 日改回。

(离心力大约 18000g, PF=4.3) 进行 30min 的离心分离可得到足以进行化学分析的土壤溶液。离心时间的长短只与得到的土壤量有关, 其浓度没有差异。而利用离心分离法完全取得不同 PF 段或者说完全取得不同状态的土壤水, 究竟需要多长的离心时间? 每一种状态的土壤水(不同 PF 段) 所能采取的量以及不同状态的土壤水的化学特性乃是众多学者关心和正在研究的问题。我们对 PF=2.0(重力状态水)、PF=2.0~2.8(毛管状态水或可有效利用部分水)、PF=2.8~4.2(难利用部分毛管水) 段土壤水完全采取所需的时间及不同 PF 段的土壤水中化学组成的差异性进行了初步的试验研究。

1 试验材料及方法

研究供试土壤为东京农工大学农学部院内苗圃地淡黑色土壤, 日本关东母质。用 100ml 容积的标准采土圆筒, 取自然状态条件下距地表 2~7cm 和 20~25cm 两层土壤样品, 前者为表层土, 后者为下层土, 然后再调节其水分含量达到其饱和含水量的 80%(饱和含水量为 44.4%), 土壤水的采取用日本产 PF 水分测定, 带冷却装置高速离心机 J-65S 最大转速 1.35 万 r/min, 最小读数低速 50r/min, 高速 1000r/min。在 PF=2.0、PF=2.0~2.8、PF=2.8~4.2 段进行离心分离。PF 值和离心分离半径及离心分离的转速计算为:

$$PF = \text{LOG } N^2 r - 4.95$$

式中, N 为每分的转数, r 为离心半径(cm)。根据计算结果, 实验在不同的 PF 值时所用的转速分别为 PF2.0 时 1200r/min, PF2.8 时 2600r/min, PF4.2 时 1.28 万 r/min。利用离心分离法所得土壤水的重量, 可根据离心前和离心后采土圆筒重量的差值计算求得。分别在 PF2.0、2.8、4.2 时进行离心分离时间为 10min、30min、70min、130min、220min、340min 各阶段进行试验, 如此反复, 直到其采水器的重量不发生变化时为止, 测定重量不发生变化时的离心分离时间, 同时测定在每一个 PF 段中所能取得的土壤水量。

用 100ml 容积的采土圆筒, 尽可能取得自然状态的苗圃土壤, 然后取 4 个采土圆筒, 用蒸馏水使其饱和, 放置到洗净干燥后的玻璃皿上, 经 2h 后, 收集由于重力作用而落在玻璃皿中的土壤水并作为重力水, 然后将其饱和状态的土壤样品分别在 PF2.0、2.8、4.2 时, 连续进行 2h 的离心分离, 收集由于离心分离出的土壤水。同样, 用采土圆筒直接取自自然状态的土壤, 利用离心分离法在 PF2.0、2.8、4.2 时分别进行连续 2h 的离心分离采取的土壤溶液, 以供化学分析对比试验。主要阳离子 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 利用原子吸收法测定, 主要阴离子 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 用液相色谱法测定, pH(H^+) 采取玻璃电极法测定。

2 结果与分析

离心时间和可能采取的土壤水的量如图 1 所示。对于表层土壤, 全部采取 PF2.0 和 PF2.8 段状态的土壤水需 340min, 全部采取 PF2.8~4.2 段的土壤水需 190min。对于下层土壤, 全部采取 PF2.0 段的土壤水需 130min, 全部采取 PF2.8~4.2 段土壤水需 190min。而对表层土壤在 PF=2.0、PF=2.0~2.8、PF=2.8~4.2 段, 利用 130min 离心分离法采取的土壤水量分别为在各 PF 段全部采水量的 54%~77%、74%~81%、96%~97%。对下层土壤在 PF=2.0、PF=2.0~2.8、PF=2.8~4.2 段利用 130min 离心分离法能得到的土壤水量分别为在各 PF 段全部采水量的 92%~100%、86%~88%、95%~87%, 由此看出, 对于该种土壤利用离心分离法采取 PF2.0 段土壤水时, 离心分离时间不

