

弓永利. 基于微波遥感的裸露地表土壤盐分含量的反演[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11): 442–444.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.138

基于微波遥感的裸露地表土壤盐分含量的反演

弓永利

(内蒙古建筑职业技术学院, 内蒙古呼和浩特 010070)

摘要: 基于 Radarsat-2 雷达影像数据对裸露地表土壤盐分含量进行反演研究, 利用数据模拟分析方法建立土壤盐分含量的反演模型, 并对土壤盐分含量的反演值与实测值进行相关分析。结果表明: 模拟值与实测值有很好的相关性 ($r^2 = 0.9046$), 可以利用 Radarsat-2 雷达数据进行大面积地表土壤盐分的监测与提取, 能取得较好的结果。

关键词: Radarsat-2; 后向散射系数; 反演; 土壤盐分

中图分类号: S151.9⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0442-03

土壤盐渍化 (soil salinization) 是指随着水分上升到地表并蒸发后, 使土壤底层的盐分或者是地下水的盐分在表层土壤积累的过程, 是土地退化和土壤荒漠化的主要表现形式。在干旱、半干旱地区, 土地逐渐退化主要是由人类不合理的活动和脆弱的生态环境共同导致的, 土壤盐渍化已经成为现在世界上土地荒漠化和土地退化的主要类型之一^[1-4]。盐碱土不仅会引起土壤板结、肥力下降, 加重土壤侵蚀, 还会造成资源破坏, 引发农业生产损失, 从而严重威胁生物圈和生态环境安全^[5]。

遥感及其相关技术在获取地表信息方面具有宏观性、实

时性、动态性等特点, 这使得土壤盐渍化的监测更加宏观、快速、准确、有效, 有利于对土地盐碱化发展和演变机理的认识^[4,6-7]。因此, 对河套平原盐渍化程度进行遥感监测、反演可以作为该地区灌溉制度制定、盐渍化土壤治理方案制定的基础资料。

由于微波遥感技术具有全天时、全天候的工作能力, 而且对云雾、雨雪和地物都有一定的穿透能力, 可以更好地识别、分析地物, 提取所需的信息。土壤盐分含量变化趋势与土壤水分含量有着密不可分的关系, 再加上微波遥感对土壤水分十分敏感^[8-10], 因此微波遥感技术已经成为当前监测土壤盐分的主要方法。

本研究基于 Radarsat-2 雷达影像数据的处理, 对裸露地表土壤盐分含量进行反演研究, 以期利用 SPSS 软件进行数据模拟分析, 建立地表土壤盐分含量后向散射模型, 从而为大面积获得地表土壤盐分时空分布信息提供理论依据和技术支撑。

收稿日期: 2014-12-07

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 51169016)。

作者简介: 弓永利 (1976—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 副教授, 高级工程师, 主要从事工程测量、遥感、地理信息应用方面的科研和教学工作。E-mail: flyzz@126.com。

在 12 h 内的吸硅量均是随时间的延长近似直线上升, 并且在整个试验过程中, 对于同一个时间点内, 吸硅量从大到小依次是水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜。在 12 h 内, 以水稻为参照对象, 在 0.085 mmol/L 硅水平下, 玉米、向日葵、冬瓜的吸硅量比水稻减少 12.96%、24.59%、36.38%; 在 0.85 mmol/L 硅水平下, 玉米、向日葵、冬瓜的吸硅量比水稻减少 23.28%、39.29%、51.32%。从以上数据可以看出, 3 种植物在低硅浓度 (0.085 mmol/L) 处理下与水稻相比的吸硅减少量均低于高硅浓度 (0.85 mmol/L) 处理下与水稻相比的吸硅减少量。

3 结论与讨论

本试验测定了 4 种高等植物的硅吸收动力学, 得出 4 种作物的吸收动力学曲线都符合 Michaelis-Menten 酶动力学曲线。本试验所测得的水稻 K_m 值为 0.21, 小于 Tamai 等报道的结果, 这种差异可能是不同的研究条件造成的。4 种植物的动力学参数值从大到小依次为: 亲和力及最大吸收速率 (V_{max}), 水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜; 最小浓度 (C_{min}), 水稻 < 玉米 < 向日葵 < 冬瓜。此结果表明 4 种作物对硅的吸收能力从大到小依次为水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜。这一结

论符合在吸硅能力方面单子叶植物高于双子叶植物的结论; 并且在单子叶植物中, 水生禾本科高于旱地禾本科, 与前人总结^[4]的一致。从以往的研究中可以发现, 植物对硅的吸收机制非常复杂, 因植物种类、基因型和外界硅浓度范围的不同而不同, 是一个远没有搞清楚的、值得深入研究的课题^[5]。本试验对与主动吸收有关的吸收动力学进行研究, 对深入研究硅的作用和功能具有十分重要的理论意义。

