

内蒙古东北部野生大豆天然种群调查及其资源搜集

王克晶, 李向华

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 内蒙古东北部是我国大豆重要产区,也是转基因大豆安全生产试验区域。为了了解当地野生大豆资源概况,给转基因大豆安全种植提供参考,本研究对兴安盟科右前旗、呼伦贝尔市扎兰屯市和阿荣旗61个野外非连续地块进行了野生大豆资源种群概况实地调查。结果显示,54个地块(88.52%)有野生大豆分布,包括野生种群、野生-半野生混合种群和首次发现的全部由半野生大豆构成优势型的种群。该区域种群片段化严重,大部分种群的面积比较小,1000 m²及以下的种群占72.2%;500 m²及以下的占59.3%。约46%的地块野生大豆样方频率在80%以上,约41%地块野生大豆样方频率在40%~60%,约13%地块野生大豆样方频率在20%以下。从54个种群搜集到836份野生和半野生型单株资源,其种皮色有黑、双、褐、褐绿、绿、黄绿6种,叶形有长椭、椭圆和披针3种。该区域野生大豆百粒重偏小,1.5 g及以下类型占84.57%,平均1.19±0.49 g。根据调查结果估算出扎兰屯、阿荣旗和科右前旗分别约17.92%、29.48%和40.10%的剩余闲置土地可能有野生大豆潜在分布。调查发现,种植业发达程度较高会降低野生大豆天然种群植株密度;常年大豆种植面积越大的地域半野生型出现的概率越高。本文还对内蒙古东部地区未来安全种植转基因大豆,同时对野生大豆资源进行保护的措施进行了探讨。

关键词: 野生大豆;半野生大豆;考察与搜集

Survey of Wild Soybean (*Glycine soja*) Natural Populations and the Germplasm Collection in Northeast Inner Mongolia

WANG Kejing, LI Xianghua

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: The Northeast Inner Mongolia Autonomous Region is an important soybean production area of in China, and is also an experimental area of genetically modified soybeans. In order to understand the local wild soybean resources' situation and provide reference for safe cultivation of the genetically modified soybeans, we investigated the distribution of wild soybean populations in 61 discontinuous field plots in Zhalantun and Arun of Hulunbuir, as well as Keyouqian of Xingan League. Fifty-four plots (88.52%) were found to have soybeans, including three types: the wild populations, mixed populations of both wild and semi-wild soybeans, and a population of entirely semi-wild soybeans which was discovered for the first time. The sizes of most populations in this region were relatively small, showing ca. 72.2% of the populations being ≤ 1000 m², and ca. 59.3% being ≤ 500 m². The frequencies of wild soybean quadrats were above 80%, 40%-60% and below 20% for ca. 46%, 41% and 13% of the plots. From the seeds of 836 single plants collected from 54 wild soybean populations, six seed-coat color types (black, bicolor, brown, brown-green, green and yellow-green) and three leaf-shape types (long oval, oval and lanceolate) were observed. The 100-seed weight of wild soybeans was relatively small, accounting for 84.57% for the type of ≤ 1.5 g in the total sample, with an average

收稿日期: 2023-05-14 修回日期: 2023-06-29 网络出版日期: 2023-07-14

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230514001>

第一作者研究方向为野生大豆遗传资源保护遗传学、鉴定评价与利用, E-mail: wangkj@caas.net.cn

通信作者: 李向华, 研究方向为野生大豆遗传资源保护遗传学、鉴定评价与利用, E-mail: lixianghua@caas.cn

基金项目: 科技部国家重点研发计划(2021YFD1200103); 农业农村部农业野生植物资源调查项目(13220102)

Foundation projects: National Key R&D Plan of Ministry of Science and Technology (2021YFD1200103); Investigation of Agricultural Wild Plant Resources by the Ministry of Agriculture and Rural Areas (13220102)

of 1.19 ± 0.49 g. It was estimated that approximately 17.92%, 29.48%, and 40.10% of the remaining idle lands may have potential distribution of wild soybeans. We found that the advanced agricultural ecosystem would reduce the density of wild soybeans in populations. The semi-wild soybean was found with higher probability in the long-term soybean growing area. This article also discussed the measures on safe cultivation of genetically modified soybeans in the Northeast Inner Mongolia in the future, as well as the protection of wild soybean resources.

Key words: wild soybean; semi-wild soybean; investigation and collection

大豆(*Glycine max*, $2n=40$, 染色体组 GG)起源于我国,其祖先种野生大豆(*Glycine soja*, $2n=40$, GG)在我国广泛分布,范围北起黑龙江沿岸南到广东北部,东起我国乌苏里江西至甘肃景泰县黄河岸边,西南到西藏察隅县^[1]。我国栽培大豆种植区与野生大豆重叠分布。野生大豆生长区域有着生境多样性,在草本植物和小灌木能够生长的环境条件下几乎都能生长。

野生大豆是大豆遗传资源的重要组成部分,具有高蛋白^[2]、高异黄酮^[3]和皂苷^[4-5]等营养活性物质、多花多荚、抗逆性和环境适应性强等特点,在大豆育种改良上具有重要的利用价值。

内蒙古东北部区域是我国栽培大豆第二大主产区。2022年兴安盟大豆种植面积234.17万亩^[6],呼伦贝尔市大豆种植面积达1363.49万亩^[7]。内蒙古东北部的自然条件非常适合野生大豆生长,野生大豆分布面积大,资源丰富。然而,随着我国土地开发利用增多、过度放牧、环境不友好的经济活动和农业生产使野生大豆生存空间减少,造成严重的种群片段化,甚至发生种群消失,造成其遗传多样性降低。

2022年内蒙古东部扎兰屯、阿荣旗和科右前旗被确定为国家转基因大豆生产试验田种植区域。由于野生大豆和栽培大豆之间没有生殖隔离,可以任意杂交的特性,内蒙古东北部大豆产区面临着转基因花粉飘落到野生大豆天然种群而使转基因逃逸的遗传风险^[8]。转基因大豆在内蒙古东部地区种植区域与野生大豆分布区域重叠,因此对内蒙古东北部地区野生大豆资源的调查评估,了解其潜力状况和种群动态,对未来该区域野生大豆综合保护和转基因大豆的安全种植都具有重要的意义。

