

寒地不同百粒重类型野生大豆植株形态特征研究

刘 明¹, 来永才¹, 李 炜¹, 毕影东¹, 肖佳雷², 刘 淼¹, 邸树峰¹, 王 萍³

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学 生命科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 3. 黑龙江省农业科学院 信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要:通过在黑龙江省 13 个行政区原生境采集和异地繁殖结合的方法, 研究了不同百粒重类型寒地野生大豆植株的形态特征及变化规律。结果表明:寒地野生大豆百粒重在 1.1 ~ 2.0 g 的居多, 达到了 74.46%, 但植株形态特征的多样性却较单一;百粒重 2.1 ~ 3.0 g 的野生大豆植株形态特征尤其是在根系、茎长和叶宽等性状上变异系数最大, 植株形态特征多样性最丰富。在不同百粒重类型的野生大豆中, 百粒重增加, 植株形态特征发生变化, 表现为叶片变大、变宽、叶柄长度增加、叶片颜色变深。单株荚数、节数、分枝数减少, 茎长变短, 百粒重越大, 其植株形态特征越接近栽培大豆。野生大豆的根量较少, 根系较细, 主根不明显, 在向栽培大豆的过渡的过程中, 百粒重大的野生大豆根干重、根鲜重、根体积、根表面积、根长度、根直径也越大, 须根系减少, 主根逐渐明显。

关键词:寒地; 野生大豆; 百粒重; 植株形态

中图分类号: S565.1 文献标识码: A DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2015.03.0367

Studies of Plant Morphological Characters in Different 100-Seed Weight of Wild Soybean (*Glycine soja*) in Cold Region

LIU Ming¹, LAI Yong-cai¹, LI Wei¹, BI Ying-dong¹, XIAO Jia-lei², LIU Miao¹, DI Shu-feng¹, WANG Ping³

(1. Crop Tillage and Cultivation Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. College of Life Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 3. Information Center of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: Through the method of field acquisition and relocation propagation in cold region, the plant morphological characteristics and change rule in different 100-seed weight type were studied. The results showed that 100-seed weight between 1.1 and 2.0 g were in the majority account for 74.46%. But the diversity of plant morphological characteristics was single. The 100-seed weight between 2.1 and 3.0 g which variable coefficient especially in roots, grass height and leaf width were maximum. The diversity of plant morphological characteristics was the richest. As the 100-seed weight greatten, the leaf was largen and widen, color was darken. The number of pods, branching and pitch were decreased and grass was shorted. The heavier the 100-seed weight, the morphological characteristics were close to cultivated soybean. The root quantity of wild soybean was less. The root quite was thin and main not obvious. In the process of transition to the cultivated soybean, the heavier of the 100-seed weight, the dry weight, fresh weight, volume, surface area, length and diameter of root were bigger. The fibrous root was decreased and main root was gradually obvious.

Keywords: Cold region; Wild soybean; 100-seed weight; Plant characters

野生大豆 (*Glycine soja*) 是栽培大豆 (*Glycine max*) 的近缘祖先种, 百粒重是 *Soja* 亚属大豆进化的一个重要指标, 是野生大豆重要的植物学性状之一, 是个连续变异的进化性状^[1], 早在 1947 年, 王金陵即提出种粒大小为大豆进化的首要指标^[2]。刘洋等^[3] 也指出, 百粒重大小可以作为评价野生大豆物种内的遗传分化或进化程度的主要指标之一。黑龙江省野生大豆资源丰富, 具有寒地野生大豆的独特性, 在全国占有重要位置^[4]。国内外对于野生大豆百粒重的研究较多^[1,5,9-10], 但是对于黑龙江省

野生大豆百粒重类型的研究较少, 而对于各类型植株形态特征及进化特点的研究更为鲜见, 因此, 本文将黑龙江省不同百粒重类型的野生大豆作为本研究的主线, 研究不同百粒重类型野生大豆的植株形态特征, 以期为今后野生大豆资源保护以及栽培大豆品种改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2011 ~ 2014 年, 在黑龙江省 13 个行政区, 其中

收稿日期: 2015-01-20
基金项目: 转基因生物新品种培育重大专项 (2014ZX08004-003); 引进国际先进农业科学技术“948 计划” (2014-Z43)。
第一作者简介: 刘明 (1982-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事作物栽培与耕作研究。E-mail: liuming666@126.com。
通讯作者: 来永才 (1964-), 男, 博士, 研究员, 主要从事作物遗传育种与耕作栽培研究。E-mail: yame0451@163.com。

