



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107614973 A

(43)申请公布日 2018.01.19

(21)申请号 201680029439.4

(22)申请日 2016.03.25

(30)优先权数据

62/138,132 2015.03.25 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.11.21

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/024293 2016.03.25

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/154570 EN 2016.09.29

(71)申请人 维塔比姆有限公司

地址 英国伦敦

(72)发明人 弗拉基米尔·瓦西连科

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11371

代理人 王晖 李丙林

(51)Int.Cl.

F21V 99/00(2006.01)

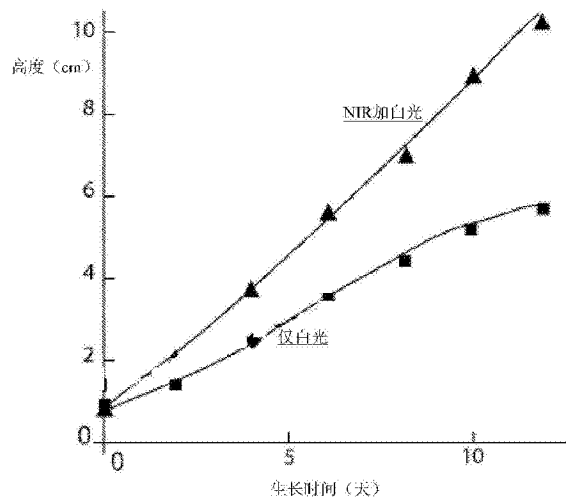
权利要求书1页 说明书10页 附图7页

(54)发明名称

用近红外光和可见光来刺激植物生长和发育的方法和设备

(57)摘要

本发明提供一种方法和装置来改善多种作物的生长和生产。使植物暴露于光合有效光与近红外光的组合中。



1. 一种用于刺激植物生长的方法,所述方法包括用来自一个或多个LED元件的红外光,优选地用在800nm至1000nm范围内的近红外辐射(NIR)来照射所述植物。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述LED元件的辐射输出具有范围为840nm至960nm的近红外光波长。
3. 根据权利要求1或权利要求2所述的方法,其中所述植物被从一个或多个LED元件发射的近红外光和白光同时照射。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述白光是波长范围为400nm至700nm的暖白光(3000K至3500K)和冷白光(5000K至7000K)的组合。
5. 根据前述权利要求中任一权利要求所述的方法,其中所述近红外LED元件的辐射输出为总辐射输出的至少2%,更优选为至少5%,并且最优选为5%至25%。
6. 根据权利要求3、4或5所述的方法,其中所述白光是UV-A、UV-B与波长为400nm至700nm的紫色、蓝色、绿色、橙色和红色的选择之组合。
7. 根据权利要求3至6中任一权利要求所述的方法,其中所述白光是UV-A与波长范围为400nm至700nm的紫色、蓝色、绿色、橙色和红色的选择之组合。
8. 根据前述权利要求中任一权利要求所述的方法,其中所述植物是可食用植物。
9. 根据权利要求1至7中任一权利要求所述的方法,其中所述植物是开花物种。
10. 一种用于使用NIR来照射植物的装置,其中所述装置包括一个或多个LED元件和用于所述LED元件的电源,其中所述LED元件包括PAR光波长为400nm至700nm的有色LED和在840nm至960nm范围内的近红外LED元件。
11. 根据权利要求10所述的装置,其中白色LED元件和近红外LED元件在延伸方向上以交替方式被包括在细长的板条或带中。
12. 根据权利要求10或11所述的装置,其中所述装置是柔性带。
13. 根据权利要求10至12中任一权利要求所述的装置,其中在所述装置中的白光LED元件的数量大于近红外LED元件的数量。
14. 根据权利要求13所述的装置,其中所述白光LED元件的数量是所述近红外LED元件的数量的4倍至20倍。
15. 根据权利要求10至14中任一权利要求所述的装置,其中所述近红外LED元件的辐射输出在总辐射输出的5%至25%范围内。
16. 一种用NIR和其它颜色的PAR来照射植物的装置,其中所述装置允许根据植物需要调节光谱,从而允许所述谱中有更多的红或蓝或近红外光线。
17. 根据权利要求16所述的装置,其中所述装置允许根据日光谱的自然的每日变化来调节所述光谱,其根据一天24小时的时间来自动改变所述谱中的红、蓝、绿或近红外波长的百分比或者来打开光和关闭光。
18. 根据权利要求16或17所述的装置,其中所述调节是通过在所述装置中并入基于电路的可编程自动继电器电路板来自动进行。
19. 根据权利要求16至18中任一权利要求所述的装置,其中单个谱可以用最高达999个时间排序事件来控制,从而允许对每个特定谱的所需强度和持续时间的最大定制。

用近红外光和可见光来刺激植物生长和发育的方法和设备

[0001] 优先权

[0002] 本申请要求于2015年3月25日提交的美国临时申请No.62/138,132的优先权,其内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及为园艺和农业植物提供生长灯(grow light)。更具体地,本发明涉及使用近红外光来促进植物生长、生产和健康。

背景技术

[0004] 红外光是不可见的“黑”光,其是日光谱的一部分。红外光位于电磁波谱的可见部分与微波部分之间。红外光具有一定范围的波长,就像可见光具有从红光到紫光范围的波长一样。红外光可分为“近红外”和“远红外”区域。“近红外”光的波长与可见光最接近,而“远红外”更接近电磁波谱的微波区域。近红外光由在750nm至1400nm波长区域内的、刚好在可见红光之外的光组成。远红外波是热的,而近红外波不是。换言之,我们每天都以热的形式经历红外辐射。人类、动物和许多无生命物都会发出红外光——地球、太阳以及遥远物体如星星和星系也一样。然而,直到如今,即使对于科学家来说,近红外辐射(NIR)对地球的意义仍然是一个谜。

[0005] 近二十年来,发明人已经开发了红外光在不同领域——生物、农业、食品生产和易腐物品储存——中应用的理论与实践。发明人最近的工作为理解NIR对活生物体的影响开辟了新的视野。现在越来越清楚的是,NIR是植物和动物中一些重要信息过程的信使。

[0006] NIR在不同水平上影响生物体。NIR的电磁冲击在组织和器官水平上产生影响,并引起以下作用:

[0007] 1.未知红外光受体及其转导链的触发;

[0008] 2.细胞内的离子流入;

[0009] 3.呼吸速率增加;

[0010] 4.植物激素水平的改变;以及

[0011] 5.改变的基因表达——代谢、生长和其它宏观作用。

[0012] NIR在量子水平(影响原子和分子水平)以及植物中的细胞和组织水平上起作用。

[0013] 已知使用近红外光可改善种子发芽。英国专利GB 2 303 533公开了用可选地与红光组合的近红外光来处理种子。通常,用800nm至1000nm范围的波长处理种子,改善了多种园艺植物物种的种子发芽。此外,当用NIR照射种子时,幼苗的活力得到改善。照射的通常持续时间为1分钟至10分钟。

[0014] 从种植开始用935nm或880nm NIR连续照射燕麦属(Avena)幼苗120小时,也显示对植物发育有影响(C.F. Johnson等;Photochem. Photobiol. 1996, 63 (2): 238-242)。与在黑暗中(无辐照)生长的幼苗相比,在880nm辐照存在下生长的幼苗较矮且具有较低的中胚轴组织百分比,而在935nm下生长的幼苗比没有任何辐照生长的那些幼苗具有更少的中胚轴组

织和更多的胚芽鞘组织。

[0015] 因此,看起来近红外光可能在植物发育中起积极的作用,即使已有假说——由于近红外在电磁波谱的可见区域和远红区域(far red region)之外,其对植物将没有影响。实际上,已经提出近红外光对植物是有害的(JP 2011000012),并且因此,例如日本专利申请JP 2011000012公开了一种照明系统,其中将光谱的近红外部分被特别地引导远离植物。

[0016] 近红外光对植物组织的温度没有显著影响,所以在温度与NIR对植物的影响之间没有直接的关系。健康的植被吸收蓝光和红光的能量来促进光合作用并产生叶绿素。具有更多叶绿素的植物将比不健康的植物反射更多的近红外能量。因此,分析关于可见波长和红外波长的吸收和反射两者的植物光谱,可提供有关植物健康和生产力的信息。