1 野生大豆资源概况调查与种子搜集

1.1 野生大豆调查与搜集方法

选择兴安盟科右前旗和呼伦贝尔市的扎兰屯市、阿荣旗有代表性的61个乡镇地块进行调查和野

生大豆资源搜集,记载地块面积、野生大豆面积、生态环境、经纬度和海拔等信息。

每个地块设置调查样方5个,样方是指 1 m^2 铁丝环圈围的地块,在近乎方形或大地块四边和中央设置样方、狭窄地块隔一定距离随机设置。对61个地块共设置310个样方调查野生大豆有无、记载野生大豆叶片类型。

为调查该区域野生大豆地块(种群)植株密度动态情况,在其中20个地块的100个样方(科右前旗4地块20样方、扎兰屯市8地块40样方、阿荣旗8地块40样方)详细清点每个样方的野生大豆植株数目,使用显著性检验 t 测验^[9]评价3个旗市的平均地块种群密度差异性。

于野生大豆成熟后期,在54个有野生大豆生长的地块搜集资源,每个种群单株采集。采集的每份资源种子在北京实验室内脱粒、去除杂质和虫食籽粒、称重和考种。考种性状有百粒重、种皮色和脐色等。

1.2 调查和搜集的区域概况

调查区域为兴安盟和呼伦贝尔市,位于内蒙古自治区东北部,地理范围东经 $115^{\circ}31' \sim 126^{\circ}04'$ 、北纬 $44^{\circ}15' \sim 53^{\circ}20'$,地处大兴安岭向松嫩平原过渡带,与黑龙江、吉林两省毗邻。面积大约 32.3万 km^2 ,大致分为大兴安岭林区地带、大兴安岭以西草原牧区、以东和东南的农业区。该区域平均海拔 $300 \sim 1000\text{ m}$,河流资源丰富,年降雨量 $300 \sim 800\text{ mm}$,无霜期 $85 \sim 155\text{ d}$ 。

2022年9月在兴安盟科右前旗和呼伦贝尔市的扎兰屯市、阿荣旗进行了野生大豆资源调查。科右前旗、扎兰屯市和阿荣旗的国土面积分别是 169.64万 hm^2 、 167.76万 hm^2 和 136.41万 hm^2 。

实地考察地点为61个代表性野外自然地块,分属于3个旗市的18个乡镇(苏木)和45个行政村的52个村屯(嘎查)。科右前旗选取阿力得尔、察尔森、额尔格图、德伯斯、索伦等5个镇、乡(苏木)14个村(嘎查);扎兰屯市选取蘑菇气、鄂温克、成

吉思汗、高台子、达斡尔、萨马街鄂温克等6个镇、乡(苏木)22个村(嘎查);阿荣旗选取向阳峪、复兴、六合、孤山、太平庄、查巴奇鄂温克、三岔河等7个镇、乡16个村(嘎查)调查。调查的旗市和乡镇(苏木)及村(嘎查)和自然屯共计61个地点分布见表1。

表1 内蒙古东北部调查地块野生大豆位置及生境概况

Table 1 Geographical locations and habitats of the wild soybean populations investigated in Northeast Inner Mongolia

序号 No.	调查点 Investigation site	种群面积 (m ²) Pop. area	海拔 (m) Altitude	与农田距离 (m) Distance from farmland	与河流距离 (m) Distance from river	野生大豆样方 Quadrat of wild soybean	生境 Habitat
1	科右前旗阿力得尔苏木中心堡	2600	470	10	25	5/5	河岸
2	科右前旗阿力得尔苏木海力森	200	464	30		5/5	地边,苗圃林下
3	科右前旗阿力得尔苏木海力森	160	476	10		2/5	桥下荒地
4	科右前旗察尔森镇哈丹苏	1300	322	20	12	5/5	路旁水沟,水田
5	科右前旗察尔森镇水库	3300	328	50	50	5/5	河岸,河床砂石地
6	科右前旗额尔格图镇	0	318	50		0	路边松树,苗圃
7	科右前旗额尔格图镇长寿山	600	318	15		2/5	农田
8	科右前旗察尔森镇白银音扎拉	400	381	10		3/5	河岸
9	科右前旗德伯斯镇代河	300	410			0	草场
10	科右前旗德伯斯镇联合屯	900	411	15		3/5	小河边
11	科右前旗德伯斯镇查干	200	447	20		3/5	山脚牧场,农田
12	科右前旗索伦镇索伦牧场	1300	478	0.5	300	5/5	路旁林地,农田
13	科右前旗索伦镇联兴	200	500	3		3/5	哈干河,山坡下
14	科右前旗索伦镇索伦牧场	100	523			2/5	草场
15	扎兰屯市蘑菇气镇八家子	650	292	2		4/5	小溪,公路边
16	扎兰屯市蘑菇气镇保安社	300	297	4		1/5	水渠,农田
17	扎兰屯市蘑菇气镇爱国村	1300	304			2/5	荒地
18	扎兰屯市蘑菇气镇蘑菇气村	250	315	2	15	4/5	农田边
19	扎兰屯市蘑菇气镇蘑菇气村	400	315	5		4/5	公路边,农田水渠
20	扎兰屯市蘑菇气镇兴隆沟	2000	322	0.5		0	河岸林下,农田
21	扎兰屯市蘑菇气镇姜家沟	300	380	1	50	4/5	地边沟,农田
22	扎兰屯市蘑菇气十队	6600	543	40		5/5	路边苗圃,缓坡地
23	扎兰屯市蘑菇气王家	4000	335	2	7	5/5	林边,农田
24	扎兰屯市蘑菇气镇政府	0	325			0	河岸,沙石滩树林
25	扎兰屯市蘑菇气镇凤凰窝	300	384	2		2/5	田边荒地
26	扎兰屯市萨马街鄂温克乡团结	0	351			0	草场,河岸
27	扎兰屯市萨马街鄂温克乡团结	150	345			2/5	水渠,农田
28	扎兰屯市萨马街鄂温克乡团结	1	355		200	1/5	河岸,草场,林边
29	扎兰屯市蘑菇气镇	200	340	5		2/5	田边沟,路边沟
30	扎兰屯市蘑菇气镇太平沟门	0	346			0	草场

表 1 (续)

