

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102507504 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 18

(21) 申请号 201110326305. 8

(22) 申请日 2011. 10. 25

(73) 专利权人 南京林业大学
地址 210037 江苏省南京市龙蟠路 159 号

(72) 发明人 巨云为 潘洁

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所
(普通合伙) 32204

代理人 邱兴天

(51) Int. Cl.
G01N 21/55(2006. 01)

(56) 对比文件
CN 101776584 A, 2010. 07. 14,
CN 101187630 A, 2008. 05. 28,
CN 101762463 A, 2010. 06. 30,
WO 2010132731 A1, 2010. 11. 18,
WO 2009136210 A1, 2009. 11. 12,
王震. 松材线虫入侵后森林生态系统的遥感

动态监测. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库
农业科技辑》. 2007, (第 03 期), D049-50:72P.

徐华潮等. 松材线虫自然侵染后松树不同
感病阶段针叶光谱特征变化. 《光谱学与光谱分
析》. 2011, 第 31 卷 (第 05 期),

王震等. 松材线虫病危害的马尾松林木光谱
特征分析. 《遥感技术与应用》. 2007, 第 22 卷 (第
03 期),

杜华强等. 马尾松针叶光谱特征与其叶绿素
含量间关系研究. 《光谱学与光谱分析》. 2009, 第
29 卷 (第 11 期),

审查员 周宏卉

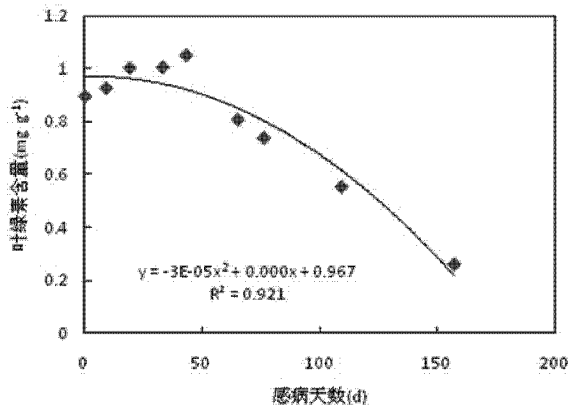
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称
一种马尾松松材线虫病的高光谱监测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种马尾松松材线虫病的高光谱监测方法,包括:使用地面光谱仪对马尾松冠层进行光谱测量提取 810nm 与 450nm,760nm 与 675nm 波段冠层光谱反射率;将获取的反射率数值进行光谱参数转换,NDVI_(810,450),DIR_(760,675);马尾松叶绿素含量 CHL 测定;马尾松感病的定量指标判定;确定感病株感病天数 gbdays。本发明以高光谱数据分析技术为基础,提取与马尾松松材线虫病发生动态密切相关的光谱参数,定量预测各感病阶段叶绿素含量,以光谱指数变化规律与叶绿素含量的变化阈值判断肉眼可识别前感病与否,为未知情况下的森林健康无损鉴定提供了依据。同时,利用光谱参数对感病天数进行量化模拟,为实现马尾松松材线虫病的早期监测奠定了基础,有效地提高森林松材线虫病的防治效率。

CN 102507504 B



1. 一种马尾松松材线虫病的高光谱监测方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 使用地面光谱仪对马尾松冠层进行光谱测量提取 810nm、760nm、675nm 和 450nm 波段冠层光谱反射率;

(2) 将获取的反射率数值进行光谱参数转换, $NDVI_{(810,450)} = (\rho_{810} - \rho_{450}) / (\rho_{810} + \rho_{450})$; $DIR_{(760,675)} = \rho_{760} / \rho_{675}$; 其中, $NDVI_{(810,450)}$ 为波段 810 与 450nm 的归一化差值指数, $DIR_{(760,675)}$ 为波段 760 与 675nm 的比值指数, ρ_{810} 、 ρ_{450} 、 ρ_{760} 、 ρ_{675} 分别代表 810nm、450nm、760nm 与 675nm 的光谱反射率值;

(3) 马尾松叶绿素含量 $CHL (mg/g) = 28.08 \times NDVI_{(810,450)} - 15.25 \times NDVI_{(810,450)}^2 - 11.93$;

