

土壤盐度 诊断与分级研究

TURANG YANDU

ZHENDUAN YU FENJI YANJIU

迟春明 刘旭 ● 著

土壤盐度 诊断与分级研究

迟春明 刘旭○著

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

土壤盐度诊断与分级研究 / 迟春明, 刘旭著. —成都: 西南交通大学出版社, 2016.7
ISBN 978-7-5643-4807-6

I. ①土… II. ①迟… ②刘… III. ①土壤盐渍度—诊断②土壤盐渍度—分级—研究 IV. ①S153.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 165282 号

土壤盐度诊断与分级研究

迟春明 刘旭 著

责任编辑	牛 君
特邀编辑	王雅琴
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印刷	四川煤田地质制图印刷厂
成品尺寸	165 mm × 230 mm
印 张	6.5
字 数	86 千
版 次	2016 年 7 月第 1 版
印 次	2016 年 7 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4807-6
定 价	25.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书为国家自然科学基金项目“基于土壤渗透势-电导率-含水量关系的新疆土壤盐化分级与诊断体系研究(41161037)”的成果总结。全书共分6章:第一章为绪论,阐述了项目设立的依据与意义、研究内容与研究目标及拟解决的关键科学问题,即针对目前我国盐渍土分级体系存在的判断指标不一致的现象,分析其产生的原因,提出解决方法;第二章分析并建立了统一的盐渍土溶液电导率与渗透势换算关系方程,验证了其在土壤盐度分级应用中的可行性与准确性;第三章主要针对国际上普遍采用饱和浸提液电导率作为土壤盐度分级与判断标准的问题,对饱和浸提液电导率的不同获取方法进行了分析比较,验证其在土壤盐度分级与诊断中的准确性;第四章为土壤盐度指标换算关系与影响因素研究,分析了影响土壤盐度指标换算关系的影响因素,阐明了我国不同盐渍土区域以含盐量作为土壤盐度分级标准时存在差异的原因,为建立基于统一含盐量标准的我国土壤盐度分级体系奠定了理论基础;第五章为土壤盐度特征方程研究,建立了由土水比1:5和1:2.5浸提液电导率推算任意土壤含水量对应的土壤溶液电导率的土壤盐度特征方程;第六章

为基于统一土壤含盐量标准的我国土壤盐度分级体系研究，在前 5 章的基础上，提出推算田间状态土壤含盐量的土壤盐度方程，并建立了基于统一含盐量标准的我国土壤盐度分级体系。希望本书的研究内容与结果能为土壤盐度的分级与诊断相关研究，尤其是土壤盐度原位测定的理论研究与技术应用提供参考和借鉴。

本书的出版得到国家自然科学基金（41161037）和新疆生产建设兵团博士资金项目（2013BB008）的资助，在此表示感谢！

因作者水平有限，书中难免存在缺点和疏漏之处，恳请读者批评指正。

作 者

2016 年 3 月

目 录

第一章 绪 论	1
参考文献	9
第二章 盐渍土溶液电导率与渗透势换算关系及其应用研究	13
本章小结	21
参考文献	22
第三章 饱和浸提液电导率获取方法的比较研究	23
第一节 盐碱土饱和浸提液两种制备方法的比较研究	23
第二节 盐渍土饱和泥浆与其浸提液间电导率换算 关系研究	28
第三节 饱和浸提液与高土水比浸提液电导率换算 关系研究	34
本章小结	45
参考文献	47

第四章 土壤盐度指标换算关系与影响因素研究	52
第一节 我国不同地区土壤盐渍度指标换算关系	52
第二节 硫酸钙对土壤盐度指标换算关系的影响	60
本章小结	72
参考文献	73
第五章 土壤盐度特征方程参数验证	75
本章小结	82
参考文献	83
第六章 基于统一土壤含盐量标准的我国土壤盐度分级初探	84
本章小结	96
参考文献	97

第一章 绪 论

一、立项依据与意义

土壤盐化分级是盐渍土相关研究的重要内容之一 (USDA, 1954; 曾宪修等, 1993; Sumner *et al.*, 1998; 杨劲松, 2008)。土壤盐化分级的目的在于较确切地反映土壤盐化对作(植)物生长发育的危害程度。完善的土壤盐化分级体系是衡量盐渍土改良效果的重要依据, 在盐渍土的改良利用工作中具有重要意义。因此, 许多国家和机构十分重视土壤盐化分级的研究工作。美国盐土实验室以土壤饱和浸提液电导率 (EC_e) 作为盐度指标, 根据作物受盐害影响程度将盐化土壤划分为轻度、中度和重度三个等级 (USDA, 1954), 目前, 该分级方法已被多个国家以及联合国教科文组织 (UNESCO)、世界粮农组织 (FAO) 采用。苏联则以土壤全盐量为盐度指标, 根据作物产量因盐渍化危害而降低的程度将盐化土壤分为轻度盐化土壤、中度盐化土壤、重度盐化土壤和盐土四个级别 (柯夫达, 1962)。就我国而言, 20 世纪 90 年代以前, 各地区多按含盐量 (%) 与作(植)物生长发育受抑制程度进行土壤盐化分级

