

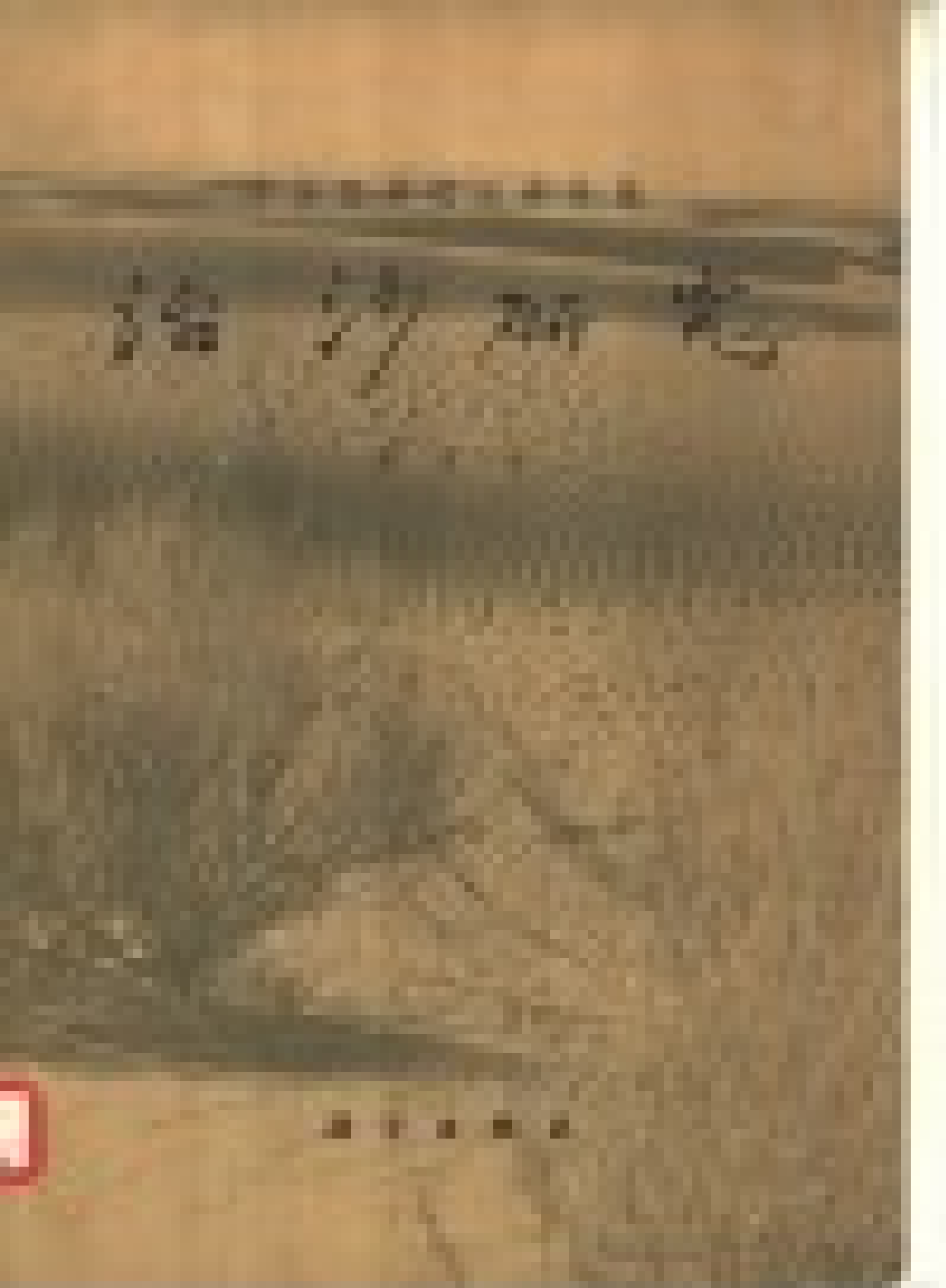
中国科学院治沙队编

治沙研究

第七号

科学出版社





中国科学院治沙队編

治沙研究

第七号

科学出版社

1965

内 容 简 介

本书是中国科学院治沙队汇编的有关研究成果。大部分文章曾在1961年治沙科学研究总结会议上及1964年干旱区地理学术会议上宣读和讨论过,后经修改而成。

本书共选文章十二篇,主要内容包括有关固沙植物(白刺属)的分类和分布,风沙运动规律及其防治问题的研究以及个别沙区的历史地理、陆地水文、水文地质、土壤、自然地理等专业的论述和沙坡头地区铁路沿线植物固沙等问题的研究。

这些文章大部分是作者通过野外考察、定位试验所得资料编写的,可供有关生产部门、研究机关及高等院校参考。

治 沙 研 究

第 七 号

中国科学院治沙队编

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街117号

北京市书刊出版业营业许可证出字第061号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1965年11月第一版 开本:787×1092 1/16