参考文献:

- [1] 马斯纳. 植物矿质营养[M]. 曹一平, 陆景陵, 译. 北京: 北京农业大学出版社, 1991: 50.
- [2] 高祖明, 张春兰, 倪金应, 等. 黄瓜等九种蔬菜与 $NO_3^- - N$ 亲和力的研究[J]. 南京农业大学学报, 1990, 13(1): 75–79.
- [3] Liang Y, Si J, Romheld V, et al. Silicon uptake and transport is an active process in *Cucumis sativus* [J]. New Phytologist, 2005.
- [4] Ma J F, Goto S, Tamai K, et al. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice [J]. Plant Physiology, 2001, 127(4): 1773–1780.
- [5] Ma J F, Taimai K, Ichii M, Wu G F. A rice mutant defective in silicon uptake [J]. Plant Physiology, 2002, 130(4): 2111–2117.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区巴彦淖尔市杭锦旗境内,地理坐标范围为 $40^{\circ}44' \sim 41^{\circ}01' \text{ N}$ 、 $106^{\circ}52' \sim 107^{\circ}13' \text{ E}$,海拔 $1\,032 \sim 1\,050 \text{ m}$,面积约为 625 km^2 。该地区地貌主要由冲击平原、洪积平原、河漫滩 3 种地形构成,地势从西南到东北逐渐降低,属于河套平原。气候特点为温带大陆性气候,干燥、昼夜温差大,年均气温 8.5°C ,年均降水量 138.2 mm 左右,无霜期 130 d 左右,日照时间较长,年均日照时间 $3\,181 \text{ h}$ 。地面特征以耕地与盐碱化裸地为主,“种植类型”主要有玉米、葵花、小麦等。

1.2 雷达影像数据

采用的雷达数据为 2013 年 3 月 13 日的一景 Radarsat-2 标准四极化模式雷达数据,此时研究区地表状态为春耕前期时的裸露地表。雷达影像的工作波段为 C,中心波长 5.7 cm ,频率 5.3 GHz ,极化方式为 HH、HV、VH、VV,数据类型为 Single Look Complex (SLC)。

1.3 样品数据分析

本试验在视野开阔并无遮挡物的裸露地表取样,所采集土壤样品深度限定在 $0 \sim 10 \text{ cm}$,且采样时间与卫星飞过试验区时间同步。本试验在试验区内共均匀采集 60 个土壤样品,同时使用 GPS 获取样点坐标位置信息。然后将所采集样品分别放置铝盒和塑封袋内,对铝盒现场称重,待到实验室用 EDTA 滴定法获取土壤含盐量,烘干法获得土壤含水量。

1.4 雷达影像处理

与可见光、红外等光学遥感相比,Radarsat-2 雷达影像数据处理起来比较复杂。对于 SLC 类型的雷达影像,先对其进行斜距到地距的转换后才能获得真正的地距影像,然后利用 ENVI 4.8 软件进行辐射定标、几何校正、滤波去噪等处理后得到的影像,才能更好地进行后向散射系数的提取。

利用 ARCGIS 9.3 软件把 GPS 获取采样点的坐标位置制作成矢量文件,再通过 ENVI 4.8 软件在雷达影像上显示采样点的位置信息,从而获得样点的后向散射系数。由于雷达影像数据存在严重的斑点和噪声,即便是进行滤波处理后,影像还是有很多斑点,这样就给样点后向散射系数的提取造成很大的干扰。为了获取更加准确的样点后向散射系数,本研究将取样点象元周围的象元后向散射系数的平均值作为该中心样点最后的后向散射系数。

2 结果与分析

2.1 模型的建立

SPSS 是一种非常经典、强大的统计分析软件,它有着比较成熟的理论基础,可以确定变量之间的定量关系,并可以进行相应的预测,且能反映出统计变量之间的统计变化规律。在获取四极化地表后向散射系数和实验室数据等基础数据后,通过 SPSS 软件“控制变量”的思想,逐步加入和剔除变量,观察变量加入前后模型的变化,确定该变量对本研究结果是否有积极影响,来探究各变量之间的关系。最后利用 SPSS 软件进行数据模拟回归分析,建立回归模型,并根据已有实测数据和图像数据来估计模型的各个参数。