[0017] 因此,即使有迹象表明近红外光可能对植物生长发育有影响,近红外光在植物生长和发育中的作用也有点不明确。多方认为NIR可抑制植物生长;这与本公开内容的惊人发现相反。因此,近红外光不用于商业植物生长照明系统。此外,可见光与近红外光的组合尚未进行过测试。甚至也没有考虑将连续的NIR照射作为选择,也许部分是由于该被人们所接受的概念——连续的NIR照射是“无用的”或者甚至是“有害的”。

[0018] 温室中的商业植物栽培是当今世界的主要工业活动。蔬菜、水果和鲜花的全年生产是预期的标准。如今,本地生产也呈现出深受青睐的趋势。因此,在温室中并在人造光下生产植物以满足消费者需求已变得必要。鉴于能源成本高,生产商自然会期待可以在不损害质量的情况下提高生产量的任何解决方案。由于这些原因,对改善植物的生产力和健康的照明系统存在持续需求。

[0019] 本发明提供了在温室和其它人工照明的建筑环境中提高植物生产的方法和装置。

发明内容

[0020] 总体来说,本发明通过使用本文公开的方法和装置解决了上述问题和没有明确说明的其它问题。

[0021] 因此,本发明的目的是提供用于刺激植物生长和生产的方法,所述方法包括用来自一个或多个LED/OLED(有机发光二极管)元件或其它发光技术的近红外光来照射植物,其中近红外辐照(NIR)在800nm至1000nm,在某些方面为800nm至950nm,在其它方面为800nm至900nm,并且在一些方面为840nm至960nm的范围内。

[0022] 本发明的另一个目的是提供用于刺激植物生长和生产的方法,所述方法包括用来自一个或多个LED元件的近红外辐照(NIR)来照射植物,优选地其中近红外光波长在840nm至960nm范围内,优选地每天照射至少2小时,更优选地在8小时、12小时或16小时周期内。连续NIR照射也是可能的。

[0023] 本发明的又一个目的是提供用于刺激植物生长和生产的方法,所述方法包括用来自一个或多个LED元件的近红外光照射植物,并用光合有效辐射(PAR)和可选地多种波长的组合来同时照射,该多种波长选自由一个或多个LED元件发射的380nm至700nm的白光谱。

[0024] 本发明的又一个目的是提供用于刺激植物生长和生产的方法,所述方法包括用来自一个或多个LED元件的近红外光照射植物——其中该近红外光在800nm至1000nm、800nm至950nm或840nm至960nm的范围内,并且用波长范围为400nm至700nm的暖白光(3000K至3500K)与冷白光或日光(5000K至7000K)的组合来同时照射。

[0025] 本发明的又一个目的是提供用于刺激植物生长和生产的方法,所述方法包括用近红外和来自白光谱的波长(诸如380nm、450nm、600nm和660nm)的选定组合来照射,其中所述近红外LED元件的辐射输出为总辐射输出的至少5%。

[0026] 本发明的又一个目的是提供用于刺激植物生长和生产的方法,所述方法包括用近红外线和来自白光谱的波长的选定组合来照射,其中所述近红外LED元件的辐射输出为总辐射输出的至少5%,并且所述波长的选择是UV-A、UV-B以及波长范围为400nm至700nm的紫色、蓝色、绿色、橙色和红色的组合。

[0027] 本发明的又一个目的是提供通过用近红外与来自白光谱的波长(诸如450nm、660nm和730nm)的选定组合之组合来照射转移在培养基上的外植体来改善体外植物繁殖的方法和装置。可将UV A和/或UV B光添加到该组合中。

[0028] 本发明的另一个目的是提供通过用近红外与来自白光谱的选定波长的组合照射植物来增强、刺激和延长植物开花的方法和装置。

[0029] 本发明的又一个目的是提供通过用近红外、红光与蓝光的组合照射植物来刺激医用大麻的生长和生产的方法和装置。光选择也可通过UV-B和/或UV-A辐照进行修改。

[0030] 本发明的又一个目的是提供用光谱中的NIR波长来照射植物的装置,其中所述装置包括一个或多个LED元件和用于所述LED元件的电源,其中所述LED元件包括近红外LED元件,优选地在840nm至960nm范围内的红外LED元件。

[0031] 本发明的另一个目的是提供使用与来自白光谱的波长的选定组合相组合的NIR来照射体外植株(小植物,plantlet)的装置。

[0032] 本发明的又一个目的是提供使用NIR光来照射植物的装置,其中所述装置包括一个或多个LED元件和用于所述LED元件的电源,其中所述LED元件包括近红外LED元件和白光元件,并且其中所述白色LED元件和近红外LED元件在延伸方向上以交替方式被包括在优选为细长的板条(panel)或带(绳,string)中。

[0033] 本发明的又一个目的是提供使用NIR来照射植物的装置,其中所述装置包括一个或多个LED元件和用于所述LED元件的电源,其中所述LED元件包括近红外LED元件和白光元件,并且其中所述白色LED元件和近红外LED元件在延伸方向上以交替方式被包括在优选为细长的板条或带中,并且其中在装置中的白光LED元件的数量大于近红外元件的数量。

[0034] 本发明的另一个目的是提供使用NIR来照射植物的装置,其中所述装置包括一个或多个LED元件和用于所述LED元件的电源,其中所述LED元件包括红外LED元件和白光元件,并且其中所述白色LED元件和近红外LED元件在延伸方向上以交替方式被包括在优选为细长的板条或带中,并且其中所述近红外LED元件的辐射输出在总辐射输出的5%至25%的范围内。

[0035] 本发明的又一个目的是,提供使用与其它颜色的光合有效辐射(PAR)相组合的、光谱中的NIR波长来照射植物的装置,其中所述装置允许根据植物的需要基于其发育阶段或基于暗/光循环的时间来调节光谱,允许所述谱中有更多的红或蓝或近红外线。

[0036] 本发明的又一个目的是,提供用与其它颜色的PAR相组合的、光谱中的NIR波长来照射植物的装置,其中所述装置允许根据日光谱的自然的每日变化来调节光谱,其根据一天24小时的时间自动改变所述谱中红、蓝、绿或红外波长的百分比或者打开光或关闭光。

[0037] 结合附图和以下描述将更好地理解这些和其它实施方式。

附图说明

[0038] 现在将参照附图通过实例的方式描述本发明的多个方面,其中:

[0039] 图1示出了健康和 unhealthy 植被的反射率。可以看出,在NIR区域, unhealthy 植物反射比健康植物少得多。这意味着 unhealthy 植物对NIR波长的吸收比健康植物高。取决于其损伤的程度, unhealthy 植物可吸收最高达60%的NIR区域光。

[0040] 图2示出了市售生长灯的典型光谱。目前的技术水平提供了缺少绿光和黄光的照明系统,且目前的系统都不包括NIR。

[0041] 图3示出了根据本发明的一个方面的生长灯的光谱的实例。所述光谱包括冷白(5000K)和暖白(3500K)LED,以及发射875nm至975nm、峰值约为930nm的光的近红外LED元件。

[0042] 图4示出了根据本发明的近红外LED元件的一个方面的光谱和辐射输出的实例。LED发射775nm至925nm,其中峰值在850nm处的光。

[0043] 图5示出了峰值发射(peak emission)在880nm处的标准近红外LED和类似地峰值在880nm处的点源发射极(point source emitter)的光谱和辐射输出的实例,两者均可用于本公开内容的装置和方法中。

[0044] 图6示出了本发明的冷白LED元件的一个实施方式的光谱和辐射输出的实例。这些元件与近红外LED元件(例如,图4和图5)和/或与暖白LED元件(例如,图7)组合使用。

[0045] 图7示出了本公开内容的暖白LED元件的一个实施方式的光谱和辐射输出的实例。这些元件与近红外LED元件(例如,图4和图5)和/或与冷白LED元件(例如,图6)组合使用。

[0046] 图8示出了本发明的一个实施方式的实例,其中白光包括从具有PAR光谱的多种颜色的若干LED元件发射的光谱,并且NIR是从具有不同波长的数个近红外LED元件发射的。

[0047] 图9示出了根据本公开内容的生长灯装置的实例。所述装置包括近红外LED元件和白色LED元件,其中白色LED元件可发射相同或不同的波长,其可以是发射如图6中的光谱的冷白LED元件,或者可以是发射如图7中的光谱的暖白色LED。