每个行政区选择有代表性的县(市)共 77 个,每个县(市)中有野生大豆的地点每隔 10 ~ 20 km 设置 3 个采样区域,每个采样区域中再根据不同的生境条件每隔 500 ~ 1 000 m 设置 3 个采样居群,每个居群随机取样,株距 10 ~ 20 m 采集成熟单株的籽粒,每个居群最少采集 10 株,并记每个居群生境条件,拍照后对采集地的地理坐标进行 GPS 定位。

1.2 盆栽种植

为了调查野生大豆整个生育期的生长发育及形态特征,将采集的野生大豆种子在哈尔滨异地繁殖,采用盆栽种植,播种时每盆 3 粒种子,出苗后每盆定苗 1 株,每个居群的种子种 3 盆。由于野生大豆茎蔓生的生长习性,出苗 30 d 后在盆中插入竹竿作为被缠绕物,避免相邻 2 盆的野生大豆茎和分枝缠绕在一起。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 籽粒大小 在野生大豆成熟后,在正常成熟的籽粒中随机取样,3 次重复,每个重复取 100 个完整粒,用 1/1 000 电子天平称量,取其平均值。本文将不同百粒重类型的野生大豆分为 8 个居群,将百粒重 ≤ 1 g 和 > 7 g 的野生大豆分别作为 2 个居群,百粒重 1 ~ 7 g 的野生大豆每增加 1 g 作为一个居群。

1.3.2 叶片形状及大小 在野生大豆盛花期,采用目测和数显卡尺测量相结合的方法,调查植株中上部发育成熟的三出复叶顶小叶的叶长和叶宽。通过公式(1)和(2)计算叶面积和叶形指数。

$$S = L \times B \times K \tag{1}$$

$$LSI = L/B \tag{2}$$

公式(1)和公式(2)中:S-叶面积;L-叶长;B-叶宽;K-矫正系数;LSI-叶形指数。

矫正系数(K)卵圆形叶为 0.69,批针形叶为 0.70;叶形指数(LSI)的比值在 1.8 以下为卵圆形叶,2.2 以上为批针形叶。

1.3.3 叶片颜色 在盛花期,采用目测和 TYS-A 型叶绿素仪(产地浙江托普)测量相结合的方法,调查植株中上部叶片的颜色。

1.3.4 叶柄长度 在盛花期,采用卷尺测量植株中上部叶片叶柄长度。

1.3.5 产量性状 在成熟期,用卷尺测量子叶节至茎定点的距离,并调查单株荚数、节数、分枝数等指标。

1.3.6 根系性状 在结荚期,将盆栽中野生大豆地上部分剪掉,将盆中土壤冲洗干净后用滤纸将根系擦干,测量根系长度和根系鲜重。随后将根系利用加拿大产 SINTEK-LC-4800 型根系扫描仪进行扫

描,其它根系指标利用 LC-4800 根系专用分析软件 WinRHI2.0Pro2005 进行检测。将扫描后的根系放入烘箱(75℃)中烘干至恒重,用 1/100 天平称取根系干重。

1.4 数据分析

采用 SPSS 13.0 及 Excel 2003 进行统计分析与作图。

2 结果与分析

2.1 不同居群野生大豆百粒重的分布范围

本次所采集的野生大豆中,百粒重范围为 0.54 ~ 13.0 g,不同居群野生大豆所占比例不同(图 1),其中百粒重在 1.1 ~ 2.0 g 的居多,达到了 74.46%;其次是百粒重 ≤ 1 g 和 2.1 ~ 3.0 g 的野生大豆,所占比例分别为 8.40% 和 5.07%;而百粒重 > 3 g 的各居群野生大豆所占比例均在 3% 以下。

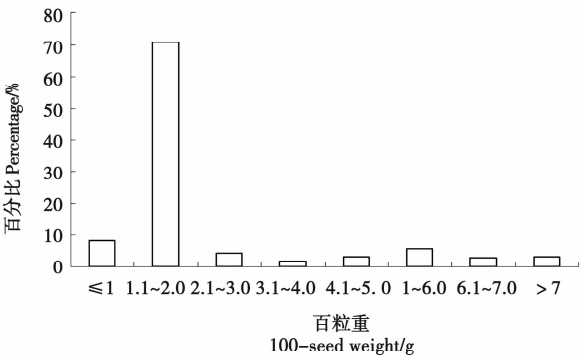


图 1 不同居群野生大豆百粒重的分布范围

Fig. 1 The distribution range of 100-seed weight in different wild soybean populations