1965年11月第一次印刷 印张:9 3/4 插页:8

印数:0001—1,120 字数:203,000

统一书号:13031·2214

本社书号:3365·13-14

定价:[科七] 1.70 元

目 录

中国白刺属植物的分类和分布·····	刘嫄心 (1)
风沙运动的若干规律及防止风沙危害问题的初步研究·····	吳 正、凌裕泉 (7)
乌兰布和沙漠北部的汉代垦区·····	侯仁之、俞伟超、李宝田 (15)
塔克拉玛干沙漠地区天然胡杨林发生分布和生长特点的初步研究·····	田裕钊 (35)
毛乌素沙区外流河径流形成、估算及其预报方法 ·····	曲耀光 (44)
宁夏河东沙区的地下水·····	邱国庆、徐道明 (59)
内蒙古哲盟科左后旗伊胡塔人民公社土地资源及土地合理利用意见·····	刘德生、郑应顺、肖荣寰、李继沓、刘中民 (75)
腾格里沙漠东南缘流沙自然固定的土壤形成过程·····	陈隆亨、陈文瑞 (98)
沙坡头地区铁路两侧植物固沙的研究·····	李鸣冈、王康富、廖次远、刘 恕 (109)
沙坡头格状新月形沙丘水分状况的研究·····	陈文瑞、陈秀贞 (120)
沙坡头格状沙丘引种苏联头状沙拐枣和乔木状沙拐枣的初步结果·····	蔣 瑾 (127)
沙坡头优良固沙植物——花棒的特性及其栽培技术·····	廖次远 (138)

中国白刺属植物的分类和分布

刘 焜 心

(中国科学院治沙队)

白刺属(*Nitraria* Linn.)植物在我国沙漠地区分布面积很广,且常以建群种出现,在固沙植物中占有重要地位。白刺属植物种数虽不多,但已往在文献中对植物种的分类和分布常有混淆。因此,必须加以研究和澄清。

本文归纳了文献中矛盾的意见,为了解决这些矛盾,搜集了有关种的原始记载和模式标本产地相近地区的标本,确定了各植物种的形态特征和分类等级。根据中国科学院植物研究所及中国科学院治沙队所藏我国西北、华北及东北大量标本,澄清了我国分布的有5种白刺。文中包括这些种的中名、学名、文献、形态特征、分布区和生境。最后附有种的检索表、分布图和文献目录。

在研究工作进行过程中,承中国科学院植物研究所很多同志特别是标本、图书、资料室的同志,兰州师范大学朱格麟同志,本队高有广、彭期龙同志等都给予很多帮助。秦仁昌同志曾予热心指导,谨此致谢。

一、文 献 概 括

1. 白刺属在中国分布的种数问题 В. Л. Комаров (1908) 认为有2种及2变种; E. Г. Бобров (1946) 认为有4种; М. М. Ильин (1958) 和 М. П. Петров (1962)¹⁾ 确定有5种; 朱文江等(1963)认为除有记录的5种外,又提出几个新种和新变种。

2. *N. sphaerocarpa* Maxim. 和 *N. roborowskii* Kom. 二种,已往著者们认为中国有分布,除对分布区的大小稍有不同意见外,大都认为内蒙、新疆有分布,蒙古人民共和国也有。

3. *N. schoberi* Linn. 的分布问题 E. Г. Бобров (1946) 认为中国无分布。С. J. Maximowicz (1889) 认为中国黄河上中游有分布。В. Л. Комаров (1908) 记载内蒙有分布。М. Kitagawa (1939) 确认我国东北有分布。《东北木本植物志》提出我国东北、华北、西北很多地区都有分布。М. М. Ильин (1958) 认为它的东界只到准噶尔。М. П. Петров (1962) 却认为它在中国的分布区包括新疆、青海、甘肃、内蒙一带。

4. *N. schoberi* Linn. 与 *N. tangutorum* Bobr. 的区别 С. J. Maximowicz (1889) 及

1) 见 Петров М. П.: К систематике, экологии и географии видов рода *Nitraria* L. (1962), Рукопись

其他承认 *N. tangutorum* Bobr. 种的一些著者均提出黄河上中游一带的白刺与里海一带的形态不同;而 M. П. Петров (1962) 却感到二者区别很小或无区别。

5. *N. tangutorum* Bobr. 的分布区问题 M. П. Петров (1962) 认为只限于昆仑山和祁连山西段以及柴达木盆地。E. Г. Бобров (1946) 定新种时认为它的分布区由西藏东北边缘向东到鄂尔多斯。

6. *N. schoberi* Linn. 与 *N. sibirica* Pall. 的关系 《乌兹别克植物志》(1959)把二者处理为异名同物。也有人 (P. S. Pallas, 1908) 认为后者是前者的变种。但大多数人的意见还是划为两个独立种。

7. 关于某些种形态变化上等级的处理问题: 朱文江等 (1963) 由于“果形为倒梨形, 末端侧面有尖突等发现了几个新种和变种”。B. Л. Коморов 根据叶银白色定有 var. *argentea* Kom.。M. Kitagawa 根据果为球形定有 var. *globicarpa* Kit.。M. П. Петров 根据果形的不规则定有 f. *irregularis* Petrov; 根据果的颜色定有 f. *brunnescens* Petrov; 根据叶形定有 f. *angustifolia* Petrov; 可以看出这些著者对类似的形态变化所处理的分类等级大不相同。