(4) 马尾松感病的定量指标判定:当 $DIR_{(760,675)}$ 值小于 5.0 时,马尾松感染松材线虫病,处于中后期;当 $DIR_{(760,675)}$ 值大于 17.5 时,马尾松感染松材线虫病,处于早期阶段;当 $DIR_{(760,675)}$ 值处于 5.0~17.5 之间时,叶绿素含量超过 1.15mg/g,马尾松感染了松材线虫病,处于早期和中期之间的过渡时期;

(5) 确定感病株感病天数 $gbday$, 即:

$$gbday (d) = 614.6 - 668.5 \times NDVI_{(810,450)}。$$

2. 根据权利要求 1 所述马尾松松材线虫病的高光谱监测方法,其特征在于:步骤(1)中,使用地面光谱仪对马尾松冠层进行光谱测量方法为:采用 ASD 野外光谱辐射仪,在晴好天气太阳高度角大于 45° 进行测量,测定时探头垂直向下距冠层顶 1~1.5m,每接种株重复测定 10 次,每次测量前后均用标准的参考板进行校正。

3. 根据权利要求 1 所述马尾松松材线虫病的高光谱监测方法,其特征在于:步骤(1)中,通过高光谱影像数据提取冠层光谱反射率方法为:提取高光谱影像数据 Hyperion 影像,在进行准确的大气校正后,直接提取研究区相应目标的反射率。

一种马尾松松材线虫病的高光谱监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及松材线虫病定量监测方法,具体涉及一种利用高光谱遥感分析技术进行马尾松松材线虫病的高光谱监测方法。

背景技术

[0002] 中国森林病虫害共有 8000 多种,经常造成危害的有 200 多种,森林病虫害大面积发生,危害极为严重。对病虫害进行早期预警,是控制病虫害大范围蔓延、维护森林健康与持续发展的重要内容。松材线虫病(Pine Wilt Disease)又称松树萎蔫病或松树枯萎病,于 1971 年确认是由松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)引起的松树枯萎死亡。该病主要寄生松属植物,传播蔓延极快,一旦发病将造成极为严重的损失,已有 40 多个国家将其列为检疫对象。我国自 1982 年在南京中山陵首次发现该病,现已蔓延至江苏、浙江、安徽、山东、湖北、广东、江西、重庆、贵州等省份的 113 个县以及台湾和香港的部分地区,造成林业经济、森林生态上的巨大损失和自然景观的严重破坏,并严重威胁著名风景区及主要乡土树种马尾松和黄山马尾松的安全。

[0003] 高光谱遥感以纳米级的超高光谱分辨率和几十或几百个波段同时对地表地物成像,获得包括森林资源的地面物体连续光谱信息。在森林植被的高光谱信息中,光谱维方向的特征主要集中在因植物叶片中生物化学成分含量的变化而形成的吸收波形处,其实质上反映了植物内部物质(叶绿素等生物化学成分)的吸收波形变化。当病虫害入侵植被后,感病植株自身的各种营养元素必然即时发生改变,因而受害林区(林株)的光谱特征(吸收波形)就会相应发生细微变化。高光谱遥感以其强大的光谱敏感性能够探测到植被在病虫害侵害早期与健康植被的细微光谱差异,为森林病虫害的早期监测预警提供了可能。

发明内容

[0004] 发明目的:针对现有技术中存在的不足,本发明的目的是提供一种马尾松松材线虫病的高光谱监测方法,通过高光谱数据分析技术,以感病植株叶绿素含量的变化动态为主线,提取特征光谱参数,对马尾松松材线虫病的发生动态进行定量监测,判断松材线虫病的发生并进行感病天数的定量化预测。

[0005] 技术方案:为了实现上述发明目的,本发明采用的技术方案如下:一种马尾松松材线虫病的高光谱监测方法,包括以下步骤:

[0006] (1) 使用地面光谱仪对马尾松冠层进行光谱测量或通过高光谱影像数据提取 810nm 与 450nm,760nm 与 675nm 波段冠层光谱反射率;

[0007] (2) 将获取的反射率数值进行光谱参数转换, $NDVI_{(810,450)} = (\rho_{810} - \rho_{450}) / (\rho_{810} + \rho_{450})$; $DIR_{(760,675)} = \rho_{760} / \rho_{675}$; 其中, $NDVI_{(810,450)}$ 为波段 810 与 450nm 的归一化差值指数, $DIR_{(760,675)}$ 为波段 760 与 675nm 的比值指数, ρ_{810} 、 ρ_{450} 、 ρ_{760} 、 ρ_{675} 分别代表 810 nm、450nm、760nm 与 675nm 的光谱反射率值;