2.2 不同百粒重类型的野生大豆植株形态特征差异

由表 1 可见,不同百粒重野生大豆植株形态特征均呈多样性变化(表 1),叶片大小存在差异,叶片小的叶面积仅 1.34 cm²,叶片大的接近栽培大豆的叶片。叶形指数在 1.14 ~ 4.17,包括批针叶、椭圆形叶、卵圆形叶和圆形叶。其中叶片形态中叶柄长、叶长和叶宽的变异系数的均值大于叶形指数和叶色值的变异系数的均值;茎最长的 240 cm,节数最多的接近 80 个,分枝数和单株荚数最多分别达到 10 个以上和 180 个以上,茎长最短的以及节数、分枝数和单株荚数最少的均接近栽培大豆。其中节数、分枝数的变异系数的均值大于荚数和茎长的变异系数的均值。因此在同种百粒重类型的野生大豆中,叶柄长、叶长、叶宽、节数和分枝数的多样性较丰富,而叶形指数、叶色值、荚数和茎长的多样性相对较为单一。

表 1 不同百粒重类型的野生大豆植株形态特征差异

Table 1 Plant morphology characteristic of wild soybeans in different 100-seed weight types

百粒重 100-seed weight/g	范围及变异系数 Range and variable coefficient (CV)/%	叶长 Length of leaf /cm	叶宽 Width of leaf/cm	叶形指数 Leaf shape index	叶面积 Leaf area /cm ²	叶柄长 Petiole length /cm	叶色值 (SPAD)	荚数 Pod number	分枝数 Branch number	节数 Node number	茎长 Stem height /cm
≤1	最大值 Max.	5.8	2.5	3.38	8.53	4.0	33.7	175	9.00	73	240
	最小值 Min.	2.1	0.8	1.24	1.47	1.2	14.7	75	3.00	30	80
	CV/%	5.88	4.56	5.07	8.88	4.98	4.08	3.98	6.23	6.89	3.63
1.1~2.0	最大值 Max.	5.3	2.8	3.36	10.39	6.4	33.7	185	12.00	77	240
	最小值 Min.	1.6	1.2	1.33	1.34	1.0	9.0	45	1.00	23	55
	CV/%	1.18	1.26	1.08	2.23	1.82	1.82	1.57	1.82	2.31	1.31
2.1~3.0	最大值 Max.	8.9	3.5	4.17	18.69	7.7	33.3	175	8.00	73	200
	最小值 Min.	3.3	1.2	1.54	3.93	2.4	14.0	45	3.00	22	53
	CV/%	8.18	10.16	8.76	17.22	10.19	5.84	11.29	9.56	9.47	10.91
3.1~4.0	最大值 Max.	7.3	3.5	2.30	17.89	5.3	33.3	130	6.00	63	175
	最小值 Min.	4.5	2.0	1.70	6.44	3.3	18.0	95	3.00	26	80
	CV/%	10.32	9.92	5.25	20.82	8.94	9.26	5.62	15.01	15.81	14.26
4.1~5.0	最大值 Max.	7.4	3.3	2.62	17.09	7.6	37.7	175	10.00	58	210
	最小值 Min.	3.0	1.5	1.21	5.29	2.5	22.3	55	1.00	28	45
	CV/%	10.53	8.78	7.11	17.63	12.44	5.48	10.90	15.77	16.28	8.12
5.1~6.0	最大值 Max.	7.9	5.4	2.48	27.59	11.7	37.0	148	4.00	57	145
	最小值 Min.	4.4	2.1	1.26	6.47	3.1	17.6	60	1.00	25	50
	CV/%	4.45	6.63	4.93	10.83	10.01	4.49	6.40	7.83	13.79	5.19
6.1~7.0	最大值 Max.	7.7	4.9	2.13	24.68	9.1	34.3	110	3.00	40	140
	最小值 Min.	5.3	3.2	1.14	12.61	4.8	19.7	65	1.00	29	65
	CV/%	4.57	5.18	6.11	7.51	8.86	6.76	6.00	8.18	17.82	4.66
>7	最大值 Max.	7.4	5.4	1.92	25.70	11.0	38.7	90	6.00	45	140
	最小值 Min.	6.3	3.4	1.26	14.99	5.8	24.3	55	1.00	28	60
	CV/%	1.66	4.91	4.29	5.72	7.02	4.72	4.59	9.05	37.59	6.00

从不同百粒重野生大豆植株形态特征变异系数的差异来看,百粒重 2.1~3.0 g 的叶宽、叶形指数、荚数和茎长,百粒重 3.1~4.0 g 叶色值,百粒重 4.1~5.0 g 的叶长、叶柄长、基部分枝数,以及百粒重 6.1~7.0 g 节数的变异系数最大,多样性相对较为丰富;而百粒重 1.1~2.0 g 野生大豆植株形态特征的变异系数均最小,多样性相对较为单一。