序号 No.	调查点 Investigation site	种群面积 (m ²) Pop. area	海拔 (m) Altitude	与农田距离 (m) Distance from farmland	与河流距离 (m) Distance from river	野生大豆样方 Quadrat of wild soybean	生境 Habitat
31	扎兰屯市蘑菇气镇太平沟门	2000	341			5/5	路边, 湿地, 林边
32	扎兰屯市蘑菇气镇榛子沟村	50	362	20		1/5	路边荒地
33	扎兰屯市成吉思汗牧场窑业	0	269	100		0	草场
34	扎兰屯市成吉思汗牧场七棵树	0	322	10		0	农田, 水沟
35	扎兰屯市成吉思汗牧场洋井沟	1000	277	5		4/5	小水沟
36	扎兰屯市成吉思汗秀峰水库	300	301	100	30	4/5	水库坝下荒地
37	扎兰屯市成吉思汗镇小马家窝棚	1300	307	500		5/5	公路沟
38	扎兰屯市高台子镇高台子	1300	325	1		5/5	农田, 小池塘边
39	扎兰屯市达斡尔民族乡五星屯	1300	349	0.5		4/5	农田, 林带
40	扎兰屯市达斡尔民族乡五星屯	300	349	2		2/5	农田
41	阿荣旗向阳峪镇电道沟	300	239	1		2/5	农田
42	阿荣旗向阳峪红星村	3300	261	8	2	5/5	林下, 小溪边
43	阿荣旗向阳峪镇太平沟	600	245	50		2/5	路边, 林下
44	阿荣旗向阳峪太平沟	400	246	3	300	4/5	水库, 农田, 荒地
45	阿荣旗复兴镇后乌司门	400	219	50		1/5	小树林
46	阿荣旗复兴镇苗房子	650	241	0.5		5/5	农田边
47	阿荣旗六合镇刚家屯	50	213	5		2/5	小河, 农田
48	阿荣旗六合镇宝国	200	212	5		3/5	小路旁, 农田
49	阿荣旗六合镇发展	450	213	2	25	5/5	小溪岸, 农田
50	阿荣旗六合镇宝国	300	224	2		3/5	农田水沟
51	阿荣旗太平庄镇龙门口	30	251	4		2/5(半野)	水沟, 农田
52	阿荣旗太平庄镇太平庄	100	265	20		4/5	河岸坡
53	阿荣旗查巴奇鄂温克乡河西	650	316	0.5	2	5/5	河岸边, 农田
54	阿荣旗三岔河镇西兴	200	311	5	10	3/5(2半野)	河道两岸, 农田
55	阿荣旗查巴奇鄂温克乡河西	2000	327	0.5		3/5	河岸边, 河床
56	阿荣旗查巴奇鄂温克乡光明	3300	329	100	5	5/5	河岸坡, 农田
57	阿荣旗查巴奇鄂温克乡黎明	650	327	1		9/10(半野)	农田
58	阿荣旗三岔河镇窑地	100	355	3		1/5(半野)	农田, 水沟坡
59	阿荣旗三岔河镇沃尔江	0	291	20		0	河两岸
60	阿荣旗三岔河韭菜沟	150	340	1	3	3/5	路边, 小溪, 农田
61	阿荣旗三岔河韭菜沟	500	360	1	10	5/5	小溪边, 农田

/后数据为调查样方总数, /前数据为所调查的样方中有野生大豆出现的样方数

The data after / represents the total number of investigated quadrats, the data before / represents the number of wild soybean quadrats in all the investigated quadrats

2 野生大豆天然种群分布

2.1 分布环境

野生大豆喜湿,河流、湖泊、水塘、湿地等湿润的地方野生大豆分布概率较高,生长茂盛。本次调查显示,内蒙古东北部地区野生大豆主要分布在河流岸边、水库周边、干河道、苗圃和林地空地、田间地头、公路边及公路两侧排水沟、山坡及荒地(表1)。

在内蒙古东北部地区的草场、森林区域、林地

边缘也偶有野生大豆分布。在农业区,除了个别荒地和河流河段偶尔有野生大豆分布,由于常年耕作和喷洒除草剂,已很难发现野生大豆的踪迹。

2.2 野生大豆种群分布及大小

调查的3个旗市野生大豆生长地块(种群)情况见表2。61个地块中7个地块无野生大豆,占11.48%;其余54个地块有野生大豆分布(视为54个种群),占88.52%。各旗市野生大豆种群分布都在调查地块数的80%以上,表明内蒙古东北部地区有广泛的野生大豆分布。

表2 内蒙古东北部调查地块野生大豆种群分布状况

Table 2 Distribution situation of wild soybean populations in the survey plots in Northeast inner Mongolia

旗市 Region	调查地块数 No. of investigation plots	野生大豆种群数/频率(%) Population number of wild soybean/frequency	
		有 Existence	无 None
科右前旗 Keyouqian	14	13 (92.86)	1 (7.14)
扎兰屯市 Zhalantun	26	21 (80.77)	5 (19.23)
阿荣旗 Arun	21	20 (95.24)	1 (4.76)
合计/平均 Total/Average	61	54 (88.52)	7 (11.48)

表3显示,54个野生大豆地块(种群)超过1000 m²的种群15个,占54个种群的27.8%;仅1个种群面积有6600 m²,3300~4000 m²的有4个,这些较大的种群几乎都是分布在狭长河岸、林地

苗圃地带和林下空地,没有连片大面积分布。1000 m²及以下的种群占72.2%;500 m²及以下的占59.3%。说明大部分种群面积都比较小,种群片段化严重。

表3 内蒙古东北部54个野生大豆种群面积大小分布

Table 3 Area size distribution of 54 wild soybean populations in Northeast Inner Mongolia

旗市 Region	种群数 No. of pops	种群面积大小(m ²) Area of populations						
		≤100	101~200	201~300	301~500	501~1000	>1000~3000	>3000
科右前旗 Keyouqian	13	1	4	1	1	2	3	1
扎兰屯市 Zhalantun	21	2	3	6	1	1	6	2
阿荣旗 Arun	20	4	3	2	4	4	1	2
总和 Total	54	7	10	9	6	7	10	5
频率(%) Frequency		≤500 m ² , 59.3; ≤1000 m ² , 72.2					>1000 m ² , 27.8	