[0008] (3) 马尾松叶绿素含量 $CHL (mg/g) = 28.08 \times NDVI_{(810,450)} - 15.25 \times NDVI_{(810,450)}^2 -$

11. 93 ;

[0009] (4) 马尾松感病的定量指标判定 : 当 $DIR_{(760,675)}$ 值小于 5.0 时, 马尾松感染松材线虫病, 处于中后期 ; 当 $DIR_{(760,675)}$ 值大于 17.5 时, 马尾松感染松材线虫病, 处于早期阶段 ; 当 $DIR_{(760,675)}$ 值处于 5.0~17.5 之间时, 叶绿素含量超过 1.15mg/g, 马尾松感染了松材线虫病, 处于超早期 ;

[0010] (5) 确定感病株感病天数 $gbday$, 即 :

[0011] $gbday(d) = 614.6 - 668.5 \times NDVI_{(810,450)}$;

[0012] 步骤(1)中, 使用地面光谱仪对马尾松冠层进行光谱测量方法为 : 采用 ASD 野外光谱辐射仪, 在晴好天气太阳高度角大于 45° 进行测量, 测定时探头垂直向下距冠层顶 $1 \sim 1.5m$, 每接种株重复测定 20 次, 每次测量前后均用标准的参考板进行校正。

[0013] 步骤(1)中, 通过高光谱影像数据提取冠层光谱反射率方法为 : 提取高光谱影像数据 Hyperion 影像, 在进行准确的大气校正后, 直接提取研究区相应目标的反射率。

[0014] 本发明的方法中, 使用地面光谱仪测量局限于小范围定点定株监测, 进行大范围的松材线虫病害判断要充分发挥影像数据的宏观性特征进行光谱特征提取。健康马尾松叶绿素含量在生长周期中叶绿素含量波动不大, 均值为 $1.08 \pm 0.2mg/g$, 感染松材线虫病株自感病之日起, 叶绿素含量呈现先迅速升高后缓慢降低的变化趋势 ; 因此可以同时结合 $DIR_{(760,675)}$ 和叶绿素的含量用来区分感病株与健康植株, 感病阶段以及阶段天数。

[0015] 有益效果 : 以高光谱数据分析技术为基础, 提取与马尾松松材线虫病发生动态密切相关的光谱参数, 定量预测各感病阶段叶绿素含量, 以光谱指数变化规律与叶绿素含量的变化阈值判断肉眼可识别前感病与否, 为未知情况下的森林健康无损鉴定提供了依据。同时, 利用光谱参数对感病天数进行定量化模拟, 为实现马尾松松材线虫病的早期监测奠定了基础, 有效地提高森林松材线虫病的防治效率。同时也为其它森林病虫害早期监测与诊断提供可靠依据与方法借鉴。

附图说明

[0016] 图 1 是马尾松叶绿素含量随感病天数的变化曲线图 ;

[0017] 图 2 是马尾松叶绿素含量随光谱参数 $NDVI_{(810,450)}$ 的变化图 ;

[0018] 图 3 是 $NDVI_{(810,450)}$ 指数确定感病天数曲线图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步的说明。

[0020] 实施例 1 模型建立

[0021] 在南京市栖霞山国家森林公园马尾松林区, 选择健康成年马尾松 25 株, 其中 20 株作为松材线虫接种株, 5 株作为对照株。试验所用接种线虫来源 : 取自南京地区自然感病死亡的马尾松木段上。用贝曼氏漏斗法从病木上取材后剪碎然后用纱布包好, 置于贝曼漏斗中, 加适量的水, 在常温下分离 $6 \sim 12h$, 然后从漏斗下接取 10ml, 分离出病树上的松材线虫, 在显微镜下经人工挑取松材线虫纯化, 接种在灰葡萄孢菌的 PSA 培养基上, 置于 $28^\circ C$ 培养箱中培养, 备用。