8. *N. Komarovii* Iljin et Lava 的分类等级和在中国的分布问题 E. Г. Бобров (1946) 认为是独立种, 只分布于里海沿岸。M. П. Петров 认为是变型: 而且认为 *N. schoberi* var. *komarovii* Petrov 中国有分布。

针对这些矛盾的意见, 我们研究了有关种的原始记载、图以及模式产地相近地区的标本, 从而掌握了各植物种的分类特征。确认在世界范围内有 8 种, 我国有 5 种 (附图)。

二、种 的 特 征

现将我国各种白刺分述如下:

1. 泡泡刺(甘肃)、球果白刺

N. sphaerocarpa Maxim. in Mém. Biol. XI (1883) 657; in Bull. Acad. St. Petersb. XXIX (1884) 74; Enum. pl. Mongol (1889) 121—122; l. c. t. XII, f. 11—12; Bobr. в Сов. Бот. XIV, 1, (1946) 24—26。

灌木, 直立; 分枝多, 高约 0.5 米, 不孕枝先端为刺状。叶 2—3 个簇生, 无柄, 无毛, 宽线形或倒披针状线形, 长 0.5—2.5 厘米, 宽 2—3 (4) 毫米; 先端稍锐尖或钝。花序长 2—4 厘米, 有短柔毛; 花梗长 0.1—0.5 厘米; 花 5 数, 萼片绿色, 被柔毛; 花瓣白色, 长约 2 毫米。果在未成熟时为披针形, 先端渐尖, 密被黄褐色柔毛, 成熟时果皮膨胀成球形, 膜质, 果径约 1 厘米; 果核狭窄, 成纺锤形, 长 8—9 毫米, 先端渐尖; 种皮被蜂窝状小孔。花期 5—6 月; 果期 6—7 月。

分布于内蒙巴彦淖尔盟西部、甘肃西北部及新疆东部。蒙古人民共和国也有分布。

本种为上述地区的特有种。生长于戈壁滩或荒漠带沙砾质山前平原。

2. 小果白刺、西伯利亚白刺、卡密(甘肃河西走廊)

N. sibirica Pall. Fl. Ross. 1 (1784) 80; Бобров в Сов. Бот. XIV, 1 (1946) 26; в Ком. Фл. СССР XIV (1949) 197—*N. schoberi* α *sibirica* DC. Prodr. III (1826) 456 *N. schoberi* β *sibirica* Pall. ex Kom. Act. Hort. Petrop. XXIX, 1 (1908) 155—*N. schoberi* auct. non Linn.: Ldb. Fl. Alt. 1 (1830) 202; Kom. Fl. Mansh. in Act. Hort. Petrop. XXV (1907) 819; Крыл. Фл. Зап. Сиб. VIII (1935) 1851; 刘慎谔, 东北木本植物图志(1955), 第 360 页。

灌木, 高约 0.5—1 米, 多分枝, 弯曲或直立, 有时横卧, 小枝灰白色, 先端刺状。托叶小; 叶无柄, 在嫩枝上 4—6 个簇生, 倒披针形, 先端锐尖或钝, 基部窄楔形, 长 0.6—1.5 厘米, 宽 2—5 毫米, 无毛或嫩时被柔毛。聚繖花序生于嫩枝顶部, 长 1—3 厘米, 具疏柔毛; 萼 5 片, 绿色; 花瓣长圆形, 长 2—3 毫米, 白色。果近圆形, 两端钝圆, 直径长 6—8 毫米, 熟时暗红色, 果汁暗蓝紫色, 味甜而微咸; 果核卵形, 先端尖, 长约 4—5 毫米。花期 5—6 月; 果期 7—8 月。

分布于新疆、青海、甘肃、内蒙、宁夏、陕西、山西、河北、辽宁、黑龙江。此外, 蒙古人民共和国, 苏联中亚部分、西伯利亚均有分布。常见于内陆湖盆低地、海边盐渍化滩地、河流及渠旁的盐渍化粘土上。

本种模式标本采自苏联贝加尔湖附近。分布面积很大, 植物形态的变幅也很大。我们在内蒙古呼伦贝尔盟新巴尔虎旗达赉湖附近所采标本, 形状较小, 叶长 6—10 毫米, 宽 2—4 毫米, 核果长约 6 毫米。蒙古人民共和国南部标本叶形较大, 长 1.5 (2.1) 厘米, 宽 3—5 毫米, 果长 7—8 毫米。这种标本在我国及苏联均有所见。即在同一地区, 由于生态条件不同, 其叶形, 果、叶的大小, 叶的灰绿或鲜绿颜色有所不同。根据形态的变异, 前人所定的 *var. argentea* Kom., *var. globicarpa* Kit., *F. angustifolia* Petrov, *F. brunnescens* Petrov 等在标本及野外观察中, 除 *F. brunnescens* Petrov 未见到外, 均有所见。但这些形态极不稳定, 只能做为变型, 不能做为变种。

