

维大力对花生农艺性状及产量形成的影响

王洁雯¹, 薛建光¹, 张付强¹, 杨亚江¹, 钱海涛¹, 齐俊生^{2*}

(1. 北京中捷四方生物科技股份有限公司, 北京 101102; 2. 中国农业大学, 北京 100094)

摘要 通过田间试验, 探索维大力对花生农艺性状及产量形成的影响, 为大面积推广提供理论依据。2019年分别在河南省南阳社旗、正阳农场和正阳刘寨3地开展了田间试验, 设置2个处理: 处理组为维大力1 mg/L初花期叶面喷施2次, 对照组为等量清水喷施2次, 分别在花生成熟期调查主茎高、单株结果数、单株分枝数、单株饱果数、单株秕果数、果重。结果表明, 在南阳社旗, 花生经过维大力喷施处理后, 主茎高、单株结果数、单株分枝数、单株饱果数、百果重、百仁重、干重显著优于对照, 单株分枝数、饱果率与对照差异不显著, 产量增加1 542.45 kg/hm², 增产率达33.64%。正阳农场和正阳刘寨的花生经过维大力喷施处理后, 各指标与对照差异均不显著, 产量分别增加375.15和625.35 kg/hm², 增产率为14.29%和12.82%。花生初花期叶面喷施2次1 mg/L维大力, 可起到控旺效果, 提高花生单株结果数、单株饱果数、百果重和百仁重, 显著提高产量。

关键词 维大力; 花生; 农艺性状; 产量

中图分类号 S565.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)08-0149-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.08.039



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of VDAL on Agronomic Characters and Yield Formation of Peanut

WANG Jie-wen, XUE Jian-guang, ZHANG Fu-qiang et al (Pherobio Technology Co., Ltd., Beijing 101102)

Abstract Through field experiments, this study aimed to explore the effect of VDAL on the agronomic characters and yield formation of peanut, and to provide evidence for large-scale promotion. Field experiment was conducted in 2019 at Sheqi Nanyang County, Zhengyang Farm and Liuzhai Zhengyang County, Henan Province. Two treatments were set up in the experiment, the one treatment group was treated with spraying with 1 mg/L VDAL at the first flowering stage twice, and the control group was treated with spraying with the same amount of water twice. The main stem height, branch number, full pod number, immature pod number and pod weight were investigated in the mature stage of peanut respectively. The results showed that in Sheqi the main stem height, pods per plant, full pods per plant, the weight of 100 pods, the weight of 100 kernel and the dry weight of peanut were significantly better than that of the control group. There was no significant difference in the number of branches and full pod rate in Sheqi. The yield of peanut increased by 1542.45 kg/hm², 33.64% in sheqi. After the treatment of spraying VDAL in Zhengyang Farm and Zhengyang Liuzhai, there was no significant difference between each index and the control. The yield increased by 375.15 and 625.35 kg/hm², respectively, with the yield increasing by 14.29% and 12.82%. In the early flowering period of peanut, the leaves were sprayed with 1 mg/L dimension twice, which can avoid the excessive growth, increase the yield per plant, pods per plant, the weight of pods per plant and the weight of kernel per plant, and significantly increase the yield.

Key words VDAL; Peanut; Agronomic character; Yield

花生是我国重要的油料作物之一。2012年以来, 我国花生播种面积为470万hm², 占世界花生总播种面积的19%。作为花生第一生产国及第一消费国, 我国自改革开放以来, 无论是花生油还是花生仁, 均处于供求紧平衡状态。花生油是我国传统的食用植物油, 在国内植物油市场占有一定的地位, 因此提高花生总产量, 保证国家油料充足、安全具有重要意义^[1-3]。

长期以来, 为实现高产, 我国花生生产投入了大量甚至过量的化学肥料, 前期虽然在提高产量方面发挥了重要作用, 但由此带来的负面影响也日趋明显, 造成花生徒长倒伏、早衰减产, 引起土壤盐渍、酸化, 结构变劣, 持续生产能力下降^[4-5]。因此, 寻求经济高效、环境相容性好的植物保护新方法、新技术、新产品是解决目前问题的迫切需求。