能 $<2\text{h}$,在采取 $\text{PF}=2.0\sim 2.8$ 、 $\text{PF}=2.8\sim 4.2$ 土壤水时,离心分离时间为 2h 即基本上全部取得了该 PF 段的土壤水。同时可以认为,目前使用的离心分离法,利用 1h 采取的某 PF 段或某种状态的土壤水是不科学和没有依据的。供试土壤为日本关东母质,淡黑色土壤,如利用离心法需要采取不同 PF 段的土壤水时至少需要离心分离 2h 。利用离心分离进行 2h 所得 $\text{PF}=2.0$ 、 $\text{PF}=2.0\sim 2.8$ 、 $\text{PF}=2.8\sim 4.2$ 各段,不同状态的土壤水中主要的阳离子和

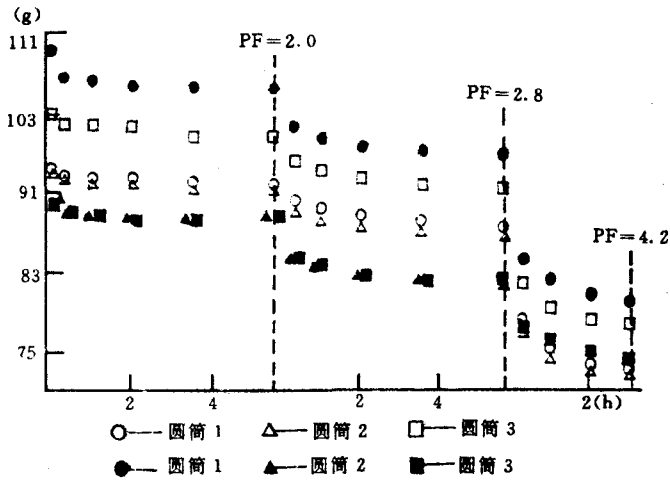


图1 利用离心法离心时间与采取土壤水量的关系

Fig. 1 The relationship between centrifugal time and water extracted from soil

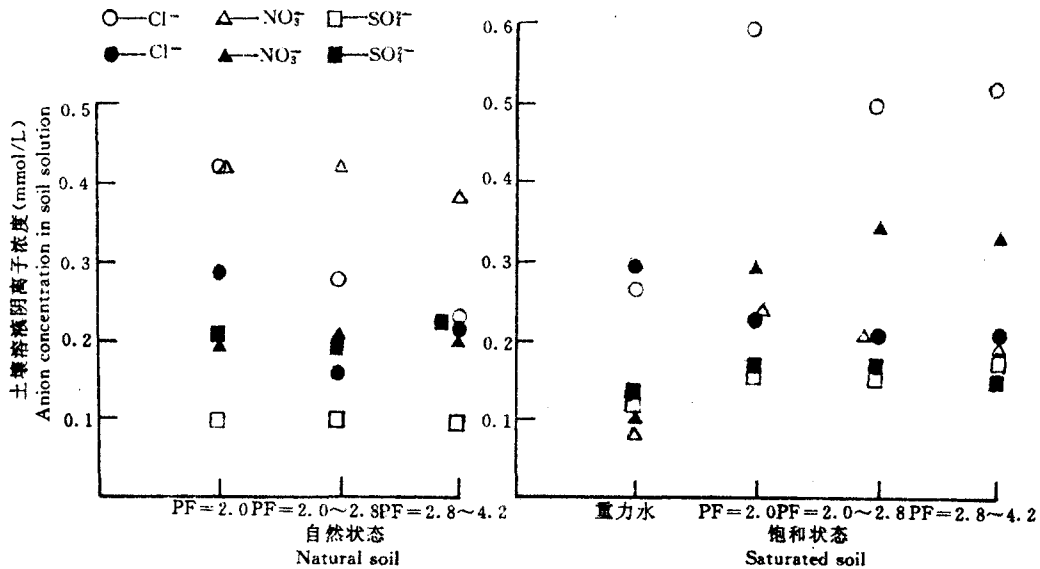


图2 不同 PF 段土壤水的阴离子浓度 *

Fig. 2 The variation of concentration of anion in different PF segments

* 图中空白标为表层土壤,黑标为下层土壤。

White: topsoil, Black: deep soil

阴离子浓度如图2所示,对于供试的自然状态表层土壤中, Cl^- 浓度随 PF 数值的上升而

降低。 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 在不同 PF 段土壤水中浓度差别不大;下层自然状态的土壤, Cl^- 浓度在 PF=2.0 时最高,PF=2.8~4.2 时其次,PF=2.0~2.8 时最小, NO_3^- 和 SO_4^{2-} 没有大的差异。分析影响 Cl^- 浓度差异的主要原因可能是由于 Cl^- 的脱溶性和易移动性及由土壤胶体中易进入土壤溶液所致,而 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 浓度差异性较小的原因是由于其离子相对稳定性较强。