

Effects of Dust Aerosols on Meteorological Environment and Vegetation Productivity

Shuyuan Ren Yiyang Jia Dan Zhu

Lanzhou Meteorological Service, Lanzhou, Gansu, 730020, China

Abstract

As one of the important particles in the atmospheric environment, dust aerosol has an important impact on the meteorological environment and vegetation productivity. The paper explores the definition and characteristics of dust aerosols, as well as their impact on meteorological environment and vegetation productivity. Firstly, the definition and characteristics of dust aerosols will be introduced, including their components, sources, and characteristics; Next, we will analyze the impact of dust aerosols on the meteorological environment, including atmospheric visibility and optical thickness, climate change, and atmospheric chemical reactions; Finally, explore the impact of dust aerosols on vegetation productivity, including photosynthesis, soil nutrition, and vegetation adaptability. A comprehensive discussion helps to gain a deeper understanding of the impact of dust aerosols on the environment and ecosystems, providing reference for environmental protection and sustainable development.

Keywords

dust aerosol; meteorological environment; vegetation productivity

沙尘气溶胶对气象环境和植被生产力的影响

任淑媛 贾亦阳 朱丹

兰州市气象局, 中国 · 甘肃 兰州 730020

摘 要

沙尘气溶胶作为大气环境中重要的颗粒物之一, 对气象环境和植被生产力具有重要影响。论文探讨沙尘气溶胶的定义和特性, 以及其对气象环境和植被生产力的影响, 首先将介绍沙尘气溶胶的定义和特性, 包括其成分、来源和特点; 接着将分析沙尘气溶胶对气象环境的影响, 包括大气能见度和光学厚度、气候变化以及大气化学反应等方面; 最后探讨沙尘气溶胶对植被生产力的影响, 包括光合作用、土壤营养和植被适应性等方面。全面的讨论有助于深入了解沙尘气溶胶对环境 and 生态系统的影响, 为环境保护和可持续发展提供参考。

关键词

沙尘气溶胶; 气象环境; 植被生产力

1 引言

沙尘气溶胶是大气中悬浮颗粒物的一种主要由陆地表面的风蚀和植被覆盖变化引起, 沙尘气溶胶的存在对大气环境和生态系统具有重要影响, 其影响范围涉及气象环境、气候变化和植被生产力等方面, 在当今全球气候变暖的背景下, 对沙尘气溶胶的研究变得尤为重要。

2 沙尘气溶胶的定义和特性

沙尘气溶胶是指由沙尘颗粒和空气中的气态污染物组成的复合体系。这些颗粒在大气中悬浮并可以被风吹散。沙尘气溶胶通常由多种物质组成, 包括矿物颗粒、有机物质、

重金属、微生物和其他化学物质。这些颗粒的大小范围很广, 从几微米到数十微米不等。

沙尘气溶胶具有以下特性:

复杂的成分: 沙尘气溶胶的成分复杂多样, 包括硅酸盐、铝、铁、钙、有机碳以及其他化学元素, 这些成分的比例和含量会受到地理位置、气候条件和人类活动的影响^[1]。

对大气和气候的影响: 沙尘气溶胶对大气循环、辐射传输和云的形成都有着重要的影响, 它们可以吸收、散射和反射太阳辐射, 从而影响地球能量平衡和气候变化。

健康影响: 沙尘气溶胶中的微小颗粒物 (PM_{10} 和 $PM_{2.5}$) 对人类健康构成威胁, 这些细颗粒物可以进入人体呼吸道并引发呼吸道疾病, 甚至影响心血管系统健康。