从不同百粒重叶片形态特征均值的差异可以看出(图 2),野生大豆百粒重越大,叶长、叶宽、叶柄长、叶面积及叶色值也越大,叶形指数略有降低,但降低幅度不明显。说明百粒重增加,叶片大小发生改变,表现为叶片变大、叶柄长度增加、叶片颜色变深,叶片形状也略有改变,叶片变宽,卵圆形或椭圆形叶片数量增加。

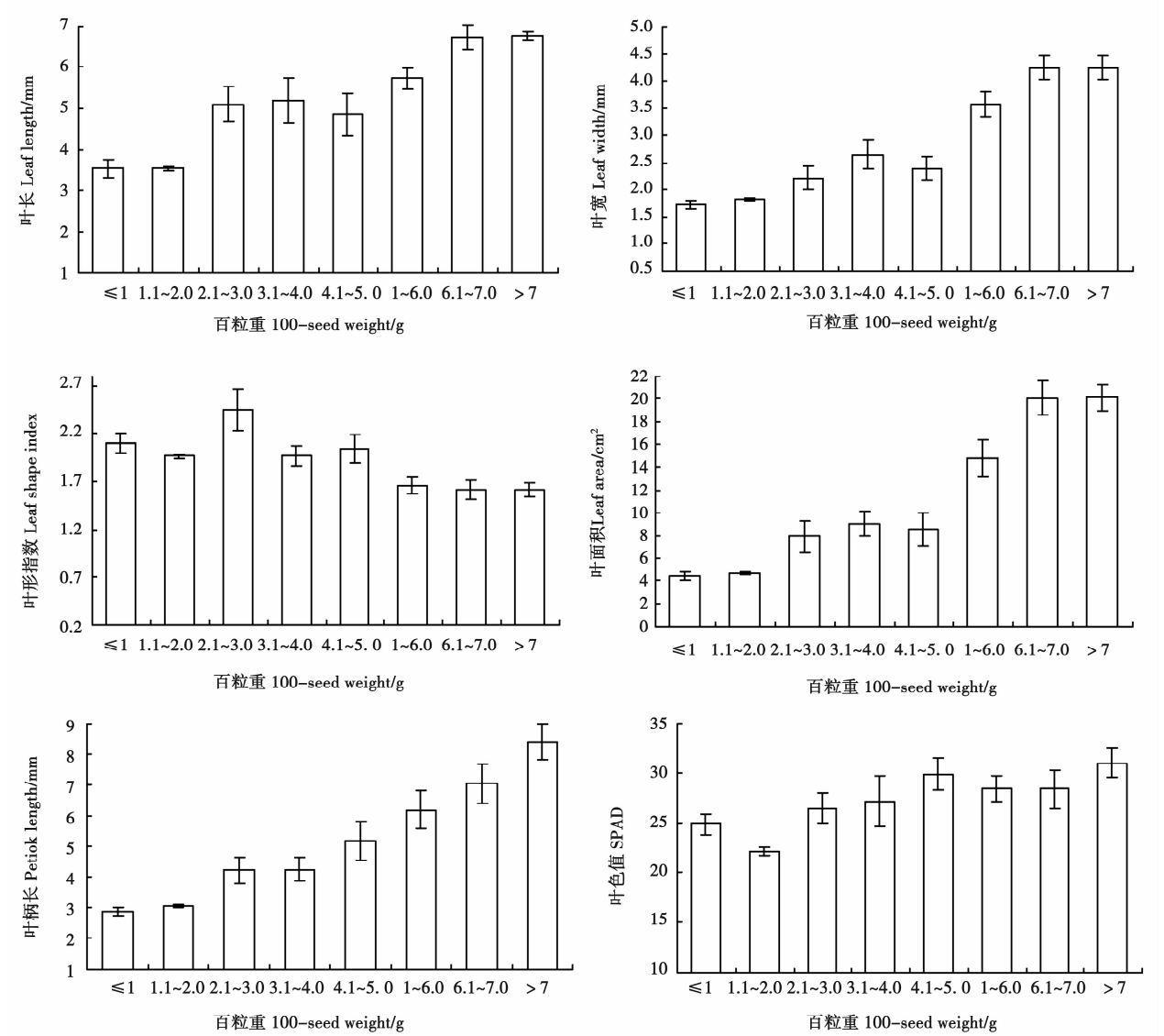


图 2 不同百粒重类型野生大豆叶片形态特征差异
Fig. 2 Leaf morphology characteristic difference of wild soybeans in different 100-seed weight types

不同百粒重类型野生大豆植株形态特征差异表明(图 3),百粒重越大,单株荚数、茎长、基部分枝数和节数越少或越低。说明百粒重增加植株形态特征发生变化,表现为单株荚数、节数、基部分枝数减少,茎长变短。百粒重越接近栽培大豆,其植株形态特征也越接近栽培大豆。