近几年, 在植保新产品探索过程中, 植物生物刺激素逐渐获得了研究界与产业界的重视。植物生物刺激素是一种不同于其他肥料的物质^[6-7]。它是一种包含某些成分和微生物的物质, 这些成分和微生物在施用于植物或者根际时, 对植物自然生长过程起到刺激作用, 包含加强有益营养的吸

收、营养功效、非生物胁迫抗性及提高作物品质, 而与营养成分无关^[8-9]。国内外已在小麦^[10]、水稻^[11-12]、大豆^[13]、甘蔗^[14-15]、樱桃^[16]、樱桃萝卜^[17-18]、蔬菜^[19]等多种类型的植物及作物上使用了生物刺激素, 而在花生上的应用未见相关报道^[20-21]。维大力是一种源于棉花黄萎菌的新型生物刺激素, 它通过特殊工艺微生物发酵生产制成蛋白干粉, 属于绿色农业投入品, 从原药生产-农民施用-农产品的全链条, 均具有极高的安全性, 目前在多种作物上的田间及室内试验表明, 维大力具有诱导抗性、促进生长、大幅增产、提高品质的生物学功能。通过绿色投入品的使用来提高花生产量, 保障国家油料安全。笔者在我国花生第一生产大省河南省开展试验, 研究生物刺激素维大力对花生农艺性状及产量形成的影响, 旨在为花生生产推广应用奠定坚实的基础^[22-23]。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试药品为维大力, 有效成分为1.5%维大力蛋白干粉(VDAL), 由北京中捷四方生物科技股份有限公司提供; 供试地点及花生品种分别为南阳社旗(豫花65号)、正阳农场(豫花37号)、正阳刘寨(豫花37号), 供试土壤均为黄棕壤土, 0~20 cm土层土壤基本养分状况见表1。

1.2 试验设计 于2019年5—10月分别在3个地点同时进行, 每个试验地点均设置2个处理, 处理组: 1 mg/L维大力叶

作者简介 王洁雯(1989—), 女, 山西运城人, 硕士, 从事农作物绿色防控技术研究。*通信作者, 教授, 博士, 从事棉花黄萎病抗性分子遗传研究。

收稿日期 2020-07-30

表1 试验土壤基本养分状况

Table 1 Soil basic properties in the experimental site

地点 Site	有机质 Organic matter g/kg	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen mg/kg	速效磷 Available P mg/kg	速效钾 Available K mg/kg	pH
南阳社旗 Sheqi, Nanyang	16.9	95.1	13.1	141.0	6.3
正阳农场 Zhengyang Farm	12.1	90.8	14.6	110.0	7.2
正阳刘寨 Liuzhai, Zhengyang	16.1	88.7	37.8	102.3	5.7

面喷施;对照组:同一时期叶面喷施等量清水。采用大区对比法,每个大区面积约3.33 hm²,不设置重复。3个地点的处理组统一于初花期7月中旬第一次喷施维大力,间隔15 d后进行第二次喷施,除2次维大力叶面喷施外,其他农事操作按照当地常规管理方式进行。

1.3 调查项目与方法 观察花生生育期内主要农艺性状,9月中旬开始,根据成熟情况进行取样、测定有关性状。调查

时在每个大区采用对角线五点取样法进行调查,每点调查2 m双行的全部植株,每个调查点面积为2.4 m²,调查主茎高、分枝数、总株数、饱果数、秕果数。收获的鲜果去除芽果、烂果、泥土等杂质,及时晒干,称取干果重,根据公式折算为1 hm²产量(产量=每个调查点的平均干重×10 000/2.4)。