(中国土壤学会盐渍土专业委员会, 1989); 20 世纪 90 年代之后, 曾宪修等 (1993) 以土壤溶液渗透势 (Ψ_s) 作为盐度指标, 对苏北、河南封丘和宁夏平罗三地的盐渍土进行了分级研究, 将盐化土壤划分为轻度、中度和重度三个等级。上述研究成果为今后土壤盐化分级研究奠定了坚实的基础。但这些研究中土壤盐度指标并不一致, 以致各种分级体系间无法进行比较。因此, 拟定统一的盐度指标是建立和完善可被广泛认可并采用的土壤盐化分级体系的关键。

土壤盐化分级是以土壤盐害对作(植)物生长发育的危害程度为基础。因此, 土壤盐度指标应该体现盐害阻碍作(植)物生长发育的作用机制。研究已经证明, 土壤盐化条件下, 对作(植)物生长发育产生阻碍作用的根本原因是土壤溶液的性质而非土壤全盐量 (USDA, 1954; Abrol *et al.*, 1988; 曾宪修等, 1993)。盐渍土土壤溶液的盐分总浓度 (TEC_s) 升高, 导致其渗透势 (Ψ_s) 下降。当土壤溶液的 Ψ_s 低于作(植)物细胞的正常 Ψ_s 时, 作(植)物吸水困难, 对土壤水分的利用率降低, 表现出生理干旱状态, 其生长发育速度开始变得迟缓, 从而引起作(植)物萎蔫或枯死 (USDA, 1954; Berntein, 1958; Ayers. & Westcot, 1985; 曾宪修, 1987)。因此, 土壤盐化条件下, 作(植)物对盐度的反应主要取决于土壤溶液的 Ψ_s (Abrol, *et al.*, 1988)。土壤溶液的 Ψ_s 是最佳的土壤盐度表征参数。

尽管土壤溶液的 Ψ_s 是表征土壤盐度的最佳参数指标, 但溶液 Ψ_s 的测定需要昂贵的仪器 (汉克斯等, 1984), 因而很难普及。比较而言, 土壤溶液电导率 (EC_s) 测定仪器的价格则十分低廉。而土壤

溶液的 Ψ_s 是由 TEC_s 决定的, 即

$$\Psi_s = k \times TEC_s$$

式中 k ——与盐分类型有关的常数。

此外, 土壤的 EC_s 与 TEC_s 间存在函数关系, 即 $TEC_s (\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}) \approx k' \times EC_s (\text{dS} \cdot \text{m}^{-1})$ (USDA, 1954; 石元春等, 1986; Amezketa *et al.*, 2005; Chi & Wang, 2010)。 k' 取值受土壤盐分类型的影响, 一般在 10 ~ 12.5。因此, 尽管土壤的 EC_s 与 Ψ_s 间存在换算关系, 但不同地区因盐分种类和含量不同, 其换算系数可能有差异。

美国盐土实验室的研究结果表明: 当溶液温度为 0 °C 时, $\Psi_s (\text{MPa}) = -0.036 \times EC_s (\text{dS} \cdot \text{m}^{-1})$ (USDA, 1954); 当溶液温度为 25 °C 时, $\Psi_s (\text{MPa}) = -0.04 \times EC_s (\text{dS} \cdot \text{m}^{-1})$ (Tanji, 1990)。付华等 (1994) 对我国河西走廊地区盐渍化土壤的研究表明: 当 $EC_s < 40 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时, $\Psi_s (\text{MPa}) = -0.051 \times EC_s + 0.122$; 当 $EC_s < 60 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时, $\Psi_s (\text{MPa}) = -0.025 \times EC_s^{-1.19}$ 。如前所述, 引起差异的原因是土壤盐分类型或含量的不同, 那么, 是否可以通过理论方法消除这种差异, 建立统一的 $\Psi_s = f(EC_s)$ 方程?