2.3 不同百粒重类型野生大豆根系形态特征差异

不同百粒重野生大豆根系形态特征存在差异(表 2),根干重 0.2~3.9 g,根鲜重 0.9~21.9 g,根表面积 26.9~578.5 cm²,根体积 0.35~7.54 cm³,最大值和最小值均相差 20 倍左右。根长度 17~75 cm,根直径 0.31~1.06 mm,最大值和最小值相差 3~4 倍。同样,不同百粒重粒型间野生大豆根系形

态特征的变异系数存在差异,其中根干重、根鲜重、根表面积和根体积的变异系数的均值要大于根长度和根直径的变异系数的均值,说明在同种百粒重类型的野生大豆中,根干重、根鲜重、根表面积和根体积的多样性较丰富,而根长度和根直径的多样性较单一。

从不同百粒重野生大豆根系特性变异系数的差异来看,百粒重 2.1~3.0 g 野生大豆根系各形态特征的变异系数最大;而百粒重 1.1~2.0 g 野生大豆根系各项形态特征的变异系数最小。虽然百粒重 1.1~2.0 g 的野生大豆在所有野生大豆中所占的比例最大,但根系形态特征的多样性较单一。

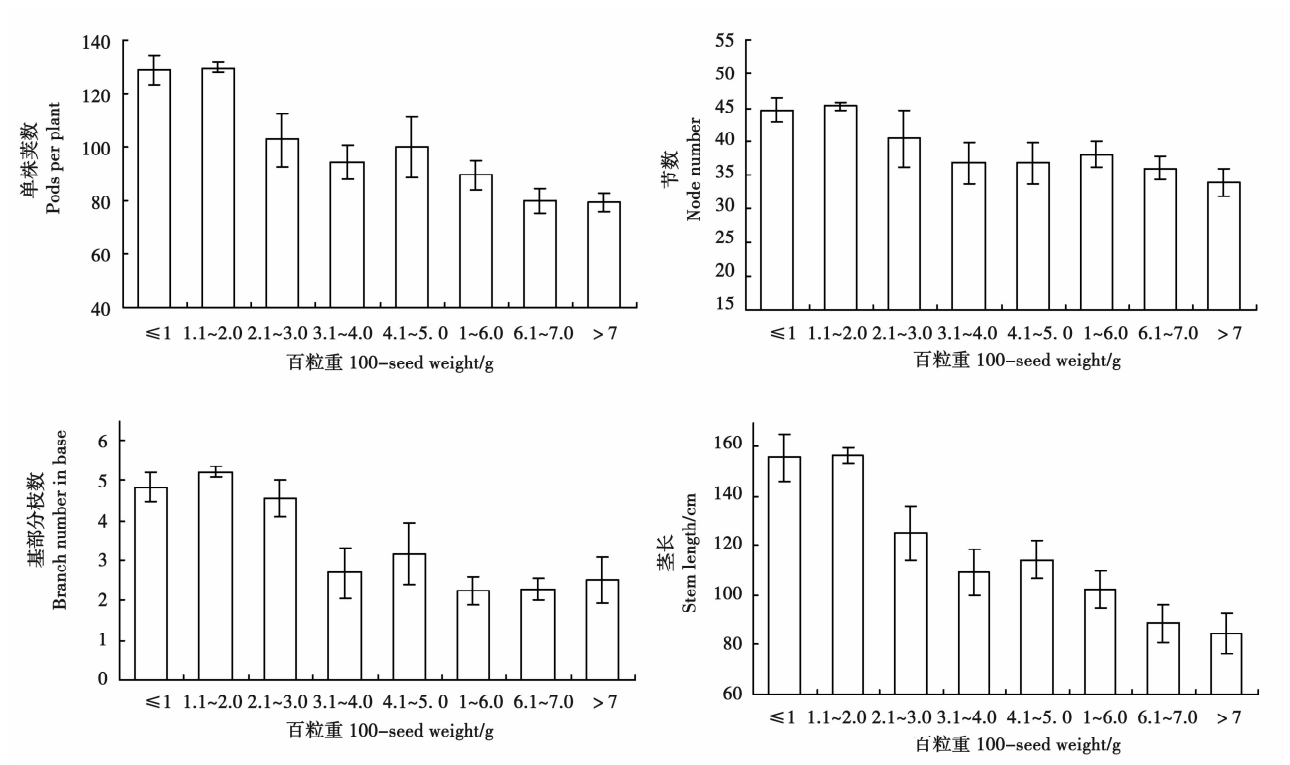


图 3 不同百粒重类型野生大豆植株形态特征差异

Fig. 3 Plant morphology characteristic difference of wild soybeans in different 100-seed weight types