[0048] 图10示出了根据本发明的生长灯装置的实施方式。所述装置包括近红外LED元件和白色LED元件,并且所述装置是柔性的。

[0049] 图11示出了在倒挂金钟属(Fuchsia)植物的冠层内的如图9所示的混合NIR/LED。

[0050] 图12示出了NIR和光合有效辐射对多种植物物种的幼苗生长速率的影响。曲线表现了用番茄幼苗、小麦幼苗、玉米幼苗、天竺葵幼苗和倒挂金钟幼苗获得的典型结果。

具体实施方式

[0051] 定义

[0052] 远红外意指波长大于1400nm。

[0053] 近红外意指波长为750nm至1400nm。

[0054] 可见光意指波长为390nm至750nm。

[0055] 光合有效辐射(PAR)意指波长为400nm至700nm。

[0056] 蓝光意指波长为380nm至495nm。

[0057] 紫外光意指波长为10nm至380nm。

[0058] 紫外A光意指波长为350nm至400nm。

[0059] 紫外B光意指波长为280nm至315nm

[0060] 橙光意指波长为590nm至620nm。

[0061] 红光意指波长为600nm至700nm。

[0062] 远红光意指波长为700nm至750nm。

[0063] 绿光意指波长为495nm至590nm。

[0064] 黄光意指波长为570nm至590nm。

[0065] 冷白光意指相关色温*为5000K至6000K的光。

[0066] 暖白光意指相关色温为2700K至3500K的光。

[0067] *照明设备 (lighting) 中的相关色温 (CCT) 描述了光的颜色如何从灯中出现, 相关色温 (CCT) 以开尔文 (K) 来量度。

[0068] 在本上下文中, 术语“LED”、“LED元件”和“发光二极管”可互换使用, 并且是指所有已知形式 (无论是无机、有机、点状还是线状) 的发光二极管。在本发明的一个方面, LED是广角元件, 其是指传递均匀散射光而非聚光的LED。LED可用于高功率输出并连续发射。

[0069] 本发明涉及使用人造LED灯来使植物生长的方法。所述方法包括提供照明系统以用近红外与可见光的组合来照射植物。与其它类型的生长灯相比, 本发明的方法和装置由于其独特的光谱而有助于植物生长得更快。叶绿素和类胡萝卜素以及光敏色素有多个吸收峰, 本发明的灯和装置 (本文称为Vitabeam GROW™) 使用与这些峰重叠的特定波长的光线。所述装置发射对应于植物典型光化学过程的吸收峰的光波长。

[0070] 近红外光已经广泛应用于遥感。已将遥感用于检测植被、植被的生长阶段和健康。可通过使用近红外光谱来鉴定健康植物, 因为其反射了大部分的近红外光谱 (约80%), 而不健康植物反射少得多的NIR。因此, 通过NIR反射率的逐渐降低来指示植物逆境 (plant stress)。这在图1中示意性地示出。基于该信息, 绿色植物似乎需要NIR光以用于与其生长、发育和损伤组织修复有关的某些生理和生化过程。这就是为什么不健康植物需要更多的近红外光; 因为其更少被发射出。NIR可能以与其在动物和人体组织中可能激活代谢相似的方式, 来激活植物及其受损组织中的代谢。NIR作用的机制之一涉及位于线粒体中的细胞的呼吸系统。然而, 如上所述, NIR已被认为对植物“无用”或者甚至“有害”。

[0071] 光合有效色素吸收约600nm至700nm的红光。已知光敏色素对植物感知光是必需的, 并且其吸收红光和远红光 (约750nm)。一些植物色素在蓝光区域吸收光。已知绿光是活性最小的可见光。由于这些原因, 为植物提供的生长灯通常具有包括蓝光和红光的光谱, 有时包括远红光, 通常没有绿光波长。图2示出了市售照明系统的典型光谱。尚不确定吸收NIR的特定色素。

[0072] 最近, 有研究表明, 不同发育阶段的植物用不同的红/蓝比值会生长得更好。WO 2013/188303示出了一种照明系统——其中红与蓝的比值可以根据植物的发育阶段来改变。

[0073] 没有市售照明系统或任何公开示出了使用与选自白光谱的有色光谱相组合的NIR发射。也没有公开这样的系统: 其中有色光谱会在一天的过程中改变, 而在整个照射周期或照射周期的选定部分保持NIR的水平。

[0074] 本公开内容提供了照明系统——其中NIR是光谱的主要部分。参考图3, 提供了根

据本发明的生长灯的光谱的实例。该光谱包括冷日光白 (5000K至7000K) 和暖白 (3000K至3500K) LED以及发射875nm至975nm之间、具有约930nm峰值的近红外LED元件。NIR波长也可以在800nm至900nm或者在800nm至950nm。

[0075] NIR发射可以由具有如图4所示的发射光谱、峰值在850nm处的近红外LED元件提供。NIR发射可以由峰值在880nm处的近红外LED或者由峰值在880nm处的源发射极 (source emitter) 提供,如图5所示。NIR发射峰可以在波长850nm至960nm之间。

[0076] 本发明的照明系统还具有可见光谱,其可以如图6所示,其中可见光谱是冷白光光谱 (波长在380nm至750nm之间),或者如图7所示,其中可见光谱是暖白光光谱 (波长在420nm至720nm之间)。作为实例,两种光谱 (两种类型的白LED灯) 的组合给出了满足植物光合作用、最佳生长和产量的大多数要求的“通用”光谱。

[0077] 可见光谱也可以由从若干LED元件发射的光谱构成,LED元件具有如图8所示的多种颜色的PAR光谱。类似地,NIR光谱可以由从具有不同峰值波长的多个近红外LED发射的NIR构成,例如,如图8所示。

[0078] 在本发明的一些方面,本公开内容的照明系统还可以包括紫外光。紫外光的波长可以在350nm至400nm。在一些方面,可在有或没有紫外A光的情况下,包括紫外B光。

[0079] 参照图9,根据本发明的生长灯装置可以是LED管,该LED管包括一个或多个近红外LED和一个或多个白色LED。优选地,白色LED的数量大于近红外LED的数量。

[0080] 图10示出了所述装置的变型,其中生长灯装置被制造于柔性材料上。这允许将灯定位在植物冠层内,并允许在小空间或不规则空间内使用所述装置。根据一个方面,有色LED和近红外LED元件在延伸方向上以交替方式被包括在处于细长的板条或带的装置中。

[0081] 装置中近红外LED元件的数量和白光LED元件的数量可根据装置的形式和使用它们的应用而变化。在一方面中,白光LED元件的数量大于近红外LED元件的数量。

[0082] 白光LED元件与近红外LED元件的比值可根据装置的应用和形式而变化。优选地,白光LED的数量是近红外LED元件数量的4倍至20倍。在一些方面中,白光LED的数量是近红外LED元件数量的5倍至15倍。在本发明的一个方面中,诸如蓝、黄、绿和红的有色LED元件的数量是近红外LED元件数量的4倍至20倍。在一些方面中,有色LED的数量是近红外LED元件数量的5倍至15倍。

[0083] LED的功率输出可以以任何方便的方式进行调节。在一个实施方式中,按照特定波长的类型调节输出。LED的辐射输出优选为至少10mW,更优选地,其为至少50mW,至少100mW,至少500mW或至少1W。更优选地,LED是辐射输出为至少5W,至少10W,至少15W,至少20W,至少25W,至少30W,至少35W或至少40W的高功率LED。在一个实施方式中,LED是在连续模式下光强度为至少100mW/cm²,至少200mW/cm²,至少300mW/cm²,至少400mW/cm²,至少500mW/cm²或至少1000mW/cm²的高功率LED元件。在温室中,增补 (supplementary) PAR水平范围优选为:3W/m² (用于蕨类植物和其它低光作物) 至20W/m² (用于蔬菜作物和繁殖区域)。例如,所述装置以至少2W/m²,更优选地5W/m²或10W/m²照射作物18小时,或者以至少15W/m²或至少20W/m²,或至少50W/m²或至少100W/m²照射作物。曝光的持续时间为至少2小时,优选至少8小时,更优选至少12小时,最优选16小时,18小时或24小时。

[0084] 白色LED可发射不同的波长。可存在发射如图6所示的光谱的冷白LED,或者可存在发射如图7所示的光谱的暖白色LED。

[0085] 在本发明的一个方面,发射的NIR在800nm至1000nm的范围内。优选地,NIR在840nm至960nm的范围内。在本发明的一些方面中,NIR在860nm至900nm的范围内。