另外, 尽管建立统一的 $\Psi_s = f(EC_s)$ 方程可以推算出土壤溶液的 Ψ_s 。但是, 土壤的 EC_s 随土壤含水量 (质量含水量, θ_m) 的变化而变化, 相应的 Ψ_s 亦随 θ_m 的增减而改变。研究表明, 在土壤含盐量不变的情况下, EC_s 与 Ψ_s 均随 θ_m 的增加而降低 (曾宪修, 1987; 曾宪修等, 1993)。因此, 土壤的盐化程度并不是一个固定数值, 而是随

土壤含水量的变化而发生改变的动态数值。如何根据土壤含水量的变化情况准确诊断土壤的盐化程度是盐渍土相关研究中必须解决的关键问题之一。因此，需要建立土壤盐度特征方程。

土壤盐度特征方程是指 EC_s 与 θ_m 间的关系方程，即 $EC_s = f(\theta_m)$ ，通过 $EC_s = f(\theta_m)$ 可以准确推断不同含水量情况下的土壤盐化程度。通过土壤盐度特征方程能够准确诊断土壤盐度随土壤含水量变化而发生改变的情况。

美国盐土实验室认为： $EC_s = f(\theta_m)$ 为直线方程；而且，土壤的饱和含水量（质量含水量， θ_s ）约为 θ_m 的 2 倍，即 $\theta_s \approx 2\theta_m$ （USDA, 1954）。因此，土壤 EC_e 推算 EC_s 的关系方程为 $EC_s \approx 2EC_e$ （USDA, 1954; Ayers & Westcot, 1985）。所以美国盐土实验室采用 EC_e 作为土壤盐度指标。但是， θ_s 是 θ_m 的最大值，而 θ_m 是时刻变化的，因此， θ_s 在绝大多数情况下并不等于 θ_m 的 2 倍。因此，采用 $EC_s \approx 2EC_e$ 的方法推算土壤 EC_s 有待商榷。吴月茹等（2011）提出一种非线性的 EC_s 与 θ_m 的关系方程，其表达方式为

$$EC_s = EC_{1:1} \theta_m^\lambda$$

式中 $EC_{1:1}$ ——土水比 1:1 浸提液的电导率；

λ ——经验常数。

λ 受土壤盐分类型和数量的影响，可由高土水比溶液电导率进行推算（至少需 5 个）。但是，在实践工作中，我国经常采用土水比 1:5 浸提液测定土壤含盐量（ S_t ）和各项可溶性盐分离子浓度，采

用土水比 1 : 2.5 浸提液测定土壤 pH。因此,可否使用 $EC_{1:5}$ 和 $EC_{1:2.5}$ 推算土壤盐度特征方程的参数?

此外,我国习惯采用 S_t 表示土壤盐度,但不同区域和盐分类型下的盐度分级阈值不等。这主要是因为田间状态下土壤盐分包括液相盐和固相盐两部分(曾宪修,1987)。土壤中的固相盐在土壤含水量增加或减少时会相应的溶解或析出,这会引起 S_t 与 EC_s 间的函数关系发生变化。土壤含盐量 S_t 与 EC_s 的关系函数为

$$S_t(g \cdot kg^{-1}) = mEC_s(dS \cdot cm^{-1})$$

式中 m 在 3.0 ~ 4.0。一般情况下,随区域干旱程度的增加, m 逐渐变大。

在我国,由东部滨海湿润、半湿润盐渍土区,向西到黄淮海半湿润、半干旱盐渍土区,再往西至黄河中游干旱、半荒漠盐渍土区的延伸过程中,土层中固相盐的积累呈逐步增加的趋势(曾宪修等,1993)。而仅在半干旱盐渍土区,旱季土壤的可溶性盐中至少有 25% 的盐分是以固相形式存在的,在新疆极端干旱盐渍土区,固相盐的比例将会更高。高比例的固相盐必然对土壤 S_t 与 EC_s 的关系产生影响。因此,我国干旱地区土壤盐度的阈值明显高于半干旱半湿润地区的土壤盐度阈值。既然固相盐分的存在是影响不同区域盐度阈值的主要原因,那么,是否可以通过相关方法将固相盐分的影响消除,进而建立统一的基于土壤含盐量 (S_t) 的盐度分级体系?