表 2 不同百粒重类型野生大豆根系形态特征差异

Table 2 Root morphology characteristic of wild soybeans in different 100-seed weight type

百粒重 100-seed weight /g	范围及变异系数 Range and CV/%	根系干重 Root dry weight /g	根系鲜重 Root fresh weight /g	根系长度 Root length /cm	根表面积 Root surface area /cm ²	根体积 Root volume /cm ³	根直径 Root diameter /mm
≤ 1	最大值 Max.	1.7	10.5	65	382.1	4.18	0.84
	最小值 Min.	0.3	2.2	26	88.1	0.98	0.35
	CV/%	8.68	8.33	4.64	10.51	7.64	4.80
1.1 ~ 2.0	最大值 Max.	2.1	14.3	75	533.7	6.64	0.96
	最小值 Min.	0.2	0.9	17	26.9	0.35	0.31
	CV/%	3.41	3.50	1.94	3.86	3.60	1.50
2.1 ~ 3.0	最大值 Max.	1.6	7.9	65	263.3	4.04	1.06
	最小值 Min.	0.2	1.2	19	56.0	0.73	0.46
	CV/%	22.09	21.69	12.97	21.81	21.14	9.14
3.1 ~ 4.0	最大值 Max.	1.8	10.1	54	300.9	4.55	0.62
	最小值 Min.	0.8	3.8	38	123.8	1.53	0.49
	CV/%	15.42	17.50	5.74	16.51	19.84	4.85
4.1 ~ 5.0	最大值 Max.	2	9.5	70	297.2	4.25	0.73
	最小值 Min.	0.5	2.8	32	69.1	1.15	0.37
	CV/%	11.81	12.12	8.86	14.71	13.64	7.06
5.1 ~ 6.0	最大值 Max.	3.9	21.9	70	578.5	7.54	0.72
	最小值 Min.	0.8	3.8	32	127.9	1.58	0.49
	CV/%	10.38	10.88	5.64	10.55	10.85	2.73

续表 2

百粒重 100-seed weight /g	范围及变异系数 Range and CV/%	根系干重 Root dry weight /g	根系鲜重 Root fresh weight /g	根系长度 Root length /cm	根表面积 Root surface area /cm ²	根体积 Root volume /cm ³	根直径 Root diameter /mm
6.1 ~ 7.0	最大值 Max.	2.7	13.3	73	411.1	7.10	0.69
	最小值 Min.	1.2	6.5	38	167.7	2.41	0.53
	CV/%	9.18	9.94	7.86	11.89	13.76	3.15
>7	最大值 Max.	3.7	19.1	55	353.0	6.00	0.84
	最小值 Min.	0.8	1.8	39	146.8	2.27	0.56
	CV/%	12.89	16.38	4.27	7.45	8.49	4.17