[0086] 根据一个实施方式,NIR与波长为400nm至700nm的暖白光(3000K至3500K)和冷白光(5000K至7000K)组合提供。有两种方法来产生白光。一种方法是混合来自数个有色LED的光(图8),以产生呈现白色的光谱功率分布。

[0087] 产生白光的另一种方法是连同短波长LED一起使用荧光体。例如,当用蓝光照射用于LED中的一种荧光体材料时,其发射具有相当宽的光谱功率分布的黄光。通过将荧光体并入峰值波长为约450nm至470nm的蓝LED的主体内,一些蓝光将由荧光体转换为黄光。其余蓝光在与黄光混合时会产生白光。正在开发新的荧光体以改善显色,如图6和7所示。

[0088] 根据本发明的一个方面,近红外LED元件的辐射输出为总输出的1%至50%。更优选地,近红外LED元件的输出为至少2%,更优选为至少5%,并且最优选为5%至25%。

[0089] 根据本发明的一个方面,本发明的装置允许根据植物需要来调节光谱,从而允许光谱中有更多的红或蓝或NIR光线。该调节可基于植物的发育阶段或基于日光的自然的每日变化,或基于一天中的时间手动或自动进行。根据本发明的一个方面,软件被提供给照明系统,以允许对继电器电路板进行编程。根据一个方面,每个单独的谱可通过排序事件来控制,从而允许定制每个特定谱的强度和持续时间。根据一个方面,系统根据一天24小时的时间来自动改变红、蓝、绿和NIR波长的百分比。所述装置可容许根据日光谱的自然的每日变化来调节光谱,其根据一天24小时内的时间来自动改变谱中的红、蓝、绿或近红外波长的百分比或者来打开光和关闭光。在一个方面,单个谱可以用最高达999个时间排序事件进行控制,从而允许对每个特定谱的所需强度和持续时间的最大化的定制。

[0090] 本发明提供了通过用NIR与可见光的组合照射植物来改善作物生长、产量和健康的装置和方法。植物可选自作物、药用植物或开花植物。植物可以是单子叶植物或双子叶植物、藻类或蕨类植物。植物可选自至少以下物种:大麦、燕麦、黑麦、玉米、草莓、蓝莓、覆盆子、马铃薯、番茄、甘蓝植物、豆科植物、黄瓜、辣椒、鳞茎植物、大麻、倒挂金钟、天竺葵、菊花、玫瑰、郁金香和孤挺花。多种其它植物物种也可受益于本公开内容所述的方法。植物可以在体内或体外生长;其可在溶液培养物(水培,hydroponic culture)或土壤中生长。

[0091] NIR和可见光的积极作用可以作为以下来量度:例如,增加的生物量、增加的花或叶的数量、增加的果实或浆果的数量、改善的植物物种中天然存在的生物化学成分的含量、更早开花、更持久开花和/或更早的作物生产。

[0092] 现在根据说明性但非限制性的实例来描述本发明。

[0093] 实施例1.NIR与白光对植物生长的协同作用

[0094] 使多种植物物种(番茄、小麦、玉米、倒挂金钟、天竺葵(Ggranium)等)的种子在黑暗中发芽。一旦发芽,就将幼苗转移到图9所示的照明装置下。所述装置包括近红外LED元件和在PAR波长区域中的白色LED元件。例如,一种装置,其中白色和近红外LED元件在延伸方向上以交替方式被包括在细长的板条或带中,其中装置中的白光LED元件的数量大于近红外元件的数量。更具体地说,一种装置,其中白光LED元件包括3500K LED元件和6500K LED元件,其中NIR具有850nm最大输出(800nm至900nm范围)或880nm最大输出(800nm至950nm范围)。LED元件的辐射输出优选为至少10mW,更优选地,其为至少50mW、至少100mW、至少500mW或至少1W。更优选地,LED是辐射输出为至少5W、至少10W、至少15W、至少20W、至少25W、至少

30W、至少35W或至少40W的高功率LED。在一个实施方式中,LED是在连续模式下光强度为至少100mW/cm²、至少200mW/cm²、至少300mW/cm²、至少400mW/cm²、至少500mW/cm²或至少1000mW/cm²的高功率LED元件。在温室中,建议增补PAR水平的范围为3W m²(用于蕨类和其它低光作物)至20W m²(用于蔬菜作物和繁殖区域)。例如,所述装置以至少2W/m²,更优选5W/m²或10W/m²照射作物18小时,或者以至少15W/m²或至少20W/m²,或至少50W/m²或至少100W/m²照射作物。曝光的持续时间为至少12小时,更优选16小时、18小时或24小时。

[0095] 表1.用于商业温室作物的典型增补照射处理(h)(多种来源):

[0096]

作物	“长期”处理范围	“短期”处理范围
番茄 (繁殖)	12 至 24	8 至 15
黄瓜 (繁殖)	12 至 24	8 至 15
辣椒 (繁殖)	12 至 24	8 至 15
观叶植物	12 至 24	3 至 6
花坛植物	12 至 24	5 至 15
菊花	12 至 24 (长日) < 12 (短日)	5 至 15
玫瑰	18 至 24	5 至 8

[0097] 对照植物在白色LED下,而实验植物是在NIR与白光的组合下。白色LED的光谱对于对照植物和实验植物两者均是相同的。将日/夜循环编程为8小时夜晚16小时白天。通过测量幼苗的鲜重和干重(生物量)持续14天的时段,来监测幼苗的生长。结果一致地表明,与仅在PAR的白色光中生长的对照植物相比,NIR+PAR波长下的白光改善了植物的生长。图12显示了植株的典型生长曲线。

[0098] 实施例2.NIR与白光的组合改善了天竺葵的开花

[0099] 将天竺葵植物仅暴露于白光(400nm至700nm的PAR),或者暴露于800nm至950nm的NIR(平均峰值为850nm至880nm)与白光(PAR)。光/暗周期为16h/8h。将植物暴露于这些光照条件下60天。

[0100] 暴露于NIR+白光的植物的开花平均比仅有白光的植物的开花早3天开始。此外,NIR+白光照射的植物的花持续完全开放比仅用白光照射的植物的花平均长3天至5天。

[0101] 实施例3.在草莓的溶液培养中NIR与白光的组合

[0102] 使草莓植株在溶液培养物中生长。用光合有效辐射与800nm至950nm的NIR(峰值为850nm至880nm)组合来照射植物。日/夜循环是16/8h。每天测量植物的干生物量一次,为期

30天。初步实验表明,在PAR与10%的NIR下生长的植物预期将显示出最大的干质量积累。预期PAR加5%或25%的NIR下生长的植物将比仅有PAR下生长的植物显示出更高的干质量积累速率。然而,预期在PAR加5%NIR或PAR加25%NIR下生长的植物比在PAR加10%的NIR下生长的植物显示出更少的生物量积累。与在PAR下生长的植物相比,在PAR与50%的NIR下生长的植物没有显示出任何改善。

[0103] 表2.将NIR添加到PAR中对溶液培养中的草莓生长的影响,其显示出在16h/8h日光循环下干生物量积累。结果体现了在实验期结束时的生长。

[0104]

PAR	PAR 与 5%至7%的 NIR	PAR 与 10%的 NIR	PAR 与 25%的 NIR	PAR 与 50%的 NIR
100%	131%	140%	125%至 130%	100%至 105%

[0105] 实施例4.在医用大麻栽培中NIR、PAR与UV光的组合

[0106] 使大麻植物在提供有10%至15%UV A光(380nm至400nm)与UV-B光(280nm至315nm)、PAR光(400nm至700nm)和5%至15%的NIR(波长850nm至890nm)的灯下生长。UV-A光的作用是增加大麻中THC的百分比。NIR的作用是增加植物的生物量。因此,预期在UV与NIR组合下生长的植物将具有更高的生物量以及在组织中的更高浓度的TCH。由于该组合,医用大麻的生产力将大大增加。

[0107] 实施例5.NIR与PAR的组合用于体外植物繁殖

[0108] 在体外植物繁殖的情况下,NIR与PAR可有助于加速植株的生长。添加280nm至315nm的UV-B和5%的405nm的紫光,提供了一定程度的消毒(各种致病细菌和真菌的对数减少值(log reduction)为2至3),并且使植物材料无病原体。作为这种照明应用的结果,植株将生长得更好并产生更健康的植物。NIR与PAR照明的这种组合也有望改善来自基因修饰的(转基因,genetically modified)外植体的植株的发育。