生态影响: 沙尘气溶胶的沉降可以影响陆地和海洋生态系统, 对植被生长、土壤肥力和海洋营养循环产生影响。

地球系统中的重要角色: 沙尘气溶胶在地球系统中扮

【作者简介】任淑媛 (1989-), 女, 中国甘肃华亭人, 本科, 工程师, 从事气象服务、气候监测与气候变化研究。

演着重要的角色,影响着陆地和海洋的生态平衡以及全球气候变化的发展。

3 沙尘气溶胶对气象环境的影响

3.1 大气能见度和光学厚度

3.1.1 沙尘气溶胶对能见度的影响

沙尘气溶胶对能见度的影响是由其对光线的散射和吸收效应造成的,沙尘颗粒的存在使得大气中的光线发生散射,从而降低了远处物体的清晰度和可见性,导致能见度下降。尤其是在干燥和多风的地区,沙尘气溶胶对能见度的影响更加显著。例如沙尘暴天气中,大量的沙尘颗粒悬浮在空气中,严重影响了周围环境的能见度,对交通、生产和人们的生活造成了诸多不便和危害。而且沙尘气溶胶还会吸收部分光线,并在大气中形成光学厚度较大的区域,使得远处物体的轮廓变得模糊甚至消失。这种影响不仅在沙尘暴天气中表现明显,在一些地区的日常气象观测中也可能受到沙尘气溶胶的干扰,影响气象数据的准确性和可靠性^[2]。

3.1.2 沙尘气溶胶对光学厚度的影响

光学厚度是指大气对光线传播的阻尼效应,沙尘气溶胶的存在会增加大气的厚度,沙尘气溶胶颗粒对光线的散射和吸收作用使得大气中的光线路径变得更长,从而增加了大气对光线的吸收和散射,导致光线透过大气的能量损失增加使得光线传播的路径发生变化和延长,这种现象在沙尘暴和大风天气中尤为明显,不仅影响了人们的日常生活也对天文观测和遥感监测等科学研究带来了一定困扰。

3.2 气候变化

3.2.1 沙尘气溶胶对辐射平衡的影响

辐射平衡是指地球表面吸收的太阳辐射能量与向外辐射的地球长波辐射能量之间的平衡状态,沙尘气溶胶作为大气中的颗粒物质,能够影响太阳辐射的直接照射和地表反射,从而改变地球能量平衡,进而对气候产生影响。其一,沙尘气溶胶对太阳辐射的直接反射和吸收会导致地表的辐射能量收支发生变化。沙尘气溶胶的存在使得部分太阳辐射被直接反射回太空,从而减少了地表的日射照度,影响了地表的能量收支平衡,这种影响会对地表和大气的温度分布产生影响从而改变气候环境的分布和变化。其二,沙尘气溶胶对大气长波辐射的吸收和散射也会对辐射平衡产生影响,沙尘气溶胶能够吸收和散射大气中的长波辐射,使得大气层中的能量分布发生变化从而影响了大气的温度结构和热力环流,这种影响会对气候系统的平衡状态产生影响,进而影响了气候的长期变化趋势。

3.2.2 沙尘气溶胶对降水的影响

降水是地球水循环的重要组成部分,而沙尘气溶胶的存在也会对降水产生一定的影响。一方面,沙尘气溶胶作为大气中的凝结核,对云和降水的形成起着重要作用;另一方面,沙尘气溶胶通过影响辐射平衡和大气温度结构也会间接

影响降水的形成和分布。在沙尘气溶胶的作用下,大气中的水汽往往会围绕着沙尘粒子聚集,形成水滴或冰晶,从而促进云的形成和发展。这种作用既可以增加云的数量,也可以影响云的性质和特点,进而对降水产生一定的影响。研究表明,在沙尘暴等极端天气事件中大量的沙尘气溶胶的悬浮不仅会影响云的形成和特性通过改变云的辐射特性影响到降水的形成和分布^[3]。

3.3 大气化学反应

3.3.1 沙尘气溶胶对大气化学组成的影响

沙尘气溶胶的主要成分包括硅酸盐、铝和铁等,这些成分与大气中的气体发生化学反应,影响大气化学组成,其中硅酸盐是沙尘气溶胶的主要成分之一,它可以与大气中的气体发生反应影响大气中气溶胶的浓度和分布,此外,铝和铁等金属元素也可以影响大气中的化学平衡进而影响大气化学组成。