[0022] 于 2009 年 6 月 11 日进行定株接种实验。接种采用皮接法 : 用灭过菌的解剖刀在

松苗主茎下部划一“T”字形伤口,伤口深及木质部,掀开树皮,塞入灭过菌的脱脂棉,往脱脂棉上注入 0.1mL 线虫悬浮液,然后用石蜡膜封好接种部位,保湿以利于线虫侵入。每株马尾松植株接种线虫约 10000 条,并设 2 株接种无菌水植株为对照。线虫量计算方法:根据不同发病阶段和症状特点,在高光谱测定点周围选取症状最相近枝条取样,调查病树体内线虫的数量,每次取样的同时用对照组健康松树作为对照。将枝条剪碎(火柴梗大小)混匀,称取 3~5g 左右,用贝曼漏斗法分离线虫,并经人工显微镜镜检松材线虫,记录线虫数量,计算每克木材中线虫数量,每处理重复 3 次。

[0023] 自接种之日起,每隔 5~10d(依天气而定)进行定株光谱测量。光谱仪选用美国 ASD FieldSpec HH 便携式光谱辐射计以及标配的 10 米长光纤,其波段值为 350~1050nm,光谱分辨率 2nm,采样间隔(波段宽)为 1~1.5nm,视场角 25°。选择晴朗无风天气,在上午 10 点至下午 2 点之间(此时太阳高度角大于 45°)进行光谱反射率测定。测定过程中用硫酸钡白板进行校正。每株选 10 个冠层测量点,每次取 10 组数据。测量光谱的同时,取测量部位新鲜叶片 1g 左右放入冰盒中备用。叶绿素含量的测定采用 80% 丙酮提取比色法。光谱数据由光谱仪传入计算机后,转换为反射率数据,采用光谱仪自带的光谱反射曲线分析软件进行数据分析处理(波长数据范围 325~1050nm)。数据统计分析使用 Matlab 软件处理。

[0024] 由实验结果分析得出,健康马尾松的叶绿素含量变化不明显,叶绿素含量平均在 1.08±0.2mg/g 左右,感病株叶绿素含量随着感病天数的推进呈现先上升后下降的变化趋势,如图 1 所示,在感病 20d 左右,叶绿素含量达到最大值,后逐渐下降。叶绿素含量开始下降后,冠层叶片颜色开始变化,此后肉眼可识别。

[0025] 对叶绿素含量与光谱指数进行相关性分析,NDVI_(810,450)与感病后植株叶绿素含量变化间呈现极显著线性正相关关系。如图 2 所示,由此,利用光谱参数进行感病株叶绿素含量预测。模型如下:

[0026] $CHL(mg/g) = 28.08 \times NDVI_{(810,450)} - 15.25 \times NDVI_{(810,450)}^2 - 11.93$;其中,CHL 为感病株叶绿素含量(mg/g)。

[0027] DIR_(760,675)被用来作为判断马尾松感染松材线虫病与否的定量化指标因子:当 DIR_(760,675)值小于 5.0 时,能够确定马尾松感染松材线虫病,而且已经到了中后期,感病超过了 60d;当 DIR_(760,675)值大于 17.5 时,能够确定马尾松马尾松感染松材线虫病,而且感病阶段处于早期阶段,14d 以内,此时冠层叶绿素含量与健康马尾松未表现出明显差异;当 DIR_(760,675)值处于 5.0~17.5 之间时,必须结合相应的叶绿素含量的定量演算进行判断,当相应的叶绿素含量超过 1.15mg/g,能够判断此时马尾松感染了松材线虫病,且处于感病的早期与中期的过渡时期(14 天至 60 天之间),此时冠层叶色未有显著变化;叶绿素含量低于 1.15mg/g 时,植株不感病。

[0028] 利用光谱指数可实现感病天数的定量化,如图 3 所示,即建立模型为:

[0029] $gbday(d) = 614.6 - 668.5 \times NDVI_{(810,450)}$;

[0030] 通过任意情况下的光谱指数获取,定量反演冠层叶绿素含量,以此判断是否感病,然后对感病的天数进行定量化,从而实现马尾松松材线虫病的高光谱的动态监测,以此及时采取相应的应对措施。

[0031] 实施例 2 模型验证

[0032] 同样的接种试验于 2010 年 6 月在南京市韩府山风景林区进行。选取健康成年马

尾松 18 株,对照 5 株。试验实施过程及测量方法实施例 1 相同,具体测定数值见表 1 及结果见表 2。步骤包括:

[0033] (1)直接获取 810 与 450nm 波段的光谱反射率值,直接获取 760 与 675nm 波段的光谱反射率值;