由图 4 可见,百粒重越大,根干重、根鲜重、根长度、根表面积、跟体积、根直径也越大。因此,在不同百粒重类型的野生大豆中,百粒重增加,根量增

加,根体积增大,须根系减少且直径加粗,主根趋见明显,百粒重越大根系各性状越接近栽培大豆。

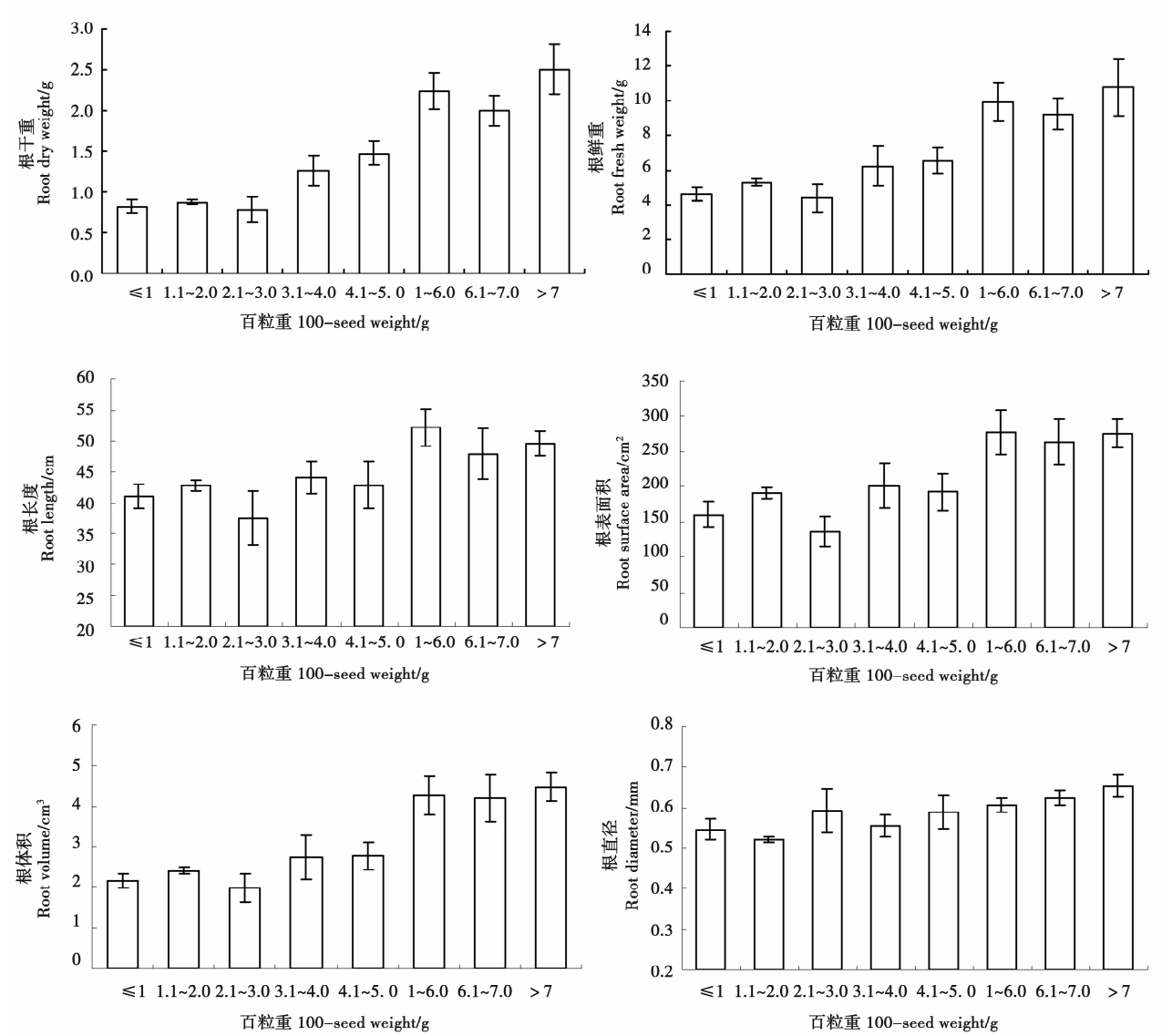


图 4 不同百粒重类型野生大豆根系形态特征差异

Fig. 4 Root morphology characteristic difference of wild soybeans in different100-seed weight types

3 结论与讨论

野生大豆的种子大小是最重要的植物学性状之一,与进化程度密切相关^[1]。曾有研究用百粒重来区分野生型和中间型。但是国内外对于野生型和半野生型的划分一直不能确定。有的研究根据百粒重将野生大豆划分为野生型($\leq 2.5\text{ g}$)、半野生Ⅰ型($2.51\sim 5.0\text{ g}$)和半野生Ⅱ型($>5\text{ g}$)^[6]。早在80年代,全国考察发现大量中间型材料以来,通常把百粒重 3 g 左右作为野生型和中间型的分界线^[7]。有的研究将百粒重 $\leq 3\text{ g}$ 的归类为野生大豆,把百粒重 $>3\text{ g}$ 的归类为半野生大豆^[8]。

本文所研究的野生大豆涵盖了百粒重从 $0.54\sim 13.0\text{ g}$ 的各种类型,其中也包括前人研究所提出的野生大豆和栽培大豆之间的过渡类型,过渡类型的野生大豆植株形态特征多样性极为丰富。不同百粒重类型的野生大豆中,百粒重 $1.1\sim 2.0\text{ g}$ 的野生大豆所占比例最大,达到了 74.46% 左右,但表型性状的多样性却较单一,植株形态特征接近;百粒重 $2.1\sim 3.0\text{ g}$ 的野生大豆植株形态特征特别是在根系、茎长和叶宽等性状上变异系数最大,植株形态特征多样性最丰富。

周波等研究表明,野生大豆叶面积最小,其光合作用和蒸腾作用效率低,代表了其较原始的演化程度,野生大豆向栽培大豆的进化过程中,叶面积逐渐变大^[11]。本研究发现,百粒重越大,叶长、叶宽、叶面积、叶柄长和叶色值也越大,但叶形指数却越小。说明野生大豆在向栽培大豆的过渡过程中,叶片形状、大小和颜色均发生变化,叶片变大、变宽、颜色加深。百粒重大的野生大豆,茎长变短,单株荚数、分枝数和节数减少,中间型野生大豆其植株形态特征逐渐接近栽培大豆。