3. 大白刺

N. roborowskii Kom. in Act. Hort. Petrop. XXIX, 1 (1908) 168; l. c. t. IV; Бобров в Сов. Бот. XIV, 1 (1946) 27。

灌木, 高约 1—2 米; 小枝灰白色, 先端成刺针状; 叶 2—3 个簇生, 倒卵形或长椭圆状匙形, 先端圆钝, 全缘或有具不规则的 2—3 齿裂, 长 2.5—3.5 (6) 厘米, 宽 0.7—1.3 (2.2) 厘米。花较其他种稀疏。核果近椭圆形或不规则, 长 1.2—1.8 厘米, 直径 0.8—1.5 厘米, 熟时深红色, 果汁玫瑰色, 味甜酸适口, 有时稍带苦味。果核长卵形, 长 8—10 毫米, 宽 3—4 毫米。花期 6 月; 果期 7—8 月。

模式标本采自新疆且末綠洲。分布于新疆、青海、甘肃、内蒙。蒙古人民共和国和苏联阿姆河流域及哈萨克綠洲地区均有分布。习生綠洲及湖盆边缘。

本种果的颜色和形状也有变化。有 *f. brunnescens* Petrov 和 *f. irregularis* Petrov 等变型。叶的颜色也有灰綠色和綠色之別。但这些形状、颜色均不稳固。此外有些植株完全无毛,有些有白色柔毛。当叶成长期,特别是果熟期易与白刺区别,但在嫩叶期和冬态不易区别。

4. 白刺(西北各省)

N. tangutorum Bobr. в Сов. Бот. XIV, 1 (1946) 19—30. Maxim. Fl. Tangut. (1889) 102, sub. nom. *N. schoberi*.

灌木,高1—2米,稍蔓性,枝斜上,下部遭湿土埋压常生不定根;小枝白色,先端常呈针刺状。叶在短枝上常为2—3个簇生,阔倒披针形,长1.8—2.5(3)厘米,宽6—8毫米,先端常圆钝,很少锐尖。花序顶生,白色。核果卵形,有时成椭圆形,熟时深红色,果汁玫瑰色,长0.8—1.2厘米;果核狭卵形,先端稍成渐尖,长0.5—0.6厘米。花期5—6月;果期7—8月。

分布于青海、新疆、甘肃、内蒙、宁夏、陕北和西藏东北边缘。常见于内陆湖盆边缘与流沙交界处及河流阶地,有风积沙的粘土上。往往积沙成丘。

据 E. Г. Бобров (1946) 描述: 本种模式标本系采自青海柴达木东部。分布区西到天山西部,南到青海、西藏东北部,经甘肃河西走廊,东抵鄂尔多斯。而 M. П. Петров 的意见却认为本种分布只限于昆仑山和祁连山西段到柴达木盆地的原因,是误将甘肃、宁夏、新疆、内蒙、陕西所产白刺拼入 *N. schoberi* Linn. 种内。

本种与 *N. schoberi* Linn. 区别在于叶较宽,先端常为圆钝,果略小,果汁为玫瑰色。本种与大白刺 (*N. roborowskii* Kom.) 的区别在于本种叶较狭小,果及核也较小。

5. 盐生白刺

N. schoberi Linn. Syst. Nat. ed. 10, II (1759) 1044; Ldb. Fl. Ross. 1 (1842) 505, p.p. Kom. Act. Hort. Petrop. XXIX (1908) 154; Бобров в Сов. Бот. XIV. 1 (1946) 27; M. Pop. in Kom. Фл. СССР XIV. (1949) 197. *N. schoberi* var. *caspica* Pall. Fl. Ross. 1 (1784) 79; Kom. in Act. Hort. Petrop. XXIX, 1. (1809) 155.

灌木,高1—2米,小枝先端常为刺针状。叶在短枝上常为2—3个簇生,线状倒披针形,长2—3厘米,宽3—5毫米,先端锐尖,无毛。花序顶生,花白色。果卵形,深红色,0.9—1.3厘米,汁淡红色;果核卵形,长0.6—0.7厘米,宽0.2—0.3厘米。花期6月;果期8月。

产于我国新疆准噶尔沙漠,沿苏联中亚部分,阿富汗,伊朗直到欧洲地中海沿岸国家均有分布。

根据中国科学院植物研究所保存的苏联里海附近(近模式产地)、乌克兰和罗马尼亚的植物标本观察:欧洲所产的盐生白刺与我国黄河中、上游所产的白刺由于叶的长宽比值较小,易于分开。

关于 *N. Komarovii* Iljin et Lava, Природа (1944) вып. 5—6, 117; l. c. f. 1; Bobr. in Kom. Фл. СССР. XIV (1949) 198。

模式标本采自里海沿岸克拉斯诺沃次克(Красноводск)。М. П. Петров 却把它降为 *N. schoberi* Linn. 的变种,并认为我国宁夏银川和内蒙阿拉善旗等很多地区都有分布。