3.3.2 沙尘气溶胶对臭氧生成的影响

沙尘气溶胶对臭氧生成的影响也备受关注,臭氧是一种重要的大气污染物,它对人类健康和生态环境都具有重要影响。沙尘气溶胶通过多种途径影响臭氧的生成和分布,第一,沙尘气溶胶可以影响大气中氧气和氮氧化物的光化学反应,从而影响臭氧的生成速率。第二,沙尘气溶胶可以作为载体,将大气中的一些有害物质转运到远离其源头的地方这些物质会影响臭氧的生成和消耗过程,还有就是沙尘气溶胶本身也可以与大气中的一些化学物质发生反应从而影响臭氧的生成和分布。

4 沙尘气溶胶对植被生产力的影响

4.1 光合作用

4.1.1 沙尘气溶胶对植被光合作用的影响

大气中的化学反应是复杂而多变的,而沙尘气溶胶作为活性颗粒物质,对大气化学组成有着重要的影响。沙尘气溶胶本身就可以作为化学反应的催化剂,促进大气中气体和颗粒物质之间的反应。沙尘气溶胶还可以吸附大气中的气体和其他颗粒物质,改变它们的浓度分布,从而影响大气中的化学平衡和反应速率。沙尘气溶胶还可以通过光化学和电化学反应参与大气中的化学过程。

具体来说,沙尘气溶胶对大气中气体和颗粒物质的吸附作用在以下几个方面产生影响:

氮氧化物(NO_x)的转化:沙尘气溶胶可以吸附和转化大气中的氮氧化物,尤其是二氧化氮(NO_2),从而影响大气中的氮氧化物循环和臭氧生成。

光化学反应的催化:沙尘气溶胶能够促进大气中的光化学反应,例如臭氧的生成和消耗过程,从而影响大气中的氧化还原平衡。

酸雨的生成:沙尘气溶胶对大气中硫氧化物和氮氧化物的吸附作用,可能促进酸雨的生成,对生态环境和人类健

康造成负面影响^[4]。

4.1.2 沙尘气溶胶对植被光合产物的影响

研究发现,沙尘气溶胶中的微量元素和化合物对植物的养分吸收和利用具有一定影响,例如,沙尘气溶胶中的铁等微量元素对植物的铁营养吸收有一定的促进作用,但也可能由于沙尘气溶胶的堆积和覆盖影响到植物根系的气体交换和养分吸收,因此,沙尘气溶胶对植被养分吸收和利用效率的影响是一个需要综合考量土壤、植被和沙尘气溶胶之间相互作用的复杂过程。还有,沙尘气溶胶的沉积和覆盖也可能直接影响到植物的生长和发育,在沙尘暴等气象条件下,大气中的沙尘气溶胶会沉积到植被表面,影响到植物叶片的光照和气体交换,甚至可能导致植物叶片的机械损伤,沙尘气溶胶对植被生长发育的影响是一个需要深入研究和探讨的问题。

4.2 土壤营养

4.2.1 沙尘气溶胶对土壤养分的影响

沙尘气溶胶通过大气沉降的方式将其中携带的营养物质输送到地表,从而影响土壤的养分状况,具体来说沙尘气溶胶中富含多种元素,如铁、钾、钙、镁等,这些元素对植物生长发育起着至关重要的作用。一些研究表明沙尘气溶胶中的铁元素对于植物的养分吸收和生长具有重要影响,尤其是对于一些铁元素吸收较为困难的植物品种而言,所以沙尘气溶胶的沉降不仅可以增加土壤中的养分含量,还能够改善土壤的养分结构有助于提高植被的生长状况。