选取 HH、HV、VH、VV、 HH^2 、 HV^2 、 VH^2 、 VV^2 以及含水量为自变量,采用向前和向后的建模方法,对变量进行加入和剔除,从而建立线性回归模型。选取 45 个样点数据进行软件模型模拟,通过向前和向后方法的模型分析,最终建立以 HH、VV、 HH^2 、 HV^2 、 VH^2 、 VV^2 以及含水量为自变量的土壤含盐量反演公式。具体模型如下:

$$Y = 1.362 + 1.128 \times a - 0.48 \times b \times 10.557 \times c - 0.981 \times d + 0.747 \times e - 2.906 \times f + 1.925 \times g. \quad (1)$$

式中:Y 为土壤含盐量;a 为考虑入射角影响的 HH 极化的后向散射系数;b 为考虑入射角影响的 VV 极化的后向散射系数;c 为考虑入射角影响的 HH 极化的后向散射系数的平方值除以 100;d 为考虑入射角影响的 HV 极化的后向散射系数的平方值除以 100;e 为考虑入射角影响的 VH 极化的后向散射系数的平方值除以 100;f 为考虑入射角影响的 VV 极化的后向散射系数的平方值除以 100;g 为土壤含水量。

2.2 模型验证

为了进一步验证模型的正确性,使用公式(1)对其余的 15 个样点进行验证,通过软件 Envi4.8 中 Band Math 波段运算功能进行土壤盐分含量的计算,结果如表 1 所示。同时,对反演值与实测值进行相关性分析,结果如图 1 所示。

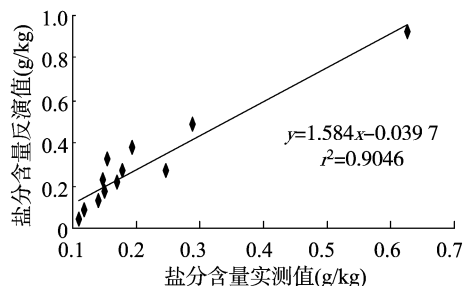


图1 盐分含量反演值与实测值的相关关系

在表 1 中,26 号、44 号样本的反演结果为负值,则表明反演出错,其余反演结果误差的绝对值最大为 9 号样本,值为 0.296 g/kg ,最小的为 5 号样本,值为 0.012 g/kg 。误差的绝对值 $< 0.1 \text{ g/kg}$ 的有 8 个, $\geq 0.1 \text{ g/kg}$ 的有 7 个, $\geq 0.2 \text{ g/kg}$ 的仅有 3 个。表明模型计算的土壤盐分含量与实测值的误差较小。利用该模型对所有野外观测数据进行模拟,样本实测值与反演值的统计结果如表 3 所示。

从表 2 可以看出,土壤盐分含量的实测值与反演值之间最大值、最小值之差分别约为 0.25 、 0.33 g/kg 。为了研究不同盐渍化程度的地表后向散射响应特征,根据采样点表层的不同土壤盐分含量分成 4 组,即非盐渍地、轻度盐渍地、中度盐渍地和重度盐渍地^[11],具体情况如表 3 所示。

利用 ENVI4.8 软件和模型公式反演整个研究区域地表的土壤盐分,最终获得该研究区域土壤盐分的空间分布图,然后利用表 4 的分类方法进行统计,结果如图 2 所示。

3 结论

本研究基于 Radarsat-2 雷达影像数据和实测数据,利用 SPSS 软件进行数据模拟分析,建立地表土壤盐分含量的反演模型,反演获得的土壤盐分含量与实测值之间最大值、最小值之差均为 0.25 、 0.33 g/kg ,且相关系数达到了 0.9046 。

表 1 土壤盐分含量的反演模型所得盐分含量反演值与实测值

样本编号	HH (dB)	VV (dB)	HH ² /100	HV ² /100	VH ² /100	VV ² /100	含水量 (%)	盐分含量(g/kg)		
								实测值	反演值	误差
5	-4.739	-4.801	0.225	2.063	2.146	0.231	0.274	0.140	0.128	-0.012
9	-8.177	-9.187	0.669	2.862	2.855	0.844	0.230	0.626	0.922	0.296
12	-3.579	-3.788	0.128	2.333	2.325	0.143	0.289	0.118	0.083	-0.035
15	-5.272	-5.019	0.278	2.018	2.024	0.252	0.318	0.150	0.171	0.021
17	-6.527	-8.101	0.426	2.028	2.007	0.656	0.258	0.288	0.485	0.197
21	-6.658	-5.191	0.443	2.142	2.167	0.269	0.242	0.148	0.223	0.075
26	-5.238	-5.933	0.274	2.053	1.988	0.352	0.172	0.118	-0.023	-0.141
29	-6.093	-6.749	0.371	2.540	2.426	0.455	0.206	0.110	0.040	-0.070
30	-11.185	-9.688	1.251	3.551	3.543	0.939	0.262	3.792	3.543	-0.249
34	-7.098	-6.582	0.504	3.110	3.154	0.433	0.230	0.154	0.324	0.170
39	-5.299	-9.562	0.281	1.970	2.026	0.914	0.214	0.247	0.274	0.027
44	-5.502	-6.018	0.303	2.405	2.190	0.362	0.235	0.135	-0.083	-0.218
48	-7.060	-7.061	0.498	2.324	2.427	0.499	0.128	0.193	0.379	0.186
52	-4.964	-7.104	0.246	1.423	1.440	0.505	0.150	0.178	0.275	0.097
54	-6.738	-8.124	0.454	3.275	3.686	0.663	0.071	0.170	0.214	0.044