1.4 数据分析 利用Excel 2010和SPSS 16.0 2个统计分析软件进行数据分析,用平均值±标准误(Mean±SE)表示,处理间的不同参数进行ANOVA统计后,经t检验,在α=0.05水平上进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 喷施维大力对花生农艺性状的影响 由表2可知,社旗花生经过维大力喷施处理后,在主茎高(42.00 cm)、单株结果数(13.84)、单株饱果数(12.23)3个指标上显著优于对照(分别为49.60 cm、11.05和9.44);单株分枝数(8.56)和饱果率(88.20%)2个指标虽然优于对照(分别为7.95和86.00%),但差异不显著;单株秕果数与对照相同(1.612)。

表2 喷施维大力对花生农艺性状的影响(南阳社旗)

Table 2 The effect of VDAL on peanut agronomic characters (Sheqi County, Nanyang City)

处理 Treatment	主茎高 Main stem height//cm	单株分枝数 Branch number per plant	单株结果数 Pods per plant	单株饱果数 Full pods per plant	单株秕果数 Immature pods per plant	饱果率 Full pods rate//%
CK	49.60±0.51 a	7.95±0.63 a	11.05±0.68 b	9.44±0.46 b	1.612±0.270 a	86.00±1.84 a
维大力 VDAL	42.00±1.76 b	8.56±0.27 a	13.84±0.20 a	12.23±0.43 a	1.612±0.320 a	88.20±2.33 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

由表3可知,正阳农场花生经过维大力喷施处理后,虽然主茎高(36.00 cm)、单株分枝数(11.56)、单株饱果数(17.08)、单株秕果数(6.00)及饱果率(73.40%)指标均优于

对照(分别为36.60 cm、10.21、16.04、8.79和64.40%),但差异不显著;单株结果数(23.09)低于对照(24.84)。

表3 喷施维大力对花生农艺性状的影响(正阳农场)

Table 3 The effect of VDAL on peanut agronomic characters (Zhengyang Farm)

处理 Treatment	主茎高 Main stem height//cm	单株分枝数 Branch number per plant	单株结果数 Pods per plant	单株饱果数 Full pods per plant	单株秕果数 Immature pods per plant	饱果率 Full pods rate//%
CK	36.60±0.93 a	10.21±0.61 a	24.84±1.36 a	16.04±1.77 a	8.79±1.40 a	64.40±5.34 a
维大力 VDAL	36.00±0.32 a	11.56±0.64 a	23.09±1.13 a	17.08±1.45 a	6.00±0.56 a	73.40±3.22 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

由表4可知,正阳刘寨花生经过维大力喷施处理后,单株结果数(22.64)、单株饱果数(18.93)指标优于对照(分别为19.78和16.92),但差异不显著;主茎高与对照相同

(37.20 cm);单株分枝数(9.54)、单株秕果数(3.71)和饱果率(83.00%)指标不如对照好(分别为9.68、2.86和86.00),但差异不显著。

表4 喷施维大力对花生农艺性状的影响(正阳刘寨)

Table 4 The effect of VDAL on peanut agronomic characters (Liuzhai Town, Zhengyang County)

处理 Treatment	主茎高 Main stem height//cm	单株分枝数 Branch number per plant	单株结果数 Pods per plant	单株饱果数 Full pods per plant	单株秕果数 Immature pods per plant	饱果率 Full pods rate//%
CK	37.20±2.50 a	9.68±0.53 a	19.78±2.05 a	16.92±1.65 a	2.86±0.85 a	86.00±2.97 a
维大力 VDLA	37.20±0.92 a	9.54±0.40 a	22.64±1.48 a	18.93±1.67 a	3.71±0.35 a	83.00±2.51 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

2.2 喷施维大力对花生产量的影响 由表 5 可知,社旗花生喷施维大力对产量有显著的提高作用,百果重(143.58 g)、百仁重(51.64 g)、干重(1.47 kg)指标均显著高于对照(分别为

132.88 g、49.31 g 和 1.10 kg),产量增加 1 542.45 kg/hm²,增产率达 33.64%。

表 5 喷施维大力对花生产量的影响(南阳社旗)

Table 5 The effect of VDAL on peanut yield (Sheqi County, Nanyang City)