[0034] (2)以此计算获得光谱参数 $NDVI_{(810,450)} = (\rho_{810} - \rho_{450}) / (\rho_{810} + \rho_{450})$; $DIR_{(760,675)} = \rho_{760} / \rho_{675}$

[0035] (3)以上述模型定量反演相应时期的叶绿素含量及感病天数,马尾松叶绿素含量 $CHL (mg/g) = 28.08 \times NDVI_{(810,450)} - 15.25 \times NDVI_{(810,450)}^2 - 11.93$

[0036] 确定感病株感病天数 $gbdays : gbdays (d) = 614.6 - 668.5 \times NDVI_{(810,450)}$;

[0037] 对表 1 和表 2 结果进行分析,预测的绿素含量和感病天数的相对误差值分别为 4.23% 与 3.06%,表明模型对马尾松松材线虫病的定量预测具有良好的可靠性与准确性,值得推广使用,为其它森林病虫害的定量预测提供模式。

[0038] 表 1 光谱反射率与特征参数测定结果表

[0039]

测定的天数 (d)	450 反射率	810 反射率	675 反射率	760 反射率	实测叶绿素含量 (mg/g)
7	0.02	0.36	0.03	0.31	1.49
14	0.02	0.29	0.02	0.29	1.58
21	0.01	0.21	0.02	0.29	1.53
28	0.02	0.27	0.02	0.34	1.49
32	0.04	0.47	0.06	0.48	1.29
42	0.02	0.28	0.06	0.24	1.17
49	0.04	0.48	0.15	0.43	0.99
62	0.03	0.27	0.11	0.28	0.64
72	0.02	0.20	0.08	0.18	0.36
77	0.03	0.21	0.10	0.21	0.03
82	0.04	0.26	0.13	0.25	0.06

[0040] 表 2 特征参数计算结果表

[0041]

测定的天数 (d)	NDVI (810, 450)	DIR _(760,675)	预测叶绿素含量 (mg/g)	预测感病天数 (d)
7	0.88	10.62	1.54	11
14	0.88	12.52	1.53	12
21	0.87	12.90	1.49	16
28	0.87	14.12	1.40	23
32	0.86	8.41	1.28	33
42	0.85	4.21	1.17	41
49	0.84	2.86	1.05	49
62	0.80	2.47	0.62	68
72	0.78	2.22	0.37	74
77	0.76	2.17	0.04	76
82	0.76	1.94	0.07	77