对于饱和状态的表层土壤, Cl^- 、 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 在重力水中的浓度约为 PF=2.0、PF=2.0~2.8、PF=2.8~4.2 段土壤水中浓度的 1/2;饱和状态的土壤重力水中 Cl^- 浓度较 PF=2.0、PF=2.0~2.8、PF=2.8~4.2 浓度高, NO_3^- 与 SO_4^{2-} 浓度与表层土壤相同,重力水是 PF2.0、PF2.0~2.8、PF2.8~4.2 浓度的 1/2。除表层土壤 Cl^- 外,在 PF2.0~4.2 段阴离子的浓度差别不大。

土壤水中主要阳离子的浓度特性,在自然状态的土壤试验中 Ca^{2+} 、 K^+ 的浓度随 PF 2.0、4.2、2.8 的顺序降低; Na^+ 浓度按 PF2.0、2.8、4.2 的顺序逐级降低; Mg^{2+} 浓度各 PF 段的变化差异不大。饱和状态的土壤水中 K^+ 浓度按 PF4.2、2.0、2.8 重力水的顺序逐渐降低, Na^+ 浓度按重力水 PF2.0、2.8~4.2 的顺序逐渐降低。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 在重力水中浓度较低,各 PF 段土壤水中浓度变化不大。由此可知在土壤水中与上述阴离子相同的溶脱性及移动性较强,而 K^+ 有较稳定的稳定性,在毛管水状态中存在的浓度较高,并有可能由土壤胶体微粒中进入高张力状态的土壤水中,为植物的利用作储备。 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 在土壤水中的移动性差,而相对稳定性较高。

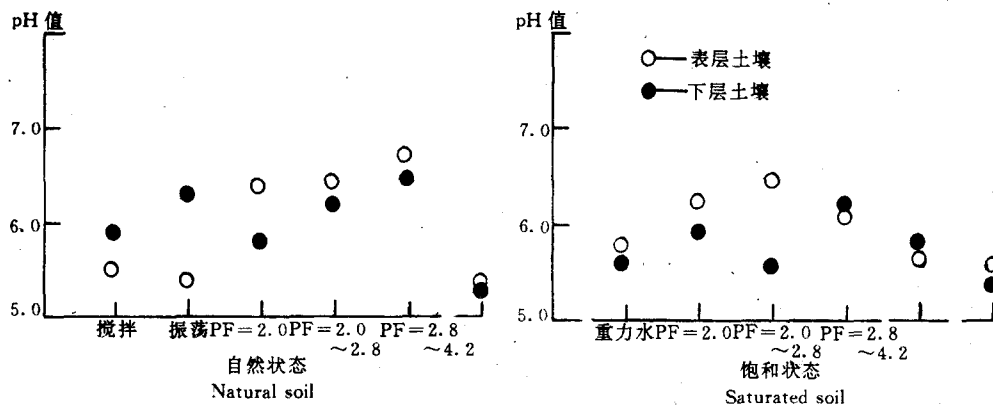


图 3 提取液及不同 PF 段土壤水的 pH 值变化

Fig. 3 The variation of pH in solutions extracted under different PF segments

各 PF 段土壤水的 pH 值见图 3,自然状态土壤中各 PF 段土壤水的 pH 值中 PF=2.8~4.2 时最高为 6.7,PF2.0 和 PF2.0~2.8 时大致相同为 6.4。饱和状态表层土壤中 PF=2.0~2.8 时 pH 值最高为 6.4,重力水最低为 5.6,下层土壤和表层土壤相同。自然状态土壤中 PF2.8~4.2 的土壤水中 pH 值最高为 6.5,PF2.0 段土壤 pH 值为 5.8。分析其 pH 值高的原因是由于 PF2.8 以上时离心分离的速度增加,土壤胶体微粒被破坏,而相应放出原空气或由于微生物呼吸溶存的 CO_2 ,并得到新的平衡,使 H^+ 浓度降低。