[0109] 实施例6.刺激鳞茎植物的早期生长期

[0110] 使郁金香、孤挺花和水仙的休眠鳞茎在室温下经受NIR与PAR光的组合12小时/12小时的日/夜周期。使对照鳞茎只经受PAR光。与仅用PAR处理的鳞茎相比,第一批绿叶从用NIR与PAR的组合处理的鳞茎中出现要更早几天。

[0111] 实施例7.刺激作物的生长

[0112] 将十天龄的有机大麦、燕麦和小麦幼苗或“谷物”种植在2"x4"的盆中,苜蓿秧苗种在塑料容器中。将光调节到植物上方6"。对照灯为6000K的LED T8管(作为PAR的源)、NIR 7%的功率输出+PAR、6000K的LED T8管和NIR 50%的功率输出+PAR(6000K的LED T8管)。以总生物量积累来监测植物生长。生长受到低百分比的NIR刺激(用7%的NIR,生物量积累增加31%)。在这些测试中,高百分比的NIR(约50%)在植物生长中没有显示出任何显著的益处。

[0113] 实施例8.刺激菊花植物的生长

[0114] 将具有来自植物组织的菊花植株的、装有人造堆肥土壤混合物的塑料盆放置在由

塑料覆盖的温室隧道(拱棚, tunnel)中以生长。从约20cm的距离向植物提供PAR和NIR照射。将对照处理放置于隧道的单独隔室中。在第3周和第5周测量植物生长,并且在那时登记植株高度、每株植物的叶片数和植物存活率。对照与NIR-PAR处理的植物之间的植物生长差异为25%至30%,有利的是NIR+PAR处理。

[0115] 实施例9.用于在温室中种番茄的照明系统

[0116] 包括LED灯的照明系统,所述LED灯提供近红外(840nm至960nm)、红光(660nm)、蓝光(450nm)和具有400nm至700nm的光合有效辐射属性(photosynthetically active radiation profile)的白光。对照明系统进行程序设计如下:

[0117] 操作循环灯LED

小时时间	颜色			
	NIR	红	蓝	白
6:00 AM 至 7:00 AM	打开	打开	关闭	关闭
7:00 AM 至 9:00 AM	打开	打开	关闭	打开
9:00 AM 至 6:00 PM	关闭	打开	打开	打开
[0118] 6:00 PM 至 8:00 PM	关闭	打开	打开	打开
8:00 PM 至 9:00 PM	打开	打开	打开	打开
9:00 PM 至 11:00 PM	打开	打开	关闭	打开
11:00 PM 至 12:AM	打开	打开	关闭	关闭
12:00 AM 至 6:00 AM	关闭	关闭	关闭	关闭
6:00 AM	打开	打开	关闭	关闭

[0119] 因此,在清晨时间和深夜时间,用NIR与红光和/或光合有效光组合来照射植物。在傍午、日间和傍晚,将植物暴露于蓝光与光合有效白光的组合下。光合有效光在7AM至10AM打开。植物在12AM至5:30AM之间没有任何光。在上午6.00至8.30和8.00PM至11.30PM将植物暴露于NIR。这种光循环改善了番茄植物的生长。与除了没有接受NIR以外另外具有相同光照条件的植物相比,这些植物的干质量以及水果的生产量都更高。