我们所见到的苏联里海沿岸定为 *N. Komarovii* Iljin et Lava 的植物标本:叶为阔线形,较前五种均显著狭窄。花及花序均较少。又据 E. Г. Бобров 记载,本种果为鲜桔红色。因此,我们认为易与 *N. schoberi* Linn. 及其他种区别。在我国新疆、青海、宁夏、甘肃、内蒙等地区大量标本中,尚未见到该种标本。

由以上资料可以确定在我国分布的白刺有五种。这些种间或分布混淆不清的原因,是由于种的界限不是非常明显,特别在花期以前有几种更易混淆。尽管如此,我们认为这五种在果期至花期还是易于分开,因为这些种的形状较固定,叶大小、形状、果的大小都是相关的。相反地单独果型有些变化,或单独叶色有些不同,只能认为是变型,而不应做为种来考虑。

三、种的检索表

1(2) 核果为干膜质,膨胀成球形;果核狭窄;叶宽线形,宽 2—4 毫米;为中亚特有种;分布于我国内蒙西部、甘肃河西走廊、新疆东部以及蒙古人民共和国,生于戈壁滩或沙砾质山前平原……………1. 泡泡刺 (*N. sphaerocarpa* Maxim.)

2(1) 核果浆果状,肉质;果核较上种粗;叶较上种宽;生于盐渍化粘土或沙质土。

3(4) 核果近球形,果径 6—8 毫米,熟时暗红色,汁暗蓝紫色;核卵形,长约 0.4—0.5 厘米;嫩枝上叶 4—6 个簇生,倒披针形;花枝上叶长 0.6—1.5 厘米,宽 2—5 毫米;分布于我国西北、华北、东北各省的沙区和滨海以及蒙古人民共和国和苏联中亚部分、西伯利亚的盐渍化土壤上……………2. 小果白刺 (*N. sibirica* Pall.)

4(3) 核果卵形或不规则,有时近圆形,果长 8 毫米以上,核长 0.5 厘米以上;嫩枝上叶 2—3 个簇生,较上种大。

5(6) 核果近圆形或不规则,长 1.2—1.8 厘米;果核卵形或不规则,长 0.8—1.5 厘米;叶倒卵形,先端圆钝,长 2.5—3.5(6) 厘米,宽 0.7—1.3(2.2) 厘米;分布于内蒙、甘肃、青海、新疆及蒙古、苏联阿姆河流域及哈萨克绿洲……………3. 大白刺 (*N. roborowskii* Kom.)

6(5) 核果卵形,长 0.8—1.2 厘米;果核长卵形,长 0.6—0.8 厘米;叶长 1.8—2.5(3) 厘米,宽 6—8 毫米。

7(8) 叶阔倒披针形,椭圆状匙形或倒卵形,长宽比在 4 倍以下,先端圆钝,最宽处 5—8 毫米;核果果汁玫瑰色;分布于新疆、青海、甘肃、内蒙、宁夏、陕西各省沙区……………

.....4. 白刺 (*N. tangutorum* Bobr.)

8(7) 叶线状倒披针形,长宽比在 4 倍以上,先端常锐尖,最宽处 3—5 毫米;核果果汁淡红色;分布区由我国北疆,经苏联中亚直到地中海沿岸.....

.....5. 盐生白刺 (*N. schoberi* Linn.)

主要参考文献

- [1] 刘慎谔: 东北木本植物图志。第 359—360 页, 科学出版社, 1955。
- [2] 朱文江等: 中国西北的白刺属, 中国植物学会卅周年年会论文摘要汇编。中国科学技术情报研究所, 1963 年。
- [3] Maximowicz, C. J.: Flora Tangutica. p. 102, *Bot. Jahrb.* Engler 12. 1889.
- [4] Kitagawa, M.: *Florae Manshuricae*. 1939.
- [5] Комаров, В. Л.: Введение к флорам Китая и Монголии. *Act Hort. Petrop.* XXIX (1908) p. 154 *Otch. Russ. Geogr. Obshch.*
- [6] Бобров, Е. Г.: Об Азиатских Вида *Niraria* Linn. *Сов. Бот.* XIV, 1. стр. 19—20, 1946.
- [7] Комаров, В. Л.: *Флора СССР*, XIV, стр. 196—198, Изд. АН СССР., 1949.
- [8] Введенский, А. И.: *Флора Узбекистана*, Изд. АН УзССР., 1961.
- [9] Попов, М. Г.: *Флора средней сибиря*, стр. 394, Изд. АН СССР., 1959.
- [10] Ильин, М. М.: *Флора и растительности СССР*, 111, стр. 188—193, Изд. АН СССР., 1958.
- [11] Грубов, В. Л.: Конспект флоры Монгольской Народной Респулики, стр. 201—202, Изд. АН СССР., 1955.
- [12] Попов, М. Г.: Основные черты истории развития флоры, *Средней Азии Бюлл. Ср.-Аз. Гос. Уни.* Вып. 15, 1927.