新疆是我国盐渍土集中分布区域之一(李述刚和王周琼,1988;

黎立群和王遵亲, 1993; 俞仁培和陈德明, 1999), 其盐渍土总面积约为 $2181.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全国盐渍土总面积 ($9913 \times 10^4 \text{ hm}^2$) 的 22.01% (罗廷彬, 等, 2001), 现有耕地中, 31.1% 的面积受到盐渍化危害 (田长彦, 等, 2000)。而且, 新疆盐渍土分布范围广泛, 土壤盐分类型组成复杂, 盐渍土种类丰富, 被称为世界盐渍土的博物馆 (文振旺, 1965; 许志坤, 1980)。目前, 该区土壤盐度分级方法仍采用土壤全盐量作为盐度指标。在该区开展以土壤 Ψ_s - EC_s 、 EC_s - θ_m 、 S_s - EC_s 关系为基础的土壤盐化分级研究, 不仅可以为建立和完善全国公认的盐渍土统一分类系统提供依据, 而且还可以为盐渍土的国际学术交流提供方便。

综上所述, 本项目针对上述提出的 3 个问题, 以新疆土壤为研究对象, 结合国内外的相关研究结论, 明确盐渍土 Ψ_s 与 EC_s 间的统一定量关系, 在该区域构建以 EC_s 为盐度指标的土壤盐化分级体系; 揭示 $EC_{1:5}$ 、 $EC_{1:2.5}$ 与土壤盐度特征方程参数的定量关系, 确定由 $EC_{1:5}$ 、 $EC_{1:2.5}$ 推算土壤盐度特征方程参数的具体形式; 建立基于统一含盐量标准的土壤盐度分级与诊断体系。

二、研究内容与研究目标及拟解决的关键科学问题

1. 研究内容

(1) 基于土壤溶液 ψ_s - EC_s 关系的土壤盐化分级研究

选择新疆不同类型的盐渍土为研究对象, 研究土壤溶液 ψ_s 与 EC_s 间的相互关系, 结合国内外已有研究, 建立统一的 $\psi_s = f(EC_s)$ 经验方程; 基于 $\psi_s = f(EC_s)$ 经验方程, 以 EC_s 为盐度指标, 建立土壤盐分分级体系。

(2) 盐渍土 $EC_{1:5}$ 、 $EC_{1:2.5}$ 与土壤盐度特征方程参数的关系研究

研究不同盐分类型条件下 $EC_{1:5}$ 、 $EC_{1:2.5}$ 与盐化土壤特征方程 $EC_s = EC_{1:1} \theta_m^\lambda$ 中 $EC_{1:1}$ 和 λ 的关系。构建基于 $EC_{1:5}$ 、 $EC_{1:2.5}$ 推算 $EC_{1:1}$ 和 λ 的定量关系方程。

(3) 基于统一含盐量标准的土壤盐度分级体系研究

研究固相盐分对 S_t 与 EC_s 换算系数的影响, 探寻消除该影响的理论方法, 确定统一的 S_t 与 EC_s 换算系数, 建立基于统一含盐量标准的土壤盐度分级体系。

2. 研究目标

(1) 构建基于 $\psi_s = f(EC_s)$ 方程, 并以 EC_s 为盐度指标的新疆土壤盐化分级体系。

(2) 明确 S_t 与 EC_s 间统一的换算系数, 建立 $EC_{1:5}$ 、 $EC_{1:2.5}$ 推算 S_t 的土壤盐度特征方程。

(3) 构建基于统一含盐量标准的土壤盐度分级体系。

3. 拟解决的关键科学问题

(1) 盐渍土土壤溶液 ψ_s 与 EC_s 定量关系的确定, 以及以 EC_s 为盐度指标的新疆土壤盐化分级体系的建立。

(2) 确定 S_t 与 EC_s 间统一的换算系数, 建立基于统一含盐量标准的土壤盐度分级体系, 解决我国不同区域、不同盐分类型土壤其盐度分级标准存在的差异问题。