各 PF 段要取的土壤水中离子的溶存量在不同的 PF 段所取得的土壤水中主要离子的溶存量见图 4。对于自然状态的土壤,在土壤水中离子的溶存量随 PF 的增加而溶存量

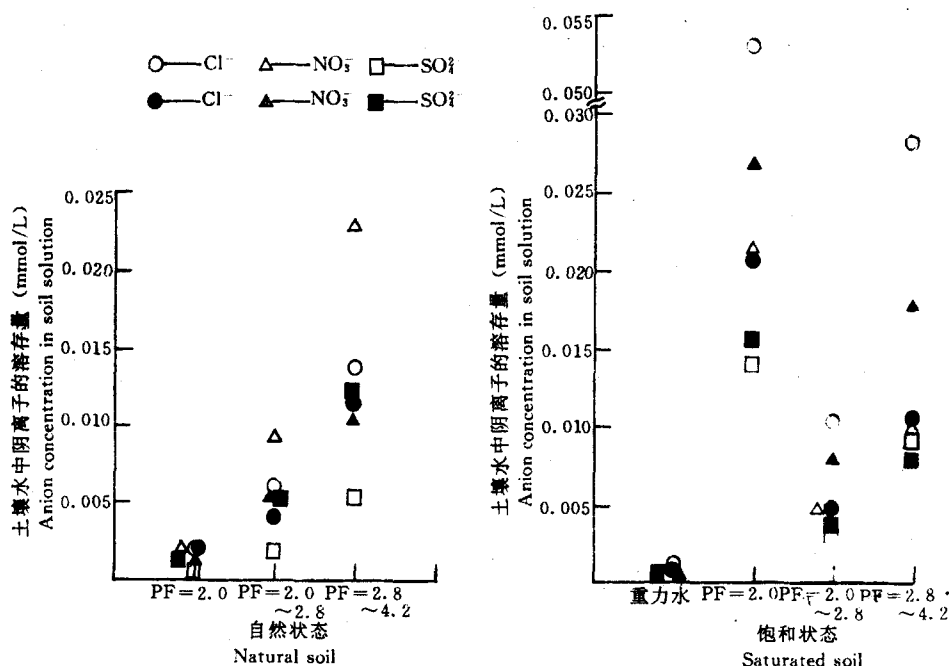


图4 不同PF段土壤水中阴离子溶存量变化

Fig. 4 The variation of ion concentration in solutions extracted under different PF segments

逐渐增大,但这种变化对于所能取得土壤水和量变化成正比关系。对于饱和状态的土壤,由于所取得的重力水量极少,所得离子溶存量也很少。而PF2.0段所取的土壤水量较自然状态土壤所取得的土壤水量多,其离子溶存量较多。PF=2.0~2.8段表层饱和状态土壤水中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 离子溶存量比自然状态下层土壤中 NO_3^- 、 Cl^- 溶存量较大。其它离子大体上具相同程度的溶存量。饱和状态表层土壤在PF2.8~4.2段土壤水中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 K^+ 离子溶存量较自然状态多,下层土壤中 NO_3^- 、 Cl^- 、 K^+ 同样较自然状态大。其它离子基本上溶存量相同。主要测定离子的溶存量和所得到不同状态的土壤水量具有密切关系,另外造成离子溶存量差异的主要原因是由于土壤中水分状态不同,从土壤胶体微粒供给到土壤水中离子量不同而造成的差异。