2.3 野生大豆种群类型、分布方式、与农田距离

内蒙古东北部野生大豆种群以典型的野生大豆种群为主,也常见野生与半野生型混生种群。本次考察发现了1个半野生大豆为优势型的阿荣旗种群,该种群内没有看到典型野生大豆植株。野生大豆种群内的个体分布方式主要是簇状分布,偶有随机分布。

调查的种群靠近河流最近2 m,最远300 m

(表1)。种群与农田距离绝大多数在20 m范围内,此范围种群占73.77%。0~10 m范围种群占42.86%~76.19%;平均约13.11%的种群与农田距离在10~20 m范围(表4)。这表明农田近距离范围内还有野生大豆生长,并非全部消失。分布于农田近距离的野生大豆种群消涨动态容易受到农田生态系统的影响。

表4 调查地块与农田距离及频率

Table 4 Distances of wild soybean populations from farmland and their frequencies

旗市 Region	种群数 No. of pops	种群与农田距离(m) Distance between population and farmland							无农田 No farmland
		0~10.00	10.01~20.00	20.01~30.00	30.01~40.00	40.01~50.00	50.01~100.00	>500.00	
科右前旗 Keyouqian	14	6(42.86)	4(28.57)	1(7.14)		2(14.29) ⁽¹⁾			1(7.14)
扎兰屯市 Zhalantun	26	15(57.69) ⁽⁵⁾	2(7.69)	1(3.85)		2(7.69)			6(23.08)
阿荣旗 Arun	21	16(76.19)	2(9.52) ⁽¹⁾		1(4.76)		2(9.52)		
平均 Average	61	37(60.66)	8(13.11)	1(1.64)	1(1.64)	4(6.56)	2(3.28)	1(1.64)	7(11.48)

括号内数字为频率,下同;上标括号数字表示没有野生大豆地块数

The data in parenthesis is frequency, the same as below. The data in upper parenthesis is the number of no wild soybean plots

2.4 地块内野生大豆空间密度

54个有野生大豆分布地块的275个样方中,181个样方有野生大豆,占调查样方的65.82%;无野生大豆样方94个,占34.18%。在3个旗市各自的调查样方中也显示平均每个地块有野生大豆样方频率超过无野生大豆样方频率(表5)。说明有野生大豆分布的地块中,野生大豆的分布空间大于无野生大豆的空间。

野生大豆各地块种群各自的空间分布、结构及个体密度不尽相同。所调查地块的野生大豆种群

内个体分布主要是簇状分布。

表6显示调查的54个野生大豆地块内出现不同野生大豆样方的概率,它表示地块空间内野生大豆分布特性,包括种群分布面积比率、密度和均匀度概况。每个种群内随机5个样方(5/5样方)都有野生大豆出现的地块数合计16个,概率最高,为29.63%;其次12地块出现两个样方(2/5样方)有野生大豆的概率为22.22%;出现1个样方(1/5样方)有野生大豆的地块数最少,为7个地块,占12.96%。

表5 野生大豆地块内有无野生大豆样方及频率

Table 5 Existence or none of wild soybean quadrats and their frequencies in the wild soybean plots

旗市 Region	地块数 No. of plots	样方数 No. of quadrats	有无野生大豆的样方数/频率(%) Existence or none of wild soybeans in quadrats	
			有 Existence	无 None
科右前旗 Keyouqian	13	65	43(66.15)	22(33.85)
扎兰屯市 Zhalantun	21	105	66(62.86)	39(37.14)
阿荣旗 Arun	20	105	72(68.57)	33(31.43)
总计 Total	54	275	181(65.82)	94(34.18)

表6 不同野生大豆样方频度地块的分布

Table 6 Distribution of plots with different frequencies of wild soybean quadrats across the regions investigated

旗市 Region	地块数 No. of plots	不同野生大豆样方频度的地块数 Number of plots with different frequencies of wild soybean quadrats				
		1/5	2/5	3/5	4/5	5/5
科右前旗 Keyouqian	13	1	3	4	1	4
扎兰屯市 Zhalantun	21	4	5	1	6	5
阿荣市 Arun	20	2	4	5	2	5
平均 Average	54	7(12.96)	12(22.22)	10(18.52)	9(16.67)	16(29.63)

野生大豆在地块上出现的概率是与野生大豆种群面积成正比的。内蒙古东北地区野生大豆地

块中,约46%的地块生长野生大豆面积比率有可能在80%以上,约41%地块生长野生大豆面积比率有

可能在40%~60%,约13%地块生长野生大豆面积比率有可能在20%以下。但调查的概率并不完全就是实际野生大豆的种群面积比率。

对科右前旗4个地块、扎兰屯市和阿荣旗各8个地块总计共20个地块进行了野生大豆种群个体密度调查(表7)。结果显示,本次所调查的3个旗市地块野生大豆平均密度存在明显差异,平均27株/m²。科右前旗野生大豆密度最高,其次是扎兰屯市,阿荣旗最低,依次为38.8株/m²、29.65株/m²和13.13株/m²。

3 野生大豆性状考种鉴定

本次共搜集54个野生大豆种群的836份单株资源,其中包括713份野生大豆单株和123份半野生型资源单株。对搜集的资源部分性状进行了考种(表7和表8),结果如下。

种皮色 内蒙古东北部野生大豆的种皮色大致有黑色、双色、褐色、黄绿4种。黑色种皮频率偏高,约占总体61%,各旗市频率范围为47.06%~67.63%;其次双色种皮,约占总体35.62%,各旗市频率范围为29.81%~52.94%(表7)。科右前旗的双色种皮类型高于黑皮类型。

在扎兰屯市和阿荣旗地块采集到半野生型资源。半野生型种皮色大致有黑色、双色、褐色、褐绿、绿、黄绿6种。同样是黑色种皮频率偏高,约占总体的36.59%,两旗市频率范围为33.75%~41.86%;其次褐色种皮,约占24.39%,频率范围为23.26%~25.00%;褐绿种皮约占16.26%,频率范围为13.95%~17.50%;黄绿色种皮约占15.45%,频率范围为11.63%~17.50%。