风沙运动的若干规律及防止风沙危害问题的初步研究

吳 正 凌 裕 泉

(中国科学院地理研究所)

流沙蔓延,淹没农田,侵袭道路,给我国西北干旱地区的农业生产和工矿、交通建设以很大危害;控制流沙防止其危害成为发展国民经济中急待解决的重大课题之一。而认识和掌握风沙运动的规律就能为制订防止流沙危害的措施提供科学依据。

鉴于风沙运动的研究在理论上和生产实践上都具有重要意义,因而引起了众多学者的注意。在国外, R. A. 拜格诺 (Bagnold)、W. S. 切皮耳 (Чепил)、A. И. 兹纳门斯基 (Знаменский)、Б. Н. 先克维奇 (Сенквеч)、河村龙马等对该问题都进行过一定研究,其中尤其是拜格诺和兹纳门斯基通过室内风洞实验和野外观察,积累了大量资料,研究得较深入。拜格诺比较全面地阐述了风沙运动的物理过程(颗粒运动物理学);兹纳门斯基则研究了风沙流结构和与之有联系的沙子的吹蚀过程和堆积过程,沙堆的防止问题,提出了防护工程建筑物不受沙堆侵袭的某些原则性方案。在国内,刘振兴对近地层湍流大气中沙的传输问题也进行过理论上的探讨。

笔者近年来在野外定位观察中也搜集了一些与该问题有关的资料,拙作就以其为依据,并参考部分文献资料撰写成的。文中讨论了风沙运动的某些规律及防止风沙危害农田、交通的途径问题。

一、风沙运动某些性质的初步认识

1. 沙粒脱离地表运动的机制及其在气流中运动的形式

在研究风沙运动时,沙粒脱离地表运动(起动)机制的研究是占有相当重要的地位。前人的研究归纳起来有两种理论,即沙悬浮理论——(以 Exner 为代表)和冲击起动理论(以 R. A. Bagnold 为代表)。前者认为风沙运动是气流的乱流扩散结果,而后者则主张沙粒运动主要是冲击作用所致,气流的紊动影响可以忽略不计。我们认为,作为近地面层的沙粒运动来说,悬浮理论是不恰当的,而后者较为合理。最近 A. П. 依万诺夫 (Иванов) 进一步研究指出,沙粒脱离地表及其进入气流中运动的主要抬升力是冲击力,冲击力可以超过沙粒重量的几十倍至几百倍,沙粒在气流的迎面阻力和摩擦阻力两个力矩作用下具

有最大确定方位效应¹⁾,通过冲击便产生迅速转动(33,000 转/分),然后由气流上升力(上升力亦可超过沙粒重量的几十倍至几百倍)搬运至主流区,随着气流运动形成风沙流。

运动的沙粒是从气流中获取其运动的动量,因此,沙粒只是在一定的风力作用条件下才开始移动。沙粒开始起动的临界风速(V_{kp})与沙粒粒径(d)、地表性质等多种因子有关。其与粒径的关系,对于粒径大于 0.1 毫米的颗粒来说,根据 R. A. 拜格诺的研究,具有 $V_{kp} \propto \sqrt{d}$ 的关系。我们在野外进行多次的观察,亦获得十分相似的依赖关系(表 1)。

表 1 起动风速(V_{kp})与粒径的关系

d (毫米)	V_{kp} (米/秒) (12 米高处)
0.1 — 0.25	4.0
0.25 — 0.50	5.6
0.50 — 1.00	6.7
> 1.00	7.1

沙粒起动后进入气流中运动,其形式随风力、颗粒大小和质量而转移,有蠕移、跃移和悬移三种,其中又以跃移为最主要(表 2)。因此,风沙运动的强度是密切依赖于颗粒跳跃运动的强度。颗粒跳跃运动的强度和跳跃高度依风速而变,风速愈大跃移强度和高度也愈大,此外亦随下垫面性质不同有所改变。根据 W. S. 切皮耳的研究,跃移沙粒的跳跃高度一般可达 6—9 厘米,在个别情况下可以达到更大高度²⁾。

表 2 不同风速下气流中跃移搬运和蠕移搬运的沙量*

2 米高处风速 (米/秒)	总输沙量 (克/分)	跃 移		蠕 移	
		沙量(克/分)	%	沙量(克/分)	%
5.0	0.78	0.54	69	0.24	31
6.0	1.39	1.08	78	0.31	22
7.0	2.83	1.94	77	0.59	23
8.0	4.05	2.23	80	0.82	20
9.0	6.19	5.04	81	1.15	19
10.0	9.42	7.56	81	1.86	19
平 均	—	—	78	—	22

* 对于沙丘沙来说,呈悬浮状态搬运的沙量仅占全部搬运沙量的很小一部分,尚不到 5% (拜格诺),甚至在 1% 以下(池田茂)。

2. 风沙流结构特性和沙地吹蚀、堆积过程发展的关系

(1) 风沙流结构的一般特征 气流中搬运的沙子其在搬运层内随高度的分布——风沙流的结构,是随着气流速度、进入气流中的沙子数量、地表性质等不同而有所变化。根

- 1) 沙粒的确定方位效应,即为沙粒的最大横截面与气流正交时,迎面阻力和磨阻力两力矩作用最强,冲击(力)作用最大,造成有利于沙粒冲击起动条件。
- 2) 跃移沙粒移动的水平距离决定于上升高度,这种比例关系在不同风速条件下为 1:7—1:10。