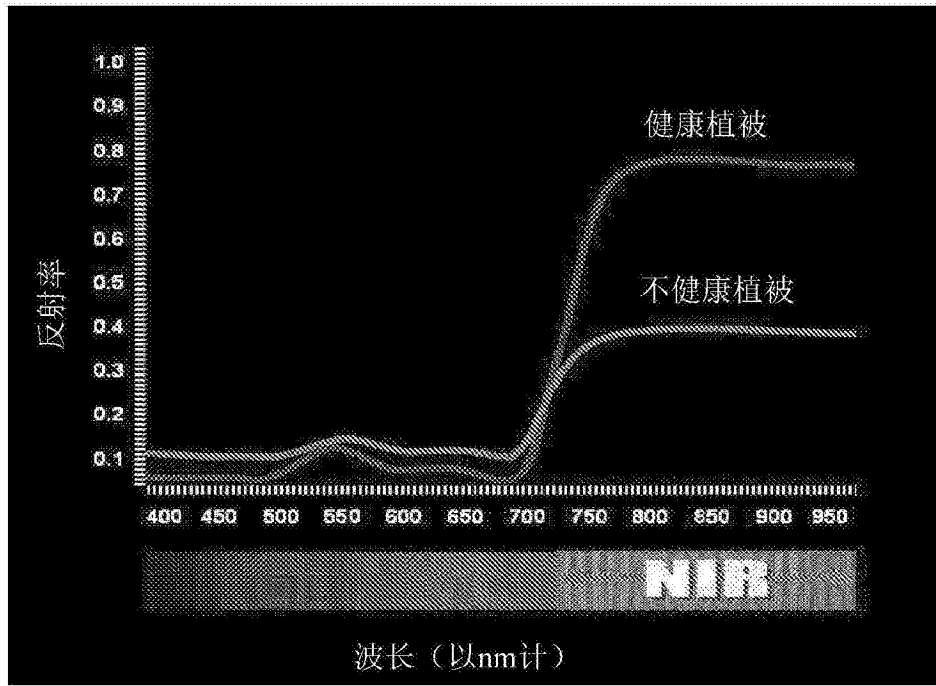


图1

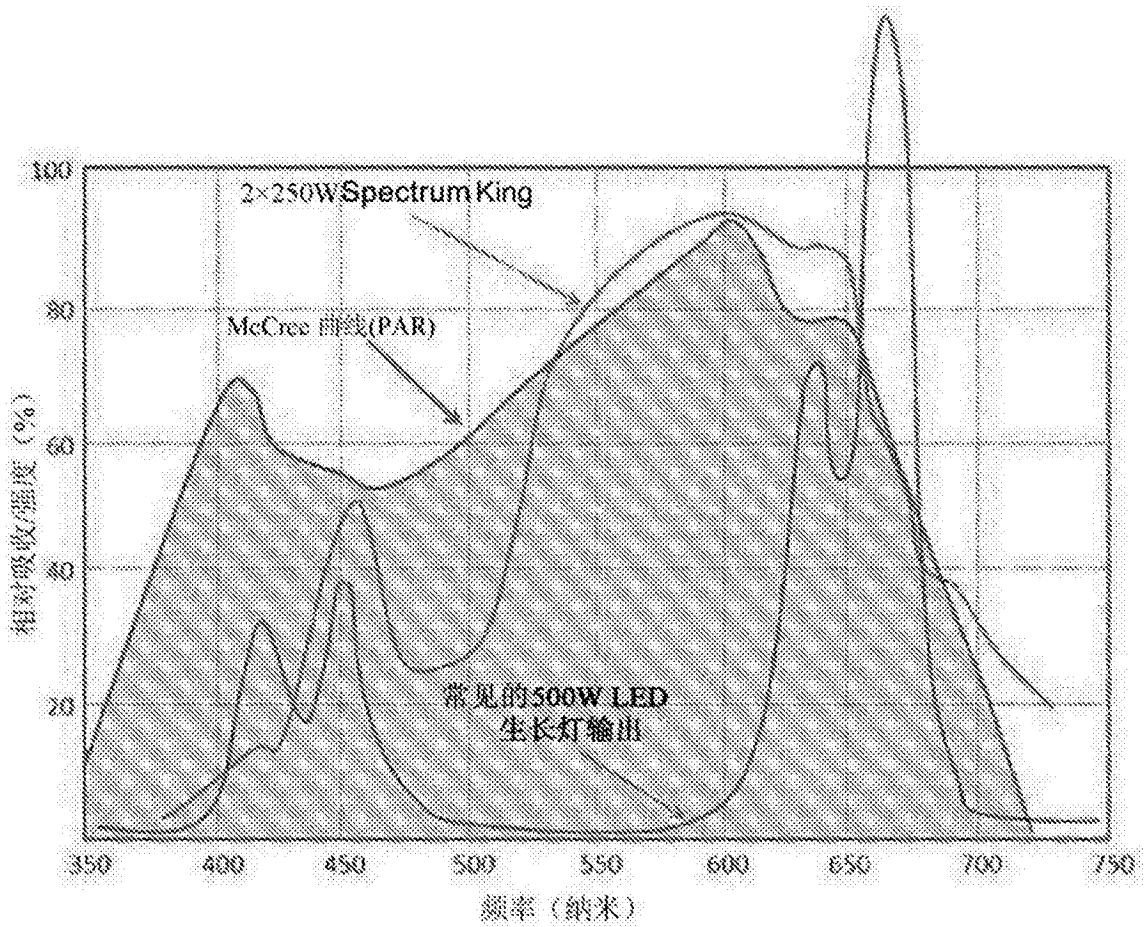


图2

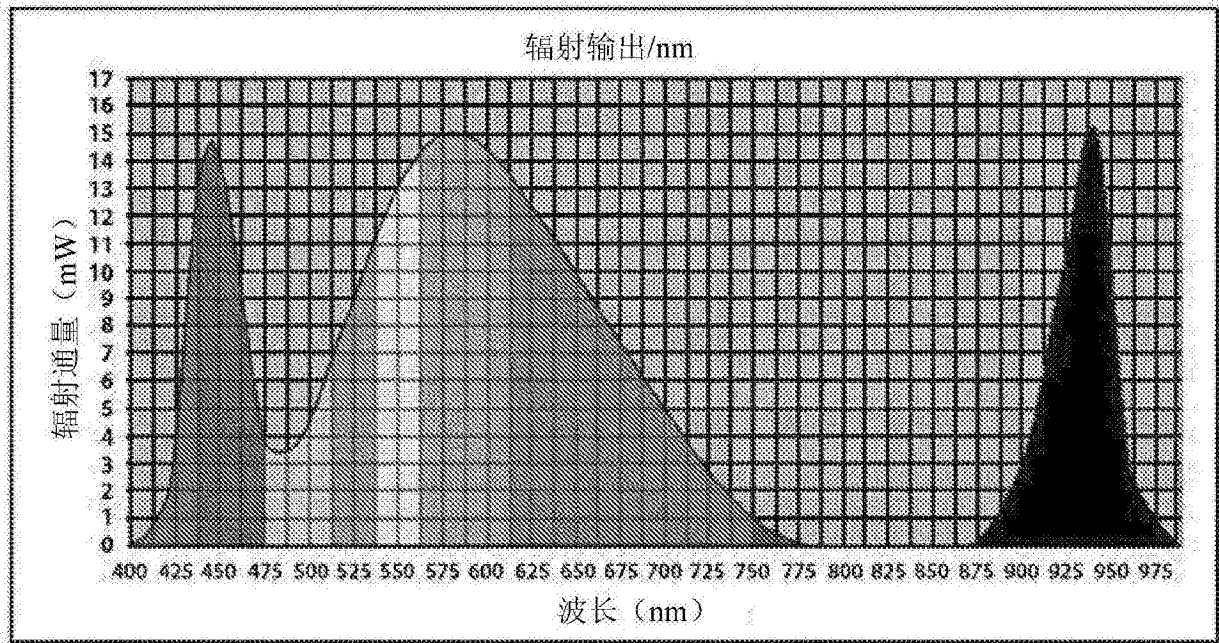


图3

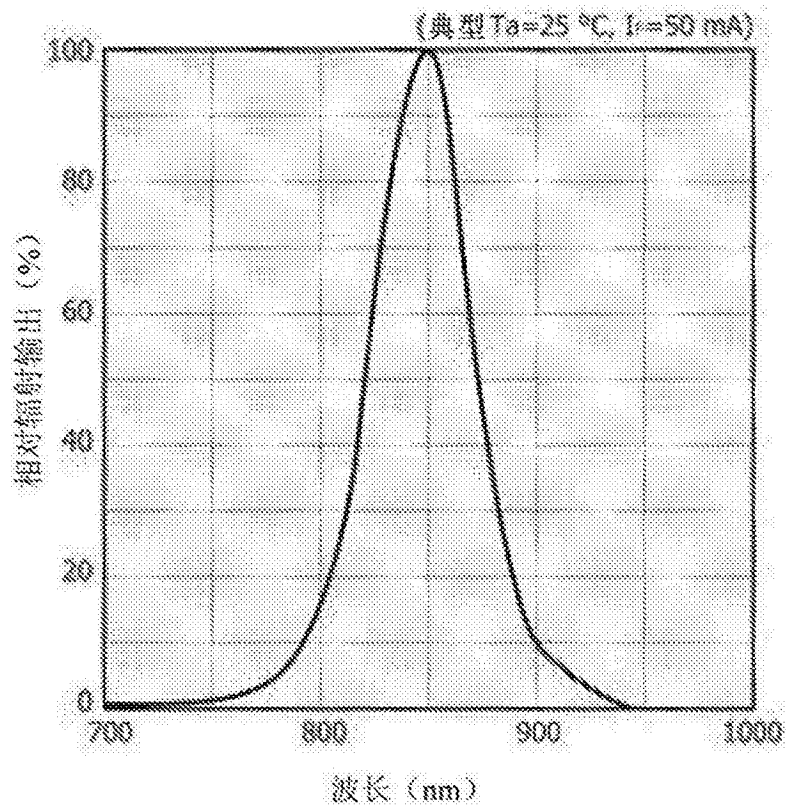


图4