处理 Treatment	百果重 100 pods weight//g	百仁重 100 kernel weight//g	干重(2.4 m ²) Dry weight kg	产量 Yield kg/hm ²	增产率 Yield increase rate//%
CK	132.88±1.55 b	49.31±0.33 b	1.10±0.06 b	4 585.65	—
维大力 VDAL	143.58±0.83 a	51.64±0.45 a	1.47±0.09 a	6 128.10	33.64

注:同列不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

由表 6 可知,正阳农场花生喷施维大力后,百果重、百仁重、干重与对照均无显著差异,除干重(0.72 kg)高于对照(0.63 kg)

外,百果重(103.52 g)及百仁重(42.67 g)都低于对照(106.14 和 43.21 g),产量增加 375.15 kg/hm²,增产率为 14.29%。

表 6 喷施维大力对花生产量的影响(正阳农场)

Table 6 The effect of VDAL on peanut yield (Zhengyang Farm)

处理 Treatment	百果重 100 pods weight//g	百仁重 100 kernel weight//g	干重(2.4 m ²) Dry weight kg	产量 Yield kg/hm ²	增产率 Yield increases rate//%
CK	106.14±2.02 a	43.21±0.69 a	0.63±0.06 a	2 626.35	—
维大力 VDAL	103.52±0.79 a	42.67±0.58 a	0.72±0.07 a	3 001.50	14.29

注:同列不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

由表 7 可知,正阳刘寨花生喷施维大力后,虽然百果重(113.41 g)、百仁重(46.51 g)、干重(1.32 kg)均高于对照(分

别为 111.38 g、46.15 g 和 1.17 kg),但未达显著水平,产量增加 625.35 kg/hm²,增产率 12.82%。

表 7 喷施维大力对花生产量的影响(正阳刘寨)

Table 7 The effect of VDAL on peanut yield (Liuzhai Town, Zhengyang County)

处理 Treatment	百果重 100 pods weight//g	百仁重 100 kernel weight//g	干重(2.4 m ²) Dry weight kg	产量 Yield kg/hm ²	增产率 Yield increase rate//%
CK	111.38±1.04 a	46.15±0.68 a	1.17±0.16 a	4 877.40	—
维大力 VDAL	113.41±0.81 a	46.51±1.25 a	1.32±0.04 a	5 502.75	12.82

注:同列不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

3 讨论

据报道生物刺激素具有类似细胞分裂素和生长素的活性^[24-25]。该研究结果发现,花生初花期开始,连续喷施 2 次维大力的花生主茎高显著矮于对照组,说明维大力可弱化地上部植株生长,降低营养生长对能量的过度消耗,从而提高花生的单株结果数和单株饱果数,同时维大力通过矮化花生植株,还可以避免花生生长过程中的徒长倒伏。在花生上喷施维大力表现出与植物生长调节剂相似的性状,即可控制花生旺长降低株高,防止后期早衰^[26],该现象的产生与维大力调控植物体内多种激素信号通路、平衡各激素含量水平有关。

该研究中维大力通过降低地上部营养生长对能量的过度消耗,显著提高单株结果数和单株饱果数,显著增加了百果重和百仁重,从而提高花生产量。这与张运红等^[10]研究的腐殖酸、海藻素等生物刺激素可提高农作物产量的结果一致。同时证实了邢晓宁等^[27]和李绍伟等^[28]的研究结果,即单株生产力、单株饱果数和百果重是影响花生产量的主要因

素。该研究结果表明,喷施维大力后花生增产幅度达 12.82%~33.64%,这远超出张洪胜^[21]研究的生物刺激素使作物产量增幅 5%~10%。

研究表明,品种的差异使得生物刺激素的作用在作物个别品种中未能表现出来^[29]。该研究中,维大力在不同花生品种上反应有差异,在豫花 65 号上使用维大力,可显著弱化主茎高,增加单株结果数、单株饱果数、百果重、百仁重和干重,对花生的增产效果明显,达 33.64%;而在豫花 37 号上使用维大力,花生的农艺性状变化不明显,增产不显著,增幅为 12.82%~14.29%,说明维大力在品种豫花 65 号的增产表现显著,而在品种豫花 37 号上未能表现出来。