4.2.2 沙尘气溶胶对土壤微生物的影响

臭氧在大气化学中扮演着重要的角色它既是一种重要的氧化剂,也是一种有害的污染物,而沙尘气溶胶对臭氧的生成和消耗过程有着重要的影响。

而沙尘气溶胶作为臭氧的催化剂,在大气中促进了臭氧的生成过程,通过吸附和转化大气中的氮氧化物和挥发性有机物,沙尘气溶胶可以促进臭氧的生成,尤其是在光照条件下这一过程更为显著。沙尘气溶胶还可以影响大气中臭氧的消耗过程,它们吸附和转化大气中的氮氧化物和氧化剂,改变了大气中的氧化还原平衡,从而影响了臭氧的消耗速率。

4.3 植被适应性

4.3.1 沙尘气溶胶对植被生长的影响

沙尘气溶胶对植被生长的影响是一个复杂而多样的过程,沙尘气溶胶中的颗粒和化学成分可以直接影响植物的光合作用和呼吸作用。颗粒物的沉积和堆积会影响植物叶片的光合效率,而有机物和其他化学成分可能通过气孔进入植物内部,影响其生理代谢和生长发育,还有沙尘气溶胶还可能改变土壤的理化性质,影响植物的根系生长和养分吸收。

值得注意的是,不同类型的沙尘气溶胶对植被的影响是不同的,适度的沙尘气溶胶沉积和堆积可以减缓土壤水分蒸发和植被蒸腾,从而有利于植物的生长。然而,过高浓度的沙尘气溶胶可能会阻碍植物的光合作用,影响其生长和生存,因此植物在面对沙尘气溶胶时需要具备一定的适应策略,以应对不同环境条件下的影响^[5]。

4.3.2 沙尘气溶胶对植被物种多样性的影响

沙尘气溶胶对植被物种多样性的影响也备受关注。一方面,适量的沙尘气溶胶可以为植被提供营养物质,促进植被的生长从而增加植被的覆盖范围和生物量,对物种多样性产生积极影响。另一方面,沙尘气溶胶的堆积和沉降可能导致土壤的贫瘠化影响植被的生长从而对物种多样性产生负面影响。

沙尘气溶胶通过影响植被的生长环境和生态位,改变植被群落的结构和组成进而影响物种多样性,而沙尘气溶胶的输入可能改变土壤中微生物的群落结构,从而影响土壤生态系统的功能和稳定性,进而对植被的生长和物种多样性产生影响。因此沙尘气溶胶对植被物种多样性的影响是复杂多样的,需要综合考虑各种因素的作用。未来的研究还需要进一步探讨沙尘气溶胶对植被群落结构和物种多样性的长期影响机制,以及在全球变化背景下的生态效应。在深入探讨沙尘气溶胶对植被生产力的影响时,我们需要认识到复杂的生态系统和环境因素之间的相互作用。通过深入的研究和综合分析我们可以更好地理解这些影响为环境保护和生态恢复提供科学依据并为人类可持续发展贡献力量。

5 结语

沙尘气溶胶作为大气环境中的重要成分,对气象环境和植被生产力具有显著影响,深入了解沙尘气溶胶的特性和对环境的影响,有助于更好地保护大气环境和生态系统,未来的研究可以进一步探讨沙尘气溶胶的来源、运移、转化和影响机制,为更好地应对气候变化和保护生态环境提供科学依据。

参考文献

- [1] 王颖,刘东.沙尘气溶胶粒子多波长退偏振特性仿真研究[J].大气与环境光学学报,2023,18(5):458-468.
- [2] 付文渲.沙尘气溶胶对气象环境和植被生产力的影响[D].呼和浩特:内蒙古大学,2023.
- [3] 孙博爱.沙尘气溶胶对新疆对流云降水影响的数值模拟研究[D].南京:南京信息工程大学,2023.
- [4] 张云舒.青藏高原地区内部沙尘气溶胶源地、垂直输送及其辐射效应[D].兰州:兰州大学,2023.
- [5] 李本涛,张镭,张云舒,等.青藏高原沙尘气溶胶时空变化及其源地分析[J].高原气象,2023,42(3):564-574.