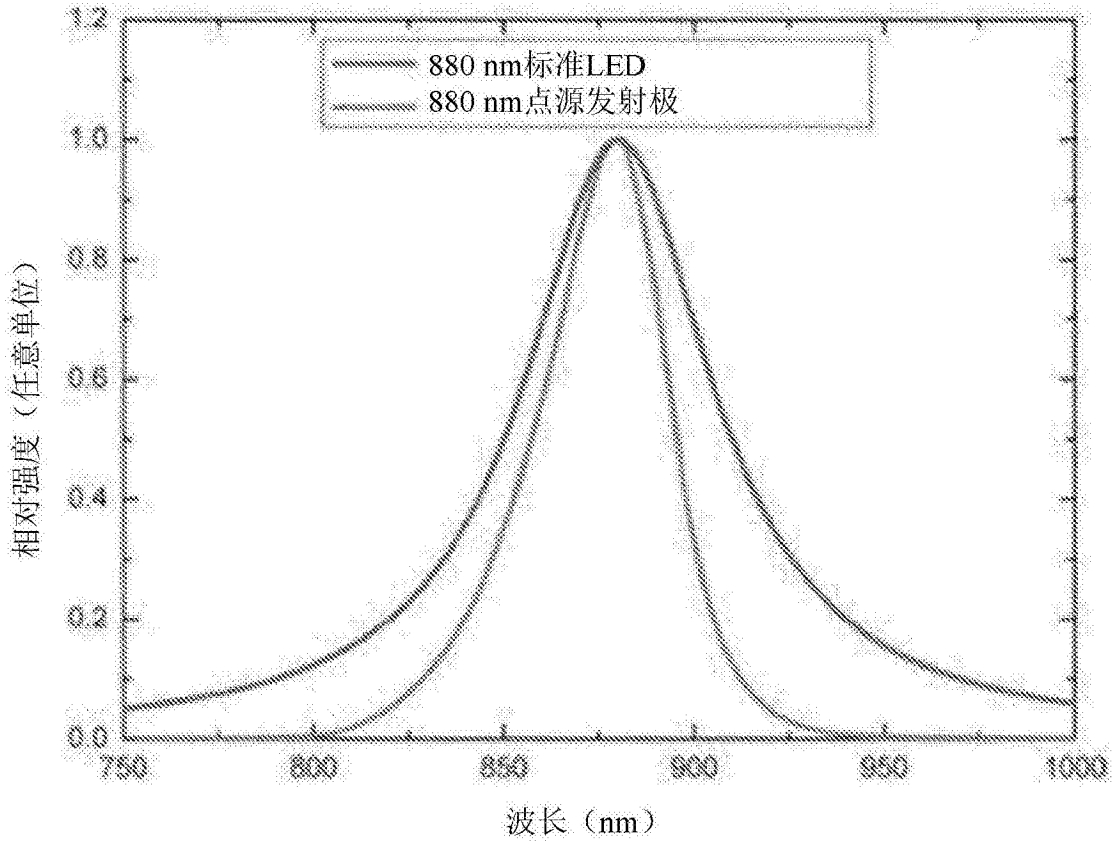


图5

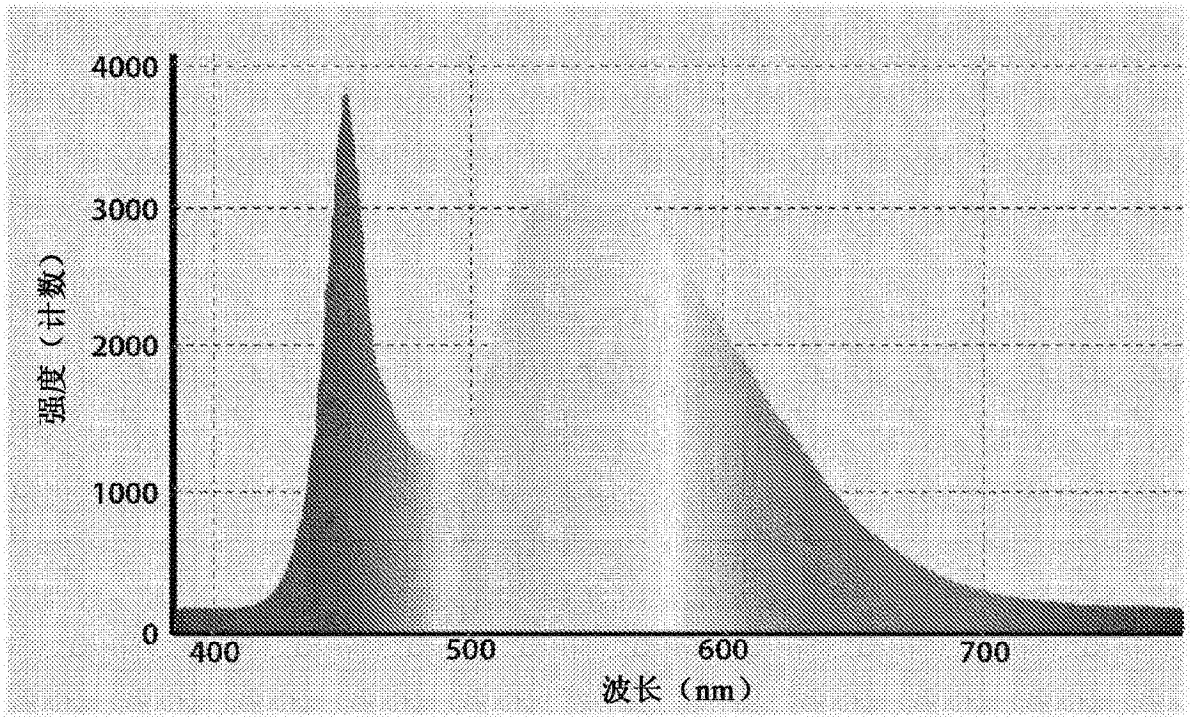


图6

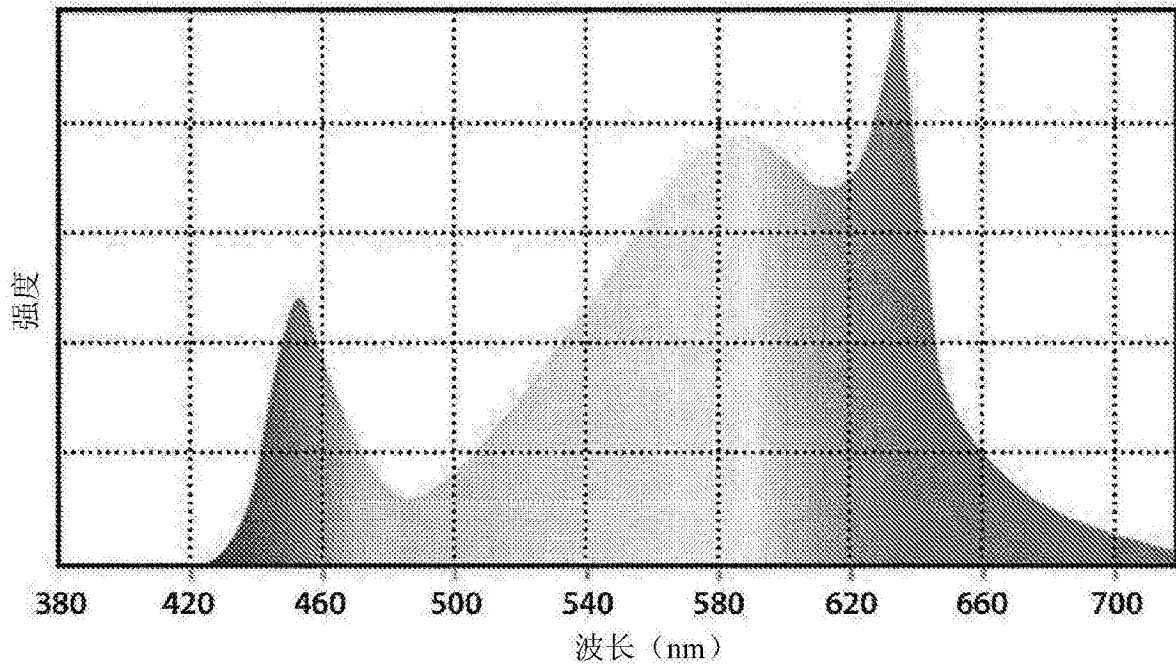


图7

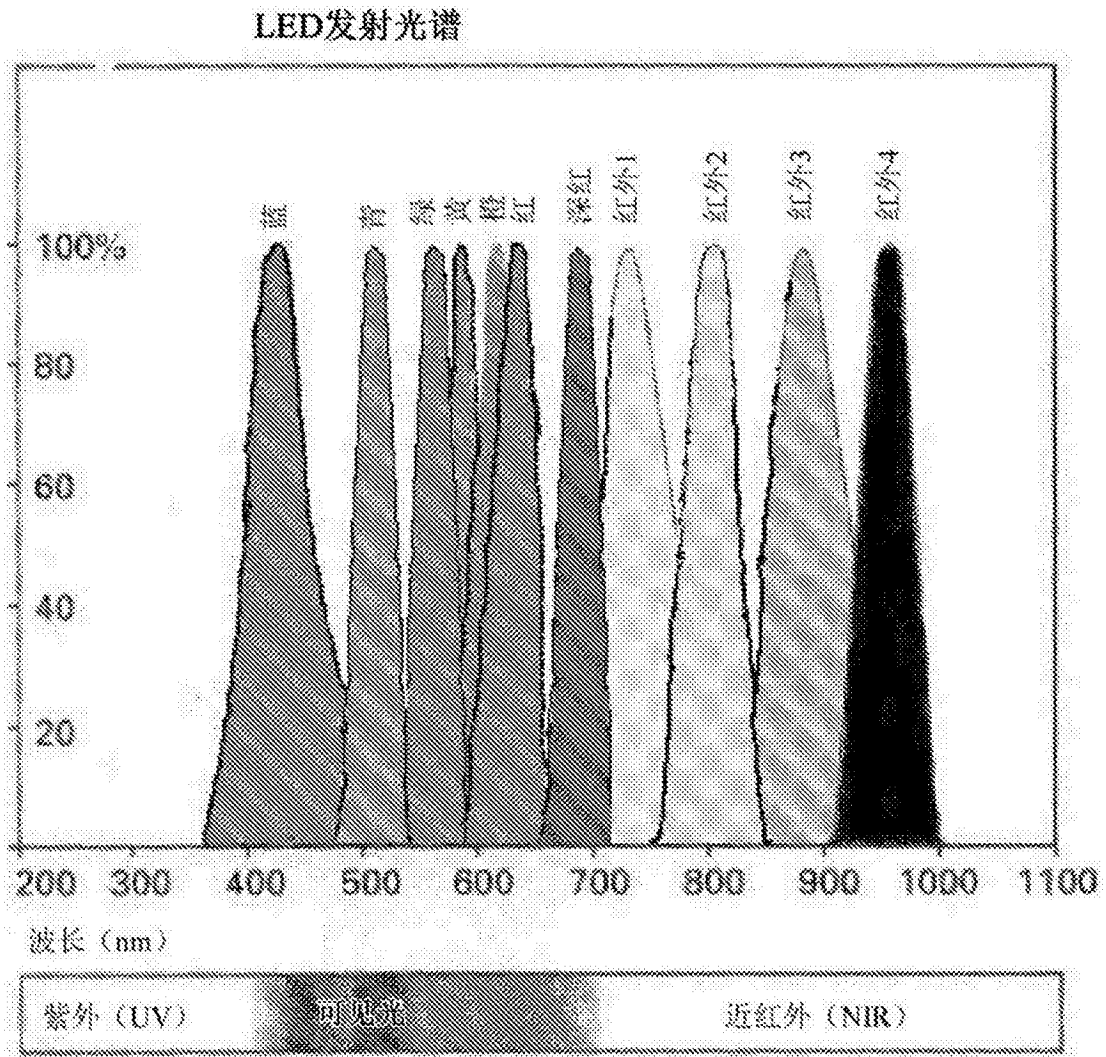


图8