据野外观察资料的分析,裸露沙地上确定厚度的搬运层内的风沙流结构有如下基本特征¹⁾:

① 各种气流速度和沙量条件下,高程与含沙量(或%)对数尺度之间具有良好的线性关系(图 1),表明含沙量随高度分布是遵循着指数函数关系²⁾。如以新疆莎车地区新月形沙丘顶部的观察为例,风速为 4.5 米/秒时(2 米高处),0—10 厘米气流层中含沙量随高度变化有如下式所示:

$$Q_i(\%) = 96.5(0.52)^H。 \quad r = 0.97$$

式中: Q_i ——不同高度气流层的含沙量(%); $i = 1, 2, \dots, 10$ 厘米; H ——高度(厘米); r ——相关系数。

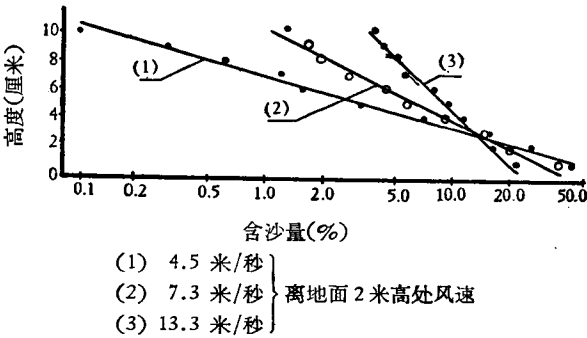


图 1 不同风速下气流中含沙量随高度的分布(莎车)

正是由于含沙量随高度按指数规律迅速递减,因此较高的气流层中搬运的沙量很少,沙子主要是集中在近地面层内。以莎车的观察资料为例,2 米高处风速为 7.5 米/秒时,250 厘米高处搬运的沙量仅 0.11 克/小时,而贴近地面的 5 厘米高度处搬运的沙量达 22.62 克/小时,为前者的 205 倍以上。表 3,表 4 所引用的观察资料也能很好说明这一特征。所以,风沙流运动纯粹是属于贴近地面的沙子搬运现象。

表 3 新月形沙丘顶部风速 $V = 9.8$ 米/秒时不同高度(厘米)气流层内搬运的沙量(%)
(根据马载涛资料)

高 程	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70
沙 量	79.32	12.30	4.79	1.50	0.95	0.40	0.74

表 4 新月形沙丘顶部风速 $V = 4.5$ 米/秒时,贴近地表 0—10 厘米
气流层中不同高度上含沙量(%)

高 程	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沙 量	43.9	26.3	15.7	7.1	3.2	1.6	1.2	0.6	0.3	0.1

- 1) 风沙流结构特征 A. И. 兹纳门斯基研究得出如下结论: (1) 第一层的沙量随着速度的增加而减少; (2) 不管速度如何,第二层的沙量保持不变,等于 0—10 厘米层的总沙量的 20%; (3) 平均沙量(10%) 在 3—4 厘米层中搬运,这一高度也保持不变,并不以速度为转移; (4) 气流较高层(从第三层起)中的沙量随着速度的增加而增加。
- 2) 含沙量随高度分布具有指数函数的关系,田中一夫在《海岸防災林の飞砂固定に関する实验研究》一文(砂丘研究,第 8 卷第 2 号, p.96) 中也曾指出过。

2) 当 $\lambda < 1$ 时,表明沙子在搬运过程中向近地表层贴紧,下层沙量增加很快,处于饱和状态,从而有利于沙粒从气流中跌落堆积。例如,新月形沙丘顶部一般风速下 λ 值均小于 1 (或近于 1)(表 5),而实际上我们在这里所观察到的也正是沙子的堆积过程。蚀积平衡或为零(收入等于支出)或为正(兹纳门斯基)。

3) 当 $\lambda > 1$ 时,有两种情况:

i. 表明下层处于未饱和状态,气流尚有较大搬运能力,有充分沙源时(例如:裸露的沙土质农田地表和强风时新月形沙丘顶部)有利于吹蚀。

ii. 对于无充分沙源的非流沙的光滑坚实下垫面(如砾石戈壁)来说,由于产生沙粒(主要是过境的沙子)强烈地向高处的弹跳,增加了上层气流中搬运的沙量,下层处于未饱和状态。所以,这时的 λ 值大于 1 乃是标志着形成所谓非堆积搬运的条件。

② 特征值与风速、搬运沙量的关系

表 5 新月形沙丘顶部 V, λ, Q 的关系

V	4.30	4.50	6.50	7.30	8.80	9.40	9.90	12.60	13.30
λ	0.51	0.67	1.13	1.20	1.00	1.60	2.30	3.10	2.80
Q	0.42	0.37	0.83	2.26	3.19	—	7.59	13.92	19.34
$Z_0 = 0.00617$			$Z_0 = 0.0159$			$\bar{\lambda} = 1.6$			