研究表明,施用生物刺激素对非生物胁迫具有明确的保护作用^[30]。生长期观察花生的长势发现,对照组的花生生长期间在土壤含水较多的情况下叶片有大面积翻叶现象,叶片发黄发白,植株较萎蔫,而试验组的花生则叶色浓绿。说明维大力可能在水较多的逆境下启动了植物体内的免疫系统,从而提高植物免疫力。这与前人报道的植物刺激素黄腐

酸在干旱胁迫条件下可促进作物生长,在盐碱土中施用腐殖酸可提高作物的抗盐胁迫能力相符^[31-32]。同时也印证了武良等^[33]的报道,生物刺激素可以促进逆境诱导基因表达,增强作物对非生物胁迫(高温、盐碱、干旱、低温)的抵抗能力。

4 结论

花生初花期叶面喷施2次1 mg/L维大力,可起到控旺效果,提高花生单株结果数、单株饱果数、百果重和百仁重,显著提高产量;另一方面,通过激活、提高植物免疫力,还能提高花生对干旱等逆境胁迫的抗性,高产、稳产。下一步通过对应用技术的完善,将在维大力诱导花生抗逆方面进行更深入的研究和探讨。

参考文献

- [1] 张怡.中国花生生产布局变动解析[J].中国农村经济,2014(11):73-82,95.
- [2] 王骏,陈祖义,刘兵,等.中化有机肥在花生上的应用试验示范[J].湖北农业科学,2018,57(21):57-59.
- [3] 于振文.作物栽培学各论:北方本[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [4] 王春晓,王世福,鹿泽启,等.花生化肥减施途径与潜力[J].花生学报,2019,48(3):71-75.
- [5] 郑国栋,黄金堂,龚岫.不同有机肥和菌剂对花生产量及品质的影响[J].热带农业科学,2019,39(9):30-34.
- [6] KAUFFMAN G L, KNEIVEL D P, WATSCHKE T L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass[J]. Crop science, 2007, 47(1): 261-267.
- [7] 杨德荣,曾嵘,李进平,等.YCB-II与肥药协同对烤烟产量、病虫害防控及土壤改良的影响[J].安徽农业科学,2018,46(5):150-153.
- [8] 谢尚强,王文霞,张付云,等.植物生物刺激素研究进展[J].中国生物防治学报,2019,35(3):487-496.
- [9] 陈绍荣.我国生物刺激素的产业现状及发展方向[J].磷肥与复肥,2017,32(1):16-18,32.
- [10] 张运红,杨占平,郑春风,等.几种生物刺激素对小麦产量形成及品质的调控[J].麦类作物学报,2019,39(11):1333-1342.
- [11] 周椽棋,朱莹雪,马献发,等.腐植酸在水稻育苗上的研究综述[J].腐植酸,2019(3):14-18.
- [12] 王晓琪,姚媛媛,刘之广,等.宛氏拟青霉提取物对盐胁迫下水稻幼苗的生理适应性[J].农业资源与环境学报,2020,37(1):98-105.
- [13] 袁鑫,王梦亮,王俊红,等.一种生物刺激素对大豆根际土壤微生物群落的影响[J].大豆科学,2017,36(5):751-760.