三、技术路线图

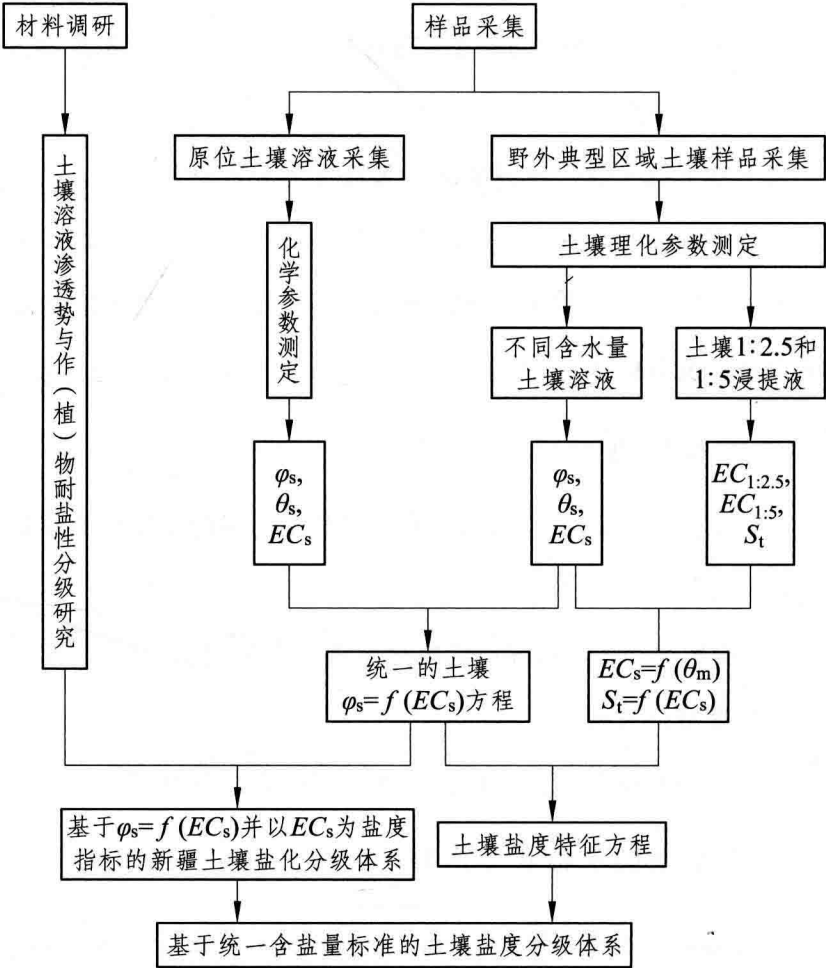


图 1.1 技术路线

四、项目的特点及创新性

(1) 系统研究盐化土壤溶液 ψ_s 与 EC_s 的相互关系, 基于 $\psi_s - EC_s$ 经验方程建立以 EC_s 为盐度指标的新疆土壤盐分分级体系。

(2) 建立推算土壤含盐量的土壤盐度特征方程, 构建基于统一含盐量标准的土壤盐度分级与诊断体系。

参考文献

- [1] 付华, 朱兴运, 闫顺国. 盐渍化土壤渗透势的电导测定及其应用[J]. 草业学报, 1994, 3 (3): 71-75.
- [2] 汉克斯 R J, 等. 应用土壤物理学: 土壤水和温度的应用[M]. 杨诗秀, 译. 北京: 水利电力出版社, 1984.
- [3] 柯夫达 B A. 按盐渍化程度和性质并结合植物耐盐性而拟定的土壤分类[J]. 祝寿泉, 译. 土壤, 1962 (3).
- [4] 李冬顺, 杨劲松, 周静. 黄淮海平原盐渍土壤浸提液电导率的测定及其换算[J]. 土壤通报, 1996, 27 (6): 285-287.
- [5] 黎立群, 王遵亲. 土壤盐渍分区及其地球化学特征[M]王遵亲. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993, 250-312.
- [6] 李述刚, 王周琼. 荒漠碱土[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1988.

- [7] 罗廷彬, 任巍, 谢春虹. 新疆盐碱地生物改良的必要性与可行性[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 46-48.
- [8] 石元春, 李韵珠, 陆锦文, 等. 盐渍土的水盐运动[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1986.
- [9] 田长彦, 周宏飞, 刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2000, 23(2): 177-181.
- [10] 文振旺. 新疆土壤地理[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [11] 吴月茹, 王维真, 王海兵, 等. 采用新电导率指标分析土壤盐分变化规律[J]. 土壤学报, 2011, 48(4): 869-873.
- [12] 许志坤. 盐碱土及其改良[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1980.
- [13] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 837-844.
- [14] 俞仁培, 陈德明. 我国盐渍土资源及其开发利用[J]. 土壤通报, 1999, 30(4): 158-159.
- [15] 曾宪修. 河南封丘盐渍土与作物耐盐度[C]//黄淮海平原治理与开发研究文集: 土壤水盐动态和碱化防治. 北京: 科学出版社, 1987.
- [16] 曾宪修, 俞仁配, 祝寿泉. 盐分与植物生长关系及土壤盐碱化分级[M]//王遵亲. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993: 312-346.
- [17] 中国土壤学会盐渍土专业委员会. 中国盐渍土分类分级文集[C]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1989.