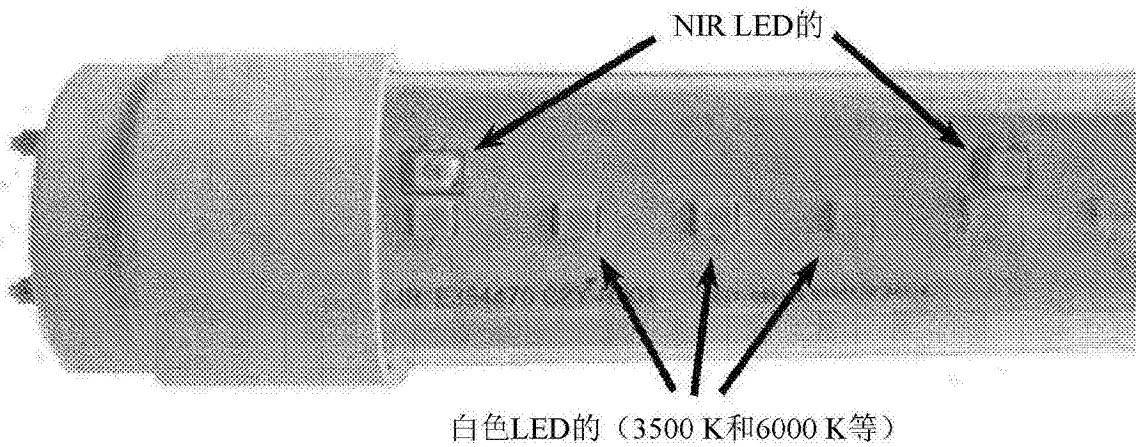


图9

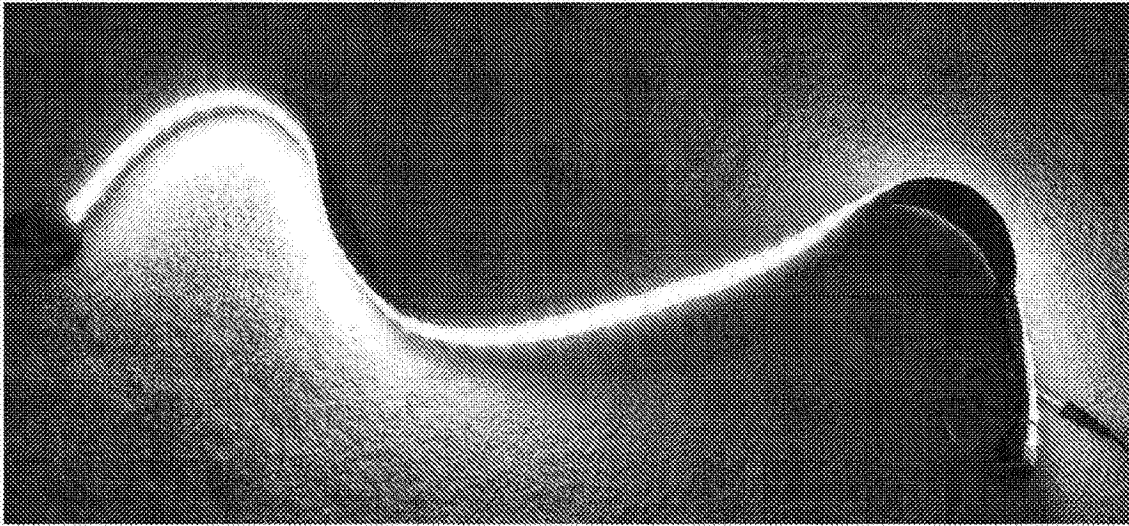


图10

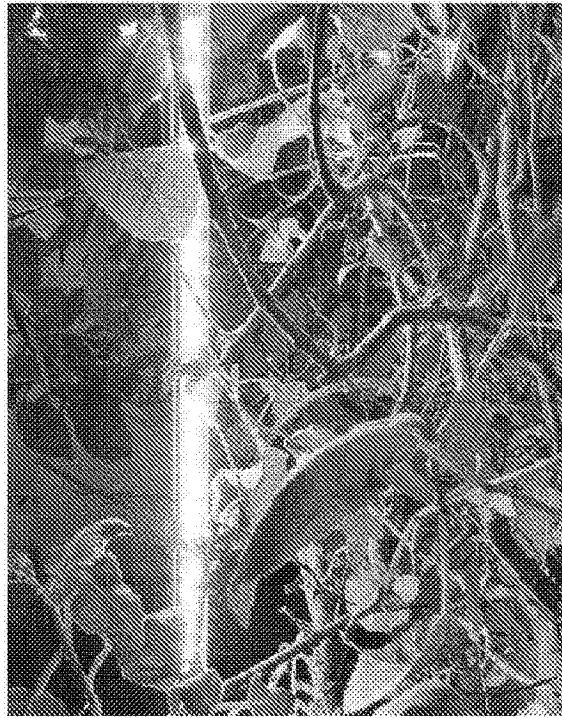


图11

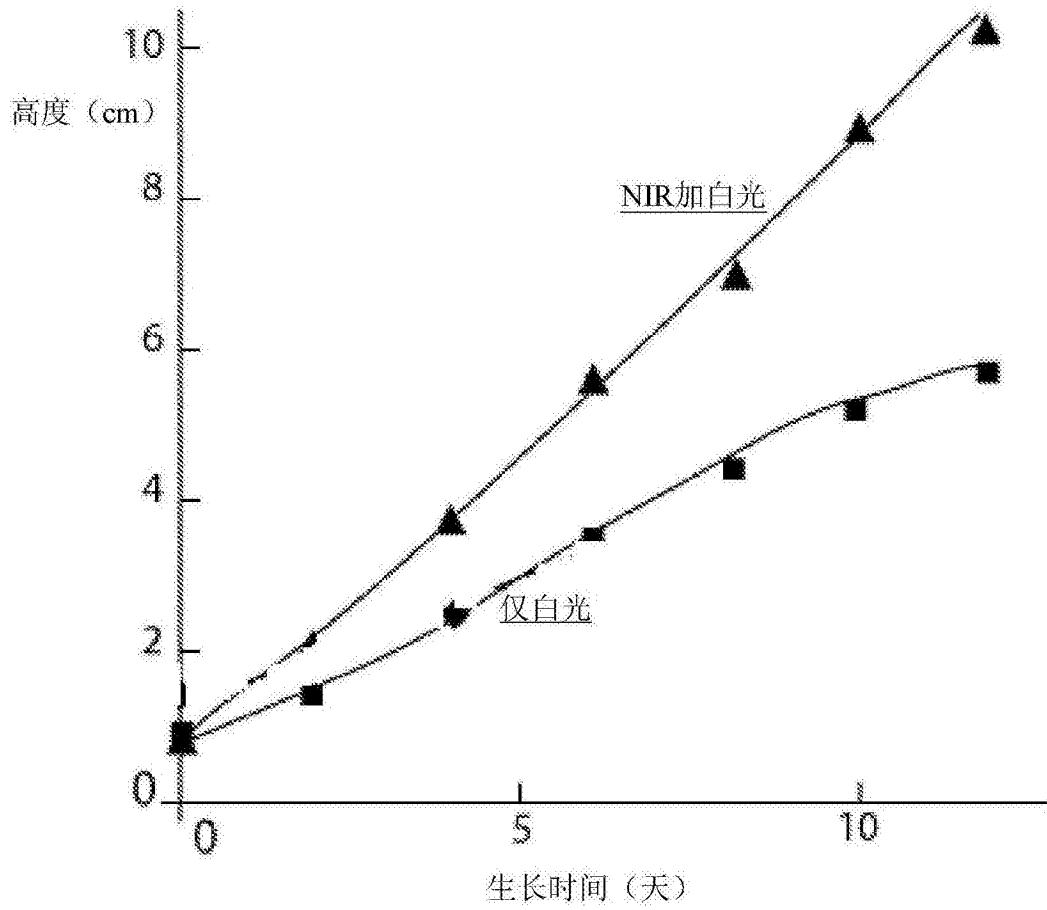


图12