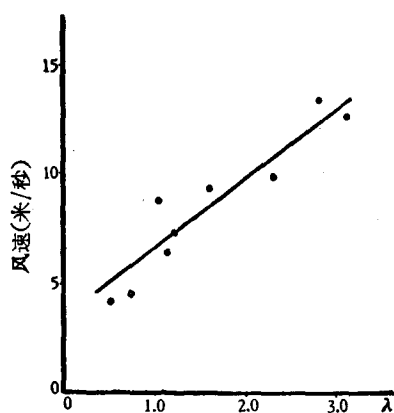


图 3 风速 (V) 与风沙流结构特征值 (λ) 的关系

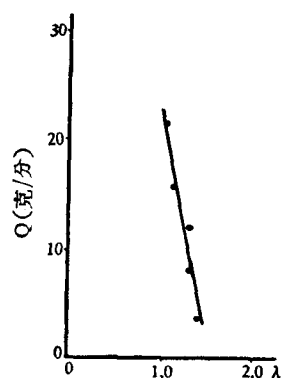


图 4 输沙量 (Q) 与风沙流结构特征值 (λ) 的关系
(根据 A. И. 兹纳门斯基资料编绘)

1) λ 值随着风速(V)增大而增大(图 3, 表 5),表明随风速增大,一方面气流搬运沙子的能力增大;另一方面,风速增大,冲击力增大,上升力也增大,有利于沙粒在远处搬运,易于造成吹蚀。这也就解释了为什么新月形沙丘顶部在较低风速时,一般处于堆积状态(λ 值小于 1 或近于 1),而随着风速的进一步增强,处于强风作用时则发生吹蚀现象(λ 值大于 1)。

2) λ 值随着沙量(Q)增大而减小(图 4),也就是说在确定的气流速度(或搬运能力)条件下,增加沙量就增加气流能量的消耗,造成有利于堆积的条件;反之,则有利于搬运或

吹蚀。

然而必须指出,由于自然条件下引起吹蚀、堆积过程发展和 λ 值的因素是极其错综复杂的,因此,前面所讨论的风沙流结构的特征值(λ)只能是用来定性地标识和判断沙子吹蚀、堆积过程发展的趋势。

二、防止风沙危害农田、交通的途径

众所周知,风沙对农田、交通的危害主要是由风蚀、沙埋现象所引起的。而沙子的吹蚀、搬运(风沙运动)和堆积乃是相互联系不可分割的统一过程,没有风蚀过程发展导致风沙流的出现,也就不可能有沙子的堆积。因此,防止风沙危害的实践中,主要途径就在于控制风蚀过程的发生和改变沙子搬运或堆积的条件。

根据前面风沙运动一般规律的研究,防止风沙危害的措施主要有:

(1) 削弱和防止风蚀过程发展的措施乃是:改变下垫面性质,增加其粗糙度,以期减低近地面层的风速。

由于地面粗糙度(Z_0)的增加,使得气流和地表的外摩擦增加,这种外摩擦通过粘滞性作用把粗糙度影响传递到较高的高度。所以 Z_0 增大时,增大了地表对气流的阻力($\tau = \rho V_*^2$),从而使近地表风速减小¹⁾。而沙粒脱离地表进入气流中搬运,诚如前述,风蚀过程的发展是在一定的风力条件下才发生,风沙运动和风蚀乃是一种表面的过程,随着风速增强,沙粒运动(主要是跳跃)的强度和风蚀作用的强度就增加。因而只要削弱近地面层的风速,使其尽可能低于沙子起动的临界风速,就能达到防止风蚀发展,削弱风沙运动的强度,也使其下风地区免受沙害。

例如:在沙土质农田地表上采取作物留茬(茬向尽量与主风正交)等措施就收到上述的效果(表6和表7)。此外,营造防护林和建立不同类型的风障对减低近地面风速,减轻风蚀和风沙运动的强度也是行之有效的。

铁路通过沙漠地区,为防止流沙侵袭,在路基两侧一定宽度的沙丘上敷设机械沙障,同样起到减低近地层风速、减弱沙子吹扬能力的良好效果(表8)。包兰线沙坡头地区的

表6 农田不同地表的风速梯度观测和 Z_0 值

地表性质	高 度 (厘米)							Z_0 (厘米)
	200	100	50	30	20	10	5	
冬麦地(尚未出苗)	5.0	4.5	3.9	3.6	3.3	2.8	2.3	0.182
(松沙土)	(100)*	(90)	(78)	(72)	(66)	(56)	(46)	
谷 茬 地	4.9	4.2	3.5	3.1	2.5	1.8	1.1	1.740
(沙土)	(100)	(87)	(72)	(63)	(51)	(36)	(23)	

* 表内数字系各个高度的风速(米/秒),括号内数字系2米以下各高度风速(V_i)对2米高风速(V)之比值 V_i/V (%)。

1) 地表粗糙度 Z_0 对风速的减弱作用愈近地表愈强。随 Z_0 增大其影响高度也随之增大。