脐色 野生大豆有黑色和褐色两种脐色,频率分别约占48.95%和51.05%(表7)。

半野生型脐色也是黑色和褐色,褐色频率偏高,总体约占69.92%,变动范围为62.79%~72.50%。有1份半野生型种脐为褐色+黑色鞍挂。

百粒重 表8显示,内蒙古东北部野生大豆平均百粒重1.19 g,变动范围0.60~2.77 g。其中以1.00~1.50 g百粒重为优势型,约占总体45.72%,各旗市变动范围43.33~61.34%;1.00 g以下为亚优势型,约占38.85%,变动范围32.59%~46.79%;百粒重2.00 g以上的类型很少,占5.19%。相较于国家种质库中收集和保存的野生大豆资源而言,该区域

野生大豆百粒重偏小。

半野生型的百粒重平均4.32 g,阿荣旗平均4.03 g,扎兰屯市平均4.61 g略大。

叶形 836份野生和半野生大豆资源(单株)的叶片类型都呈现3种叶形,即椭圆、长椭圆和披针形。总体上长椭圆频率偏高,其次是椭圆和披针形。其频率依次为49.52%、30.74%和19.74%。但是,在科右前旗搜集的资源椭圆叶稍多(50.42%),长椭圆为42.86%,披针叶为6.72%(表8)。

4 讨论

4.1 与过去该区域搜集资源的重复性

2007年本团队曾对内蒙古东北部的加格达奇区、鄂伦春、扎赉特、乌兰浩特、扎兰屯和科右前等6旗市进行过野生大豆资源搜集,采集了66份种群资源,也搜集到100份半野生型。时隔15年后再次对该区域的科右前旗、扎兰屯市进行考察搜集,阿荣旗是新的考察收集点。过去在科右前旗考察搜集了3个乡镇(有2个乡镇合并,现在为2个镇)、在扎兰屯市搜集过7个乡镇。本次共搜集54个种群、采集836份单株种子。其中野生大豆713株,半野生大豆123株,包括1份鞍挂脐的半野生型类型和1个面积较大的以半野生型为优势型的种群。

本次考察搜集的资源经核查,与过去有4镇6村重复(科右前旗索伦和察尔森镇、扎兰屯市蘑菇气和高台子镇重复),但是仅2个种群与以前搜集到的种群通过GPS位置记录比较距离较近,但也相距1000 m左右。因此,本次搜集资源与过去搜集的资源并不重复。

4.2 内蒙古东北部野生大豆资源分布面积估算

本次考察对科右前旗、扎兰屯和阿荣旗野生大豆资源分布的种群动态和资源贮藏潜力进行了评价和估算。依据有可能分布野生大豆的土地面积和野生大豆占分布面积的比率可以估算野生大豆的潜在分布面积。野生大豆可能分布在沟渠边、荒地上、路边排水沟、河岸边等未被利用的土地上。未利用土地总面积=国土总面积-已利用的土地面积(耕地+园林+林地+牧草地+水域及水利设施+湿地+交通运输用地+居民点+工矿用地等),野生大豆占分布面积的比率是根据调查获得的野生大豆实际面积占调查地块面积的比率估算而来。表9是野生大豆潜在的可分布面积。

表 7 内蒙古东北部搜集的野生大豆资源种子性状类型及分布

Table 7 Types and distribution of seed characters of wild soybeans gathered in Northeast Inner Mongolia

旗市 Region	野生型 Wild soybean				半野生型 Semi-wild soybean											
	种皮色 Seed-coat colour		脐色 Hilum colour		种皮色 Seed-coat colour		脐色 Hilum colour									
	株数 No. of plants	双黑 Double-Black	褐 Brown	黄绿 Yellow-green	黑 Black	褐 Brown	褐绿 Brown-green	绿 Green	黄绿 Yellow-green	黑 Black	褐 Brown					
科右前旗 Keyouqian	119	56(47.06)	63(52.94)	54(45.38)	65(54.62)	双黑 Double-Black	褐 Brown	褐绿 Brown-green	绿 Green	黄绿 Yellow-green	黑 Black	褐 Brown				
扎兰屯市 Zhalantun	282	170(60.28)	98(34.75)	7(2.48)	134(47.52)	148(52.48)	80	27(33.75)	3(3.75)	20(25.00)	14(17.50)	2(2.50)	14(17.50)	21(26.25)	58(72.50)	1(1.25)
阿荣旗 Arun	312	211(67.63)	93(29.81)	4(1.28)	161(51.60)	151(48.40)	43	18(41.86)	2(4.65)	6(13.95)	2(4.65)	5(11.63)	16(37.21)	27(62.79)		
总数 Total	713	437(61.29)	253(35.62)	11(1.54)	349(48.95)	359(51.05)	123	45(36.59)	5(4.07)	30(24.39)	20(16.26)	4(3.25)	19(15.45)	37(20.08)	91(69.92)	1(0.81)

表 8 内蒙古东北部搜集的野生大豆资源百粒重和叶形类型及分布

Table 8 Types and distribution of 100-seed weight and leaf shapes of wild soybeans gathered in Northeast Inner Mongolia

旗市 Region	野生型 Wild soybean			半野生型 Semi-wild soybean			野生和半野生大豆叶形 Leaf shapes/frequency of wild and semi-wild soybeans							
	百粒重(g) 100-seed weight			株数 No. of plants			株数 No. of plants							
	范围 Range	平均 Mean	范围 Range	范围 Range	平均 Mean	范围 Range	长椭圆 Longelliptic	椭圆 Elliptic	披针 Lanceolate					
科右前旗 Keyouqian	119	43(36.13)	73(61.34)	3(2.52)	0.60~1.82	1.09±0.18	119	51(42.86)	60(50.42)	8(6.72)				
扎兰屯市 Zhalantun	282	88(32.59)	117(43.33)	34(12.59)	19(7.03)	12(4.44)	0.60~2.77	1.31±0.52	80	4.61±1.65	362	212(58.56)	103(28.45)	47(12.98)
阿荣旗 Arun	312	146(46.79)	136(43.59)	14(4.49)	6(1.92)	10(3.21)	0.60~2.77	1.22±0.76	43	4.03±1.23	355	159(44.79)	86(24.23)	110(30.99)
总数 Total	713	277(38.85)	326(45.72)	51(7.15)	15(2.10)	22(3.09)	1.19±0.49	123	4.32±1.44	836	414(49.52)	257(30.74)	165(19.74)	