3 利用离心分离法得到土壤水中主要离子的组成特性

自然状态土壤中 Cl^- 溶存量占主要阴离子($\text{Cl}^- + \text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$)的百分比最高为45%,但随PF2.0、2.0~2.8、2.8~4.2的顺序 Cl^- 的比例逐渐减少, NO_3^- 、 SO_4^{2-} 比例逐渐增加。饱和状态土壤水中与自然状态土壤水中离子组成比例变化倾向相同,但因供试土壤水分状态不同,其离子比例组成也不同。如在自然状态的PF=2.0、2.0~2.8、2.8~4.2段的土壤水中, Cl^- 所占主要阴离子的比例分别为45%、35%、33%,饱和状态土壤水中 Cl^- 所占比例分别为60%、58%、58%,饱和状态土壤水中 Cl^- 较自然状态土壤水所占比例高15%、22%、25%。但是饱和状态的PF=2.0、2.0~2.8、2.8~4.2土壤水中 NO_3^- 的百分比较自然状态土壤中相应PF段低4%、12%、9%; SO_4^{2-} 所占比例低14%、22%、

25%。通过分析,阳离子中 K^+ 溶存量饱和状态较自然状态多 6%~8%, Na^+ 在自然状态随 PF 的增加而降低。自然状态土壤水在 $PF=2.8\sim 4.2$ 时较饱和状态在该 PF 段高 7%, Mg^{2+} 大体上没有太大的差别。 Ca^{2+} 在自然状态土壤中随 PF 的增加而增加,且较饱和状态在 $PF=2.8\sim 4.2$ 时比例高 9%。造成其差异性的原因是由于土壤水分状态的差异而造成对 Cl^- 、 NO_3^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 的吸着和溶脱影响所致。

4 结论与分析

对于日本关东母质土壤,如完全采取 $PF2.8$ 以下状态的土壤水,利用离心法时,离心时间需 340min,完全取得 $PF4.2$ 以下状态土壤水时需 190min,如利用 130min 的离心时间所得到的土壤水量基本上接近其一固定值,因而,对该种类土壤取得各 PF 段状态的土壤水时,最低离心时间需 2h;利用离心法得到土壤水中主要元素的溶存量与其说受土壤水中离子浓度的影响,不如说主要受各种状态土壤水量在土壤中存在的影响;从土壤胶体供给进入土壤水中离子量和土壤水分状态有密切的关系,另一方面土壤含水量对土壤水中离子的溶存量有很大影响。

参 考 文 献

- 1 Bolt, G. H. and Bruggenwert, M. G. M 编著,岩田 进午等译. 土壤化学, 东京: 学会出版中心, 1989.
- 2 日本测定委员会. 土壤化学标准分析——测定法, 东京: 博友社, 1986.
- 3 生原 喜久雄. 森林土壤中养分的动态. 森林与培肥, 东京: 日本林业肥料(株), 1990, 146: 8~14.
- 4 山崎 慎一. 土壤溶液的采取法及化学组成. 土肥志, 东京: 日本土壤肥料学会, 1970, 41: 424~432.
- 5 山崎 慎一, 木下 彰. 利用 100ml 采土圆筒进行离心法采取土壤溶液. 土肥志, 东京: 日本土壤肥料学会, 1969, 40: 301.

• 征订启事 •

欢迎订阅 1997 年《长江流域资源与环境》

《长江流域资源与环境》是由中国科学院自然与社会协调发展局和中国科学院武汉文献情报中心联合主办的综合性学术刊物, 围绕长江流域资源与生态环境重大问题, 报道流域资源与生态环境科学研究成果, 交流资源综合开发利用与生态环境保护工作经验, 介绍国内外江河流域开发整治和环境保护的最新成就。主要辟有资源环境与社会可持续发展、自然资源、农业发展、生物多样性、生态环境、自然灾害、学术讨论·决策建议、动态信息等栏目, 适于从事资源与环境研究以及广大农、林、气象、能源、水利、土地管理、旅游、经济、人口、生物、地理等学科部门的科技人员、决策与管理人员、高等院校师生阅读。本刊为季刊, 公开发行, 每期 96 页, 全年定价 20 元(含邮费)。欲订者通过邮局汇款至编辑部。如银行汇款请寄: 中国科学院武汉文献情报中心, 548592261507 建行何办科代 5485。编辑部地址: 湖北武汉市武昌小洪山西区 25 号, 邮政编码: 430071, 电话: (027) 7869181。