表 2 土壤盐分含量实测值与反演值统计信息

数据类型	样本数 (个)	最小值 (g/kg)	最大值 (g/kg)	平均值 (g/kg)	标准差 (g/kg)
盐分含量实测值	60	0.080 000 000 0	3.792 000 000 0	0.421 966 000 0	0.700 691 000 0
盐分含量反演值	60	-0.250 084 453 8	3.543 135 403 0	0.443 035 373 0	0.656 602 508 0

表 3 土壤盐渍化程度的分类情况

盐渍化程度	含盐量 (g/kg)
非盐渍地	<0.2
轻度盐渍地	≥0.2 ~ <0.4
中度盐渍地	0.4 ~ 0.6
重度盐渍地	≥0.6 ~ <1.0

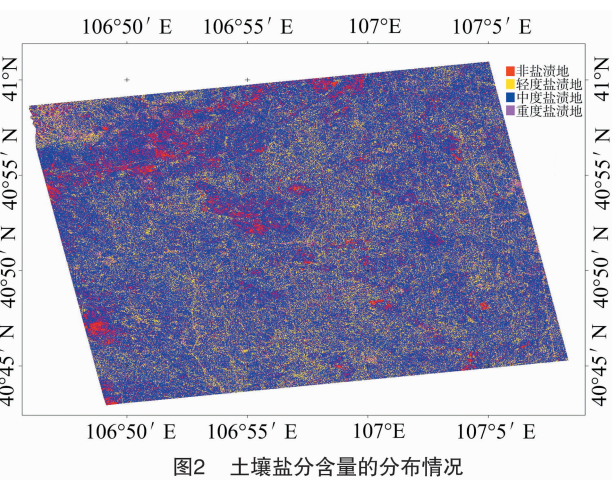


图2 土壤盐分含量的分布情况

这表明此模型在不考虑其他更多地表因素情况下,可以获得较好的反演结果。因此,Radarsat-2 雷达微波遥感可以利用该模型进行大面积的裸露地表土壤盐分含量监测,并且有较好的应用前景。

参考文献:

[1]刘兴土. 松嫩平原退化土地整治与农业发展[M]. 北京:科学出版社,2001.

[2]李凤全,吴樟荣. 半干旱地区土地盐碱化预警研究——以吉林省西部土地盐碱化预警为例[J]. 水土保持通报,2002,22(1): 57-59.

[3]韦建波. RADARSAT-2 数据在干旱区盐渍地信息提取中的应用[D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2009:1-67.

[4]董新光,周金龙,陈跃滨. 干旱内陆区水盐监测与模型研究及其应用[M]. 北京:科学出版社,2007:1-27.

[5]Dehaan R L,Taylor G R. Field-derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of irrigation-induced soil salinization[J]. Remote Sensing of Environment,2002(80):406-418

[6]关元秀,刘高焕. 区域土壤盐渍化遥感监测研究综述[J]. 遥感技术与应用,2001,1(1):40-44.

[7]徐东瑞,高广惠. 盐渍化土壤遥感动态监测及人工调控模式——以河北省沧州市为例[J]. 华北农业学报,1995,10:175-180.

[8]余凡,赵英时. 合成孔径雷达反演裸露地表土壤水分的新方法[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2010,35(3):317-321.

[9]陈晶,贾毅,余凡. 双极化雷达反演裸露地表土壤水分[J]. 农业工程学报,2013,29(10):109-115.

[10]郑磊,王耀强,郭晓静,等. 四极化 Radarsat-2 数据对裸露地表土壤水分的反演[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):250-252.

[11]李和平. 新疆干旱土纲基层分类探讨[J]. 干旱区研究,2001(2):56-60.