表9 内蒙古东北三旗市野生大豆潜在分布面积估测

Table 9 The estimated potential area of wild soybean in the three regions in Northeast Inner Mongolia

旗市 Region	国土面积 (万 hm ²) Land area	有野生大豆地块的面积 Area of plots with wild soybean			剩余未利用土地 总面积 (万 hm ²) Total area of remaining unused land	估算的野生大豆 潜在面积 (万 hm ²) Estimated potential area of wild soybean	野大豆潜在可分 布面积占国土 面积比率 (%) Ratio of potential wild soybean area to total land area
		调查总地块 面积(hm ²) Total area of all plots	野生大豆面积 (hm ²) Wild soybean area	野生大豆占总面积 比率(%) Pct. of the wild soybean area to total area of all plots			
科右前旗 Keyouqian	169.64	3.32	1.33	40.10	3.81	1.53	0.90
扎兰屯市 Zhalantun	167.76	10.19	1.83	17.92	8.79	1.58	0.94
阿荣旗 Arun	136.41	4.9	1.44	29.48	3.41	1.01	0.74
总和 Total	473.41	18.41	4.60	25.00	16.01	4.00	0.84

本次调查主要是在农业区、农牧交错区地带调查,没有调查沙漠或沙地、草原(场)、森林的野生大豆分布情况。由于这些土地上的野生大豆分布相对较少,在此次统计中忽略。剩余未利用土地总面积估算是根据网上公开数据推算:扎兰屯市官网“自然地理”(政府办公室,2022-06-27);阿荣旗第三次全国国土调查主要数据公报(2022-05-13);科右前旗第三次全国国土调查主要数据公报(2022-02-14)

This survey mainly investigated the distribution of wild soybean in agricultural area and agro-pastoral zone, and did not investigate the distribution of wild soybean in desert, sandy land, grassland (farm) and forest. Because the distribution of wild soybeans on these lands is relatively small, it is ignored in this statistic. The estimate of the total remaining unused land area is based on public data on the Internet: Physical Geography of Zhalantun City website (Government Office, 2022-06-27); Arong Banner Third National Land Survey main data Bulletin (2022-05-13); Keyou Front Banner Third National Land Survey Main Data Bulletin (2022-02-14)

根据实地调查,分别对3个旗市调查地块的总面积和野生大豆实有面积进行了估算,获得了野生大豆面积的估算占比(表9)。依据调查的野生大豆占比推测野生大豆在科右前旗、扎兰屯市、阿荣旗的潜在可分布面积分别为1.53万hm²(0.90%)、1.58万hm²(0.94%)和1.01万hm²(0.74%)。本次调查对未来野生大豆资源重要保护地区的潜在分布面积提出了估算方法,为野生大豆资源保护区摸清资源家底提供了估算依据。本次考察的地块样方是小样本设置,在未来相似的调查中可适当增加样方数。

4.3 发达的种植业可能影响野外野生大豆种群的生存度

耕地面积在农牧业用地的比率高意味着种植业在农牧业中的发达程度。发达的种植业有可能影响农田周边野生大豆种群的生存度。根据相关资料,科右前旗、扎兰屯市和阿荣旗的耕地与农牧业用地之比分别是33.87%、51.40%和85.20%(表10),说明阿荣旗有更为发达的种植业,其次是扎兰屯市,科右前旗种植业比率相对较低。而3个旗市的野生大豆地块平均种群密度与之相反,依次显著降低。

表10 各旗市耕地面积占农牧业用地之比

Table 10 Ratio of the area of cultivated land to the land for agriculture and animal husbandry

旗市 Region	农牧业用地(万 hm ²) Land area for agriculture and animal husbandry				耕地占比 (%) Ratio of cultivated land	平均种群密度(株/m ²) Mean density of populations	
	耕地 Cultivated land	园林 Garden land	牧草地 Pasture land	总和 Total		种群数 No. of pops	密度 Density
科右前旗 Keyouqian	38.44	0.13	74.91	113.48	33.87	4	38.80a
扎兰屯市 Zhalantun	22.65	0.12	21.293	44.07	51.40	8	29.65b
阿荣旗 Arun	34.38	0.16	5.81	40.35	85.20	8	13.13c
总和 Total	95.49	0.42	102.01	197.90	48.24	20	27.17

耕地占比:耕地与农牧业用地之比;平均种群密度:野生大豆种群密度来自20个地块调查结果;a、b、c表示在P<0.05水平显著差异
Ratio of cultivated land: Ratio of the cultivated land to the total land for agriculture and animal husbandry. Mean density of populations: The density of wild soybeans in populations was investigated from 20 of 61 plots. a, b and c indicated significant differences at the P<0.05 level

为什么发达种植业会影响到野外野生大豆种群密度的直接原因还有待研究。不过,推测最大的可能原因是由于种植业发达相应地会提高农药和除草剂使用量,农田附近野外地块受到除草剂等农药污染的残留量也会增多,常年持久的农药和除草剂喷洒积累导致野生大豆种群密度降低,进而影响到种群生存度。这也许能够解释农田周边(尤其是使用豆科除草剂的玉米田地周边)野生大豆明显减少,甚至难见其踪迹的原因。

本次调查的地块与农田距离都比较近,农田附近的野生大豆种群发育和生存动态必然会受到农田生态系统或农业系统的影响。

4.4 内蒙古东北部有较多的半野生型野生大豆分布

半野生大豆是野生大豆种内的一种类型,也是栽培大豆重要的种质资源。半野生大豆常见于野生大豆和栽培大豆重叠分布区域,尤其在大豆产区较为常见。它的来源是天然条件下栽培大豆花粉通过昆虫传粉到野生大豆柱头上产生的天然杂交产物并生存于野外^[8, 10-12]。有时,偶尔也会发生野生大豆花粉移落到大豆田外侧栽培大豆植株上发生天然杂交(栽培大豆×野生大豆)。地边,特别是地头草丛里的栽培大豆如果秋天没有全部收获而使这样的天然杂种遗留野外自生。