野生大豆的根量较少,根系较细,须根系较多,主根不明显,在不同百粒重类型的野生大豆中,百粒重大的野生大豆根干重、根鲜重、根体积、根表面积、根长度、根直径也越大,说明野生大豆在向栽培大豆的过渡的过程中,根量增加,体积增大,直径加粗,主根逐渐明显。朱俊义等^[12]的研究也表明,野生大豆向栽培大豆的进化过程中,根直径加粗,表皮细胞栓质化且皮层厚度增加。

本研究所涉及的不同百粒重野生大豆类型中,还蕴藏着高蛋白、多花荚、耐盐碱、抗除草剂、抗旱、抗病虫和适应性强等多种类型,遗传基础非常丰富,如果将这些优异性状导入到栽培大豆中,将对大大豆遗传基础和大豆种质创新具有重要的意义。

参考文献

[1] 王克晶,李向华,张志卫,等. 野生大豆天然群体百粒重类型组成与地理分布调查[J]. 大豆科学,2005,24(4):243-248. (Wang K J, Li X H, Zhang Z W, et al. Components and distribution of 100-seed weight in natural populations of wild soybean [J]. Soybean Science, 2005,24(4):243-248.)

[2] 王金陵. 大豆性状之演化[J]. 农报,1947,12(5):6-11. (Wang J L. Soybean traits of evolution[J]. Chinese Journal of Agriculture, 1947, 12(5):6-11.)

[3] 刘洋,李向华,肖鑫辉,等. 大豆 *Soja* 亚属内种子大小的遗传差异及半野生类型分类归属[J]. 分子植物育种,2010,8(2):231-239. (Liu Y, Li X H, Xiao X H, et al. Genetic divergence in different seed weights within the subgenus *Soja* and taxonomic assignment of semi-wild soybean (*Glycine gracilis* Skvortzow) [J]. Molecular Plant Breeding, 2010,8(2):231-239.)

[4] 林红,齐宁,李向华,等. 黑龙江省野生大豆资源考察研究[J]. 中国油料作物学报,2006,28(4):427-430. (Lin H, Qi N, Li Z H, et al. New progress on wild soybean survey in Heilongjiang province [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2006,28(4):427-430.)

[5] 徐豹,徐航,庄炳昌,等. 中国野生大豆(*G. soja*)籽粒性状的遗传多样性及其地理分布[J]. 作物学报,1995,2(6):733-739. (Xu B, Xu H, Zhuang B C, et al. Polymorphism and geographical distribution of seed characters of wild soybean(*G. soja*) in China[J]. Acta Agronomica Sinica, 1995,2(6):733-739.)

[6] 徐豹,庄炳昌,徐航,等. 中国野生大豆(*G. soja*)脂肪含量的多样性及地理分布[J]. 大豆科学,1993,12(4):269-274. (Xu B, Zhuang B C, Xu H, et al. Polymorphism and geographic distribution of content of wild soybean(*G. soja*) in China[J]. Soybean Science, 1993,12(4):269-274.)

[7] 全国野生大豆考察组. 中国野生大豆资源考察报告[J]. 中国农业科学,1983(6):69-75. (National Wild Soybean Surveying Team. Report on the survey of wild soybean resources in China [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1983(6):69-75.)

[8] 常汝镇. 农业百科全书[M]. 农作物卷,1991:701-702. (Chang R Z. Cyclopedia of American agriculture[M]. Crop Volume, 1991:701-702.)

[9] 吴和礼. 农业百科全书[M]. 农作物卷,1991:76. (Wu H L. Cyclopedia of American agriculture[M]. Crop Volume, 1991:76.)

[10] 李福山. 中国野生大豆资源的地理分布及生态分化研究[J]. 中国农业科学,1993,26(2):47-55. (Li F S. Studies on the ecological and geographical distribution of the Chinese resources of wild soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1993,26(2):47-55.)

[11] 周波,宋金枝,韩丽娟,等. 大豆属不同进化类型叶的结构演化研究[J]. 东北师大学报(自然科学版),2003,35(4):97-100. (Zhou B, Song J Z, Han L J, et al. Evolutionary structure study on leaves on different evolvement types of *Glycine* L [J]. Journal of Northeast Normal University(Natural Science), 2003,35(4):97-100.)

[12] 朱俊义,杨忠顺,梁泽本,等. 大豆属植物根的初生结构及其系统演化[J]. 东北师大学报(自然科学版),2003,35(4):112-116. (Zhu J Y, Yang Z S, Liang Z B, et al. Evolutional study on the root primary structure of *Glycine* L [J]. Journal of Northeast Normal University(Natural Science), 2003,35(4):112-116.)