- [14] SILÉZIO FERREIRA DA SILVA, FÁBIO LOPES OLIVARES, LUCIANO PASQUALOTO CANELLAS, 等.生物刺激素对提高甘蔗产量的影响[J].腐植酸,2019(4):48.
- [15] 陈雪雯,陈迪文,沈宏.海藻生物刺激素在甘蔗生产上的应用研究[J].甘蔗糖业,2018(5):11-16.
- [16] 苏晓萌,魏福刚,白俊利,等.生物刺激素在温室大樱桃上的应用试验[J].北方果树,2016(6):12-13.
- [17] 贾春花,刘之广,张民,等.宛氏拟青霉提取物对樱桃萝卜产量及品质的影响[J].农业资源与环境学报,2019,36(2):176-183.
- [18] 贾春花,张林琳,张民,等.小肽螯合铁缓解樱桃萝卜苗期高温胁迫的生理机制[J].植物营养与肥料学报,2019,25(8):1393-1400.
- [19] 张尚卿,孙祥瑞,潘阳,等.新型生物刺激素在设施蔬菜冷害预防和缓解救治中的应用技术[J].中国蔬菜,2019(12):85-87.
- [20] 刘秀秀,冯小亮,吕东波.生物刺激素在农业中的应用现状及发展前景[J].南方农业,2017,11(14):88-89.
- [21] 张洪胜.生物刺激素行业发展概述[J].烟台果树,2016(2):1-3.
- [22] 郝西,刘娟,张俊,等.农业供给侧结构性改革背景下河南花生发展对策[J].农业科技通讯,2017(12):7-11.
- [23] 朱保成,李志刚,王玉田,等.河南花生产业发展的思考——驻马店市正阳县花生产业发展调查[J].中国粮食经济,2019(10):52-55.
- [24] 王思锋,商照聪,于秀华,等.生物刺激素的研究进展及相关欧盟管理制度解析[J].化肥工业,2019,46(1):1-4,72.
- [25] SHARMA H S S, FLEMING C, SELBY C, et al. Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses[J]. Journal of applied phycology, 2014(1):465-490.
- [26] 梁英,赵志伟,孙国臣,等.4种农药及植物生长调节剂在花生上的应用效果[J].农业科技与装备,2014(2):25-26,29.
- [27] 邢晓宁,王芳,王艳,等.花生产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].中国种业,2019(2):62-64.
- [28] 李绍伟,李军华,任丽,等.花生产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].陕西农业科学,2007,53(1):37-38,52.
- [29] 蔡鑫鑫,王舒,吕晓丽,等.腐植酸对芸豆农艺性状及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(5):36-41.
- [30] VAN OOSTEN M J, PEPE O, DE PASCALE S, 等.生物刺激素和生物效应分子在减轻作物非生物胁迫中的作用[J].腐植酸,2019(4):48.
- [31] 张强,常瑞雪,胡兆平,等.生物刺激素及其在功能水溶性肥料中应用前景分析[J].农业资源与环境学报,2018,35(2):111-118.
- [32] GARCÍA A C, BERBARA R L L, FARÍAS L P, et al. Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress[J]. African journal of biotechnology, 2012, 11(13): 3125-3134.
- [33] 武良,汤洁.我国生物刺激素产业发展现状及趋势[J].中国农技推广,2016,32(12):9-12.

(上接第123页)

参考文献

- [1] 方精云,王襄平,沈泽昊,等.植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J].生物多样性,2009,17(6):533-548.
- [2] LIU M L, TIAN H Q. China's land cover and land use change from 1700 to 2005: Estimations from high-resolution satellite data and historical archives[J]. Global biogeochemical cycles, 2010, 24(3): 1-18.
- [3] ZHAO S Q, PENG C H, JIANG H, et al. Land use change in Asia and the ecological consequences[J]. Ecological research, 2006, 21(6): 890-896.
- [4] 张文馨.山东植物群落及其物种多样性分布格局与形成机制[D].济南:山东大学,2016.
- [5] 吴梦瑶.森林经营方案监测与评价体系的构建[D].北京:北京林业大

- 学,2019.
- [6] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [7] 杜华.崑崙山赤松林不同林型结构特征与生产力的研究[J].北京林业大学学报,2012,34(1):19-24.
- [8] 王仁卿,张淑萍,张治国,等.崑崙山天然赤松种群的数量特征及更新动态[J].生态学杂志,2000,19(3):61-65.
- [9] 王仁卿,周光裕.山东植被[M].济南:山东科学技术出版社,2000.
- [10] 烟台崑崙山赤松林入选“中国最美森林”[EB/OL].(2019-05-23)[2020-04-25].http://yantai.sdnews.
- [11] 凯莱斯台舍.B.刺槐[M].王世绩,张敦伦,译.北京:中国科学技术出版社,1993.