半野生大豆形态介于典型野生大豆和栽培大

豆之间,茎较粗壮,直立、半直立或匍匐。叶片比典型野生大豆大或稍大,叶片有椭圆、长椭圆、卵圆、披针、长披针形。半野生大豆百粒重通常在3 g以上^[13-14],种皮颜色有黑、黄、绿、褐色及它们之间的一系列中间颜色。野生和栽培大豆天然杂交存活的后代百粒重不都是3 g以上,由于自然选择的压力,杂交后代的分离逐渐偏向小粒方向才能够在野外种群中成功存活^[15],这种小粒的天然杂交后代与野生大豆种群植株混生,它们通常也视为野生大豆(*Glycine soja*)而非半野生型(*Glycine gracilis*)。

本次在内蒙古东北部所调查区域看到,半野生大豆分布普遍,常见于农田地头或附近、零星生长或与野生大豆种群混生。本次考察观察到半野生大豆的出现与该地区长期种植大豆及种植面积有密切关系(表11)。表11显示,调查的54个野生大豆地块中,有21个地块出现半野生大豆,频率高达38.89%。尤其是阿荣旗,阿荣旗是传统大豆种植区,过去十年有更多的耕地种植大豆,因此栽培大豆花粉移落到附近野生大豆种群的机率也更高。调查的结果证明了这一点,阿荣旗的野外地块出现半野生大豆数量最多,其频率高于科右前旗和扎兰屯市,本次调查高达60%的农田附近野生大豆生长地块出现半野生型大豆。出现频率最低的科右前旗也有23%的野外地块有半野生型大豆(表11)。

表11 内蒙古东北部半野生大豆出现地块数

Table 11 Number of semi-wild soybean plots in Northeast Inner Mongolia

旗市 Region	过去10年常年大豆 播种面积(万hm ²) Regular annual sowing area over the past decade	调查野生大豆地 块数 Number of wild soybean plots	半野生大豆出现方式 Existence pattern of semi-wild soybean plots		出现半野生大豆地块 Semi-wild soybean plots	
			单独地块 Alone	混合地块 Mixed with typical wild ones	地块数 Number of plots	地块频率(%) Frequency of plots
扎兰屯市 Zhalantun	6.00~6.67	21		6	6	28.57
阿荣旗 Arun	8.67~10.00	20	3	9	12	60.00
平均 Average	5.78~6.67	54	4	12	21	38.89

调查发现3个地块有单独零星生长的半野生型大豆,首次发现面积较大的1个以半野生型为优势的种群,位于阿荣旗一块农田附近。

本次调查搜集到123份各色种皮的半野生型大豆,还有22份褐色和黄绿色种皮、百粒重稍大的(百粒重2~3 g)野生型资源。推测这些半野生型和黄

绿种皮的野生型都是大豆花粉与附近野生大豆种群杂交的后代产物,种子大小在野生型范围的黄绿色种皮类型是受到自然选择的杂交分离后代,能够存活在野生大豆种群里^[11],它们可能携带栽培大豆基因。

4.5 对内蒙古东北部地区野生大豆保护和转基因大豆安全种植的建议

本次在内蒙古东北部野生大豆资源调查中搜集到较多的半野生大豆,说明栽培大豆可以与附近野生大豆种群杂交产生可育后代。栽培大豆花粉传播到野生大豆种群的距离,已发表的研究显示在40 m之内^[10],更远的花粉传播距离还没有报道。

2022年开始,内蒙古东北部地区规划种植转基因大豆生产试验田,为了安全种植转基因大豆,防止转基因大豆基因逃逸对生态环境、野生大豆原始种群产生破坏,根据内蒙古东北部野生大豆分布特点提出如下种植管理建议:

(1) 对规划要种植转基因大豆的区域,进行野生大豆调查,对以往没有收集过的地区进行野生大豆补充考察收集,如果有大面积的群体或特殊性状群体可以考虑建原位保护点,可以根据野生大豆实际分布情况因地制宜,建设不同级别和规模的原位保护点。对零星分布的种群可以收集种子入国家长期库异位保存。

(2) 在种植业农田集中区域可以种植转基因大豆。由于常年农业耕作,喷洒农药和除草剂,野生大豆在这些区域存在的可能性极低。在转基因大豆种植区域外围,可以种植大豆以外的其他作物作为隔离带,玉米等高秆作物农作物隔离带宽度至少50 m以上,矮秆作物至少100 m以上。

(3) 在转基因大豆种植区域,对野生大豆的保护实际上就是防止转基因逃逸到野生大豆群体,破坏野生种的种性、遗传结构和遗传多样性。由于野生大豆种群内单株出苗开花的时间有差异,而且野生大豆是无限开花习性,种群的开花期较长。避免昆虫传粉产生杂交的方法一个是种植极早熟转基因大豆品种,在野生大豆开花前转基因大豆就已经完成开花授粉,使转基因没有机会逃逸到野生大豆群体中。另一个方法是在转基因大豆的开花期喷洒除草剂,重点是转基因大豆田周边的荒地或隔离带,确保开花期周围可能存在的野生大豆死亡,避免转基因逃逸。喷洒的范围距离转基因大豆田50 m。虽然转基因大豆的种植管理一般在苗期会喷洒除草剂,也能除掉可能存在的野生大豆,但野生大豆具有土壤种子库,后期还会不断出苗,如果仅仅是苗期喷除草剂并不能确保避免开花期的天然杂交。

总之,要综合考虑我国农业粮食安全总体布局、当地种植业实际情况和重要野生植物资源的保

护,提高科研人员和种植者的保护意识,因地制宜地制定转基因大豆科学地种植、管理和监督的各项保护措施,做到在野生大豆资源不被破坏的前提下发展和提高我国转基因大豆作物生产。