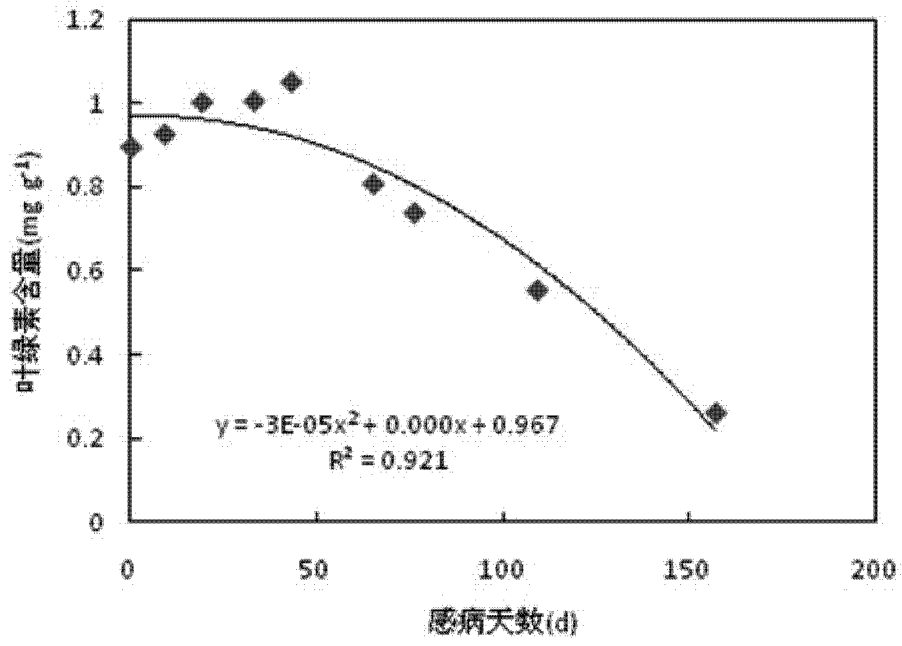


图 1

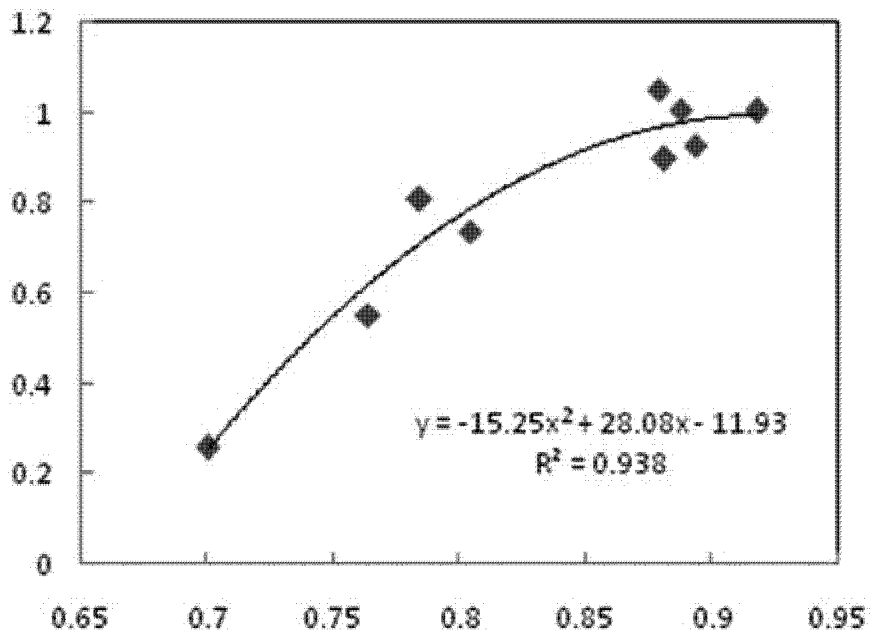


图 2

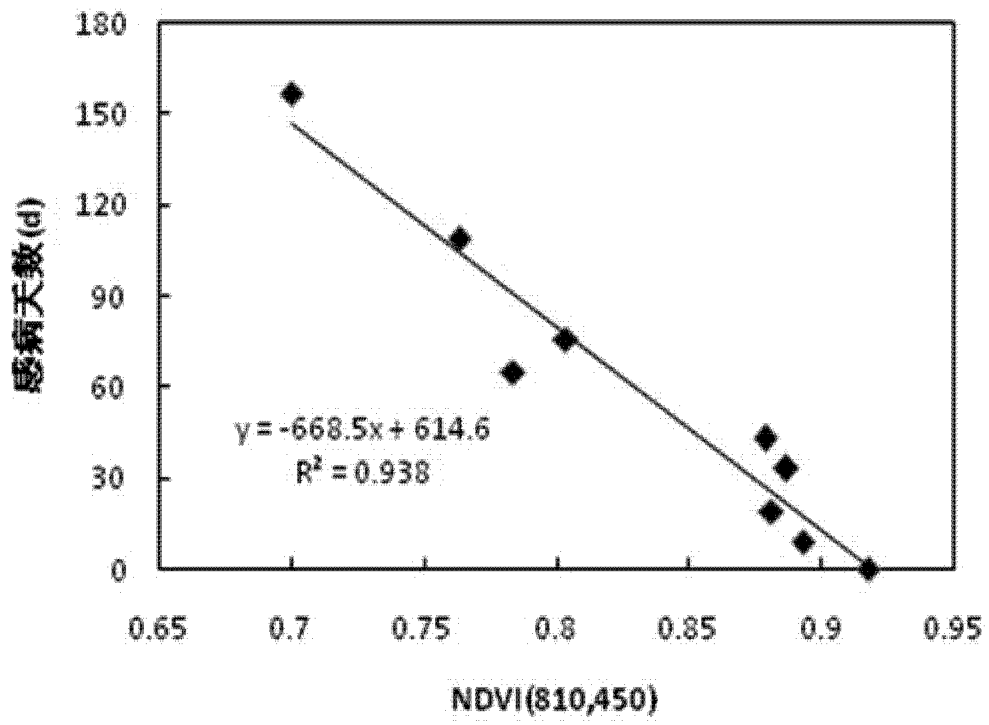


图 3