参考文献

- [1] 李福山. 中国野生大豆资源目录. 北京: 农业出版社, 1990: 前言页
Li F S. Catalogue of China's wild soybean resources. Beijing, Agricultural Press, 1990: Preface page
- [2] 杨光宇, 纪锋. 中国野生大豆(*G. soja*)蛋白质含量及氨基酸组成的研究进展. 大豆科学, 1999, 18(1): 57-61
Yang G Y, Ji F. Advance of study on protein content and composition of amino acid of wild soybean (*G. soja*) in China. Soybean Science, 1999, 18(1): 57-61
- [3] 周三, 关崎春雄, 岳旺, 泽聪子, 杨志宏. 野生大豆、黑豆和大豆的异黄酮类成分比较. 大豆科学, 2008, 27(2): 315-319
Zhou S, Sekizaki H, Yue W, Sawa S, Yang Z H. Comparison of isoflavones among wild, black and yellow soybeans. Soybean Science, 2008, 27(2): 315-319
- [4] Krishnamurthy P S, Tsukamoto C, Takahashi Y, Hongo Y, Singh R J, Lee J D, Chung G. Comparison of saponin composition and content in wild soybean (*Glycine soja* Sieb. and Zucc.) before and after germination. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 2014, 78 (12): 1988-1996
- [5] 王克晶, 李向华, 高桥祐也. 我国野生大豆的皂角苷成分研究进展. 植物遗传资源学报, 2020, 21(6): 1372-1384
Wang K J, Li X H, Takahashi Y Y. Research progress in saponins in Chinese wild soybean. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21(6): 1372-1384
- [6] 兴安盟行政公署. 为“中国碗”添更多“兴安粮”—兴安盟粮食生产有望实现“十三连丰”. 兴安日报. (2022-11-04) [2023-05-10]. http://www.xam.gov.cn/xam/index/_300518/5351337/index.html
Administrative Office of Hinggan League. Add more "Xingan grain" to the "China Bowl" - Xingan League grain production is expected to achieve "13 consecutive abundant". Xing'an Daily. (2022-11-04) [2023-05-10]. http://www.xam.gov.cn/xam/index/_300518/5351337/index.html
- [7] 李玉琢. 呼伦贝尔1363万亩大豆喜获丰收. 内蒙古日报. (2022-10-27) [2023-05-10]. <http://nm.people.com.cn/n2/2022/1027/c347187-40171128.html>
Li Y Z. Hulunbuir harvested 13.63 million mu of soybeans. Inner Mongolia Daily. (2022-10-27) [2023-05-10]. <http://nm.people.com.cn/n2/2022/1027/c347187-40171128.html>
- [8] Wang K J, Li X H. Interspecific gene flow and the origin of semi-wild soybean revealed by capturing the natural occurrence of introgression between wild and cultivated soybean populations. Plant Breeding, 2011, 130: 117-127
- [9] 盖钧镒. 试验统计方法. 北京: 中国农业出版社, 2000: 74-86
Gai J Y. Methods of experimental statistics. Beijing: China

- Agricultural Press, 2000: 74-86
- [10] Wang K J, Li X H. Pollen dispersal of cultivated soybean into wild soybean under natural conditions. *Crop Science*, 53: 2497-2505
- [11] Wang K J, Li X H. Synchronous evidence from both phenotypic and molecular signatures for the natural occurrence of sympatric hybridization between cultivated soybean (*Glycine max*) and its wild progenitor (*G. soja*). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2014, 61: 235-246
- [12] Qiu J, Wang J, Wang Y, Wu S L, Wang Y Y, Ye C Y, Bai X F, Li Z F, Yan C H, Wang W I, Wang Z Q, Yie J H, Lee S H, Fan L J. Genome re-sequencing of semi-wild reveals a complex *Soja* population structure and deep introgression. *PLoS ONE*, 2014, 9(9): e108479
- [13] 李向华, 王克晶. 半野生大豆起源及野生大豆稀有性状来源的形态学证据. *植物遗传资源学报*, 2020, 21(6): 1357-1371
- Li X H, Wang K J. Morphological evidence of the origin of semi-wild soybean and the rare traits in wild soybean. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2020, 21(6): 1357-1371
- [14] 王克晶, 李向华. 中国野生大豆 (*Glycine soja*) 遗传资源主要形态、遗传变异和结构. *植物遗传资源学报*, 2012, 13(6): 917-928
- Wang K J, Li X H. Morphological types, genetic variation and structure in Chinese wild soybean (*Glycine soja*) genetic resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13(6): 917-928
- [15] Wang K J, Li X H, Zhang J J, Chen H, Zhang Z L, Yu G D. Natural introgression from cultivated soybean (*Glycine max*) into wild soybean (*Glycine soja*) with the implications for origin of populations of semi-wild type and for biosafety of wild species in China. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2010, 57: 747-761

欢迎订阅 2024 年《植物资源与环境学报》

《植物资源与环境学报》为江苏省中国科学院植物研究所和江苏省植物学会联合主办的学术刊物, 国内外公开发行人。本刊为全国中文核心期刊(北大核心)、中国科技核心期刊和中国科学引文数据库核心期刊(CSCD 核心), 并为 BA(预评)、CAB、BCI、JST、中国生物学文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)、超星期刊域出版平台和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收录。2013 年荣获“首届江苏省新闻出版政府奖·期刊奖”及江苏省精品科技期刊项目; 2015 年荣获“第六届江苏省科技期刊金马奖·精品期刊奖”; 2015 年至 2023 年均荣获江苏省精品科技期刊项目; 2021 年荣获第三届江苏省新闻出版政府奖·期刊奖提名奖。

本刊围绕植物资源与环境两个中心命题, 报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护, 自然保护区与植物园的建设和管理, 植物在保护和美化环境中的作用, 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者均可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊为双月刊, 大 16 开本, 每期 120 页。全国各地邮局均可订阅, 邮发代号 28-213, 每期定价 30 元, 全年定价 180 元。国内统一连续出版物号 CN 32-1339/S, 国际标准连续出版物号 ISSN 1674-7895。若错过征订时间或需补齐 1992 年至 2023 年各期, 请直接与编辑部联系邮购。1992 年至 1993 年每年 8 元; 1994 年至 2000 年每年 16 元; 2001 年至 2005 年每年 24 元; 2006 年至 2008 年每年 40 元; 2009 年至 2011 年每年 60 元; 2012 年至 2019 年每年 80 元; 2020 年至 2021 年每年 120 元; 2022 年至 2023 年每年 156 元; 2024 年全年 180 元(均含邮资, 如需挂号另付挂号费 3 元; 快递到付)。

编辑部地址: 江苏省南京市中山门外 江苏省中国科学院植物研究所内(邮编 210014); 电话: 025-84347014; QQ: 2219161478; E-mail: zwzybjb@163.com。本刊目前只接收在线投稿, 投稿网址: <http://zwzy.cnbg.net>。

本刊已开通微信公众号, 欢迎您扫码关注。

