

# 甘蓝型油菜矮秆突变体 *bndf-1* 的遗传鉴定及利用潜力分析

李云,付绍红,杨进,王继胜,邹琼,陈晓华,陶兰蓉,康泽明,唐蓉,张汝全  
(成都市农林科学院作物所/国家油菜改良中心四川成都分中心,成都 611130)

**摘要:**油菜矮秆资源的研究和利用是解决目前油菜品种易倒伏问题并实现机械化操作的有效途径之一。在甘蓝型油菜杂交选育后代中发现了一株高75 cm左右、株型紧凑、1次分枝明显增多的矮秆突变体,暂命名为 *bndf-1* (*Brassica napus* L., dwarf-1)。该突变体与高秆常规种品系 0003、0826 的正反交  $F_1$  株高小于中亲值而偏向矮秆亲本,相应  $F_2$  分离群体高矮株分离比符合 1:3 的期望比值,表明 *bndf-1* 的矮秆性状受一对不完全显性核基因控制。对正反交  $F_1$  的产量性状分析表明,该矮秆资源具有较好的生产应用前景。

**关键词:**矮秆;不完全显性遗传;产量性状;甘蓝型油菜

中图分类号:S565 文献标志码:A 论文编号:2012-3291

## The Identification and Application of Dwarf Mutation *bndf-1* in *Brassica napus*

Li Yun, Fu Shaohong, Yang Jin, Wang Jisheng, Zou Qiong, Chen Xiaohua,  
Tao Lanrong, Kang Zeming, Tang Rong, Zhang Ruquan  
(Institute of Crop Sciences, Chengdu Academy of Agricultural and Forestry Sciences/  
Branch Center of National Rapeseed Improvement Center in Chengdu, Chengdu 611130)

**Abstract:** Dwarfism in oilseed rape is one of the main strategies to improve lodging resistance and be suitable for the mechanized operation. A dwarf mutation *bndf-1* with plant height of about 75 cm discovered from hybrid offspring showed obviously decreased height and increased numbers of primary branches in comparison with the wild type. The mutant also showed other values such as compact construct, strong stem stalk as well as much more primary branches than the wild type. Genetic analysis on  $F_1$  and  $F_2$  populations derived from reciprocal crosses between *bndf-1* with high-stalk lines 0003 and 0826, respectively, indicated that the dwarfism was controlled by an incomplete dominant gene. In addition, the analysis of  $F_1$  yield traits indicated that the dwarfism of *bndf-1* had great potential to be used in breeding.

**Key words:** dwarf mutant; semi-dominant genetics; yield traits; rapeseed

## 0 引言

株高是油菜品种的一个重要农艺性状。植株过高容易引起倒伏减产,适当矮化则耐肥抗倒增产<sup>[1]</sup>。随着油菜杂种优势的广泛利用,倒伏已成为影响油菜产量提高和机械化生产的一个重要因素。降低油菜株高无疑是防止倒伏的有效方法之一<sup>[2]</sup>,这在其他作物上

已不乏先例。如水稻和小麦矮秆和半矮秆的推广利用,被誉为第1次绿色革命的标志<sup>[3-5]</sup>。因此矮秆基因的发掘与利用对于作物生产潜力的提高,起着举足轻重的作用。与其他作物相比,甘蓝型油菜中不同类型的矮秆资源较贫乏,因此有关矮秆性状的遗传研究和实际应用较少<sup>[6]</sup>。目前已报道的甘蓝型油菜矮秆突变

基金项目:国家863项目“强优势油菜杂交种的创制与应用”(2011AA10A104);四川省“十二五”科技攻关“突破性油料新品种选育”;成都市农林科学院院自立项目(2010020303);成都市农林科学院青年基金项目(2010020205)。

第一作者简介:李云,女,1975年出生,山东肥城人,副研究员,博士研究生,研究方向:油菜遗传育种。通信地址:611130 成都温江柳城镇东北路559号 成都市农林科学院, Tel: 028-82726639, E-mail: liyunxpzh@163.com。

通讯作者:张汝全,男,1954年出生,四川大邑人,研究员,硕士研究生,研究方向:油菜遗传育种。通信地址:611130 成都温江柳城镇东北路559号 成都市农林科学院, Tel: 028-82746538, E-mail: ruquanzhang@163.com。

收稿日期:2012-10-08,修回日期:2012-11-22。

体有Bzh<sup>[7]</sup>、ndf-1<sup>[8]</sup>、‘矮源1号’<sup>[9]</sup>、DS-1<sup>[10]</sup>、99CDAM<sup>[6]</sup>和bnaC.dwf<sup>[11]</sup>等。上述材料主要进行了遗传分析和分子标记定位等方面的工作,只有部分材料在生产利用上开展了相关研究<sup>[12-13]</sup>。

笔者在油菜杂交分离群体中发现了一株高大约75 cm左右的突变体。该突变体具有矮秆、株型紧凑、多分枝、生育期适中、抗性好等许多优良特性,暂定名为bndf-1。在进行形态学和遗传学鉴定的同时,也对其在矮化育种方面进行了初步的研究和利用。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

矮秆突变体bndf-1是在常规杂交选育的后代中发现的,经过多年种植后各性状已能稳定遗传。2个材料0003、0826均是课题上选育的常规种品系,产量较高,但株高偏高,株高均为220 cm左右。

### 1.2 突变体bndf-1形态及染色体鉴定

详细记载突变体各个时期的发育进程和形态学表现,进行表型形态学鉴定。

根尖细胞学鉴定:先将种子在室温下浸泡至露白,然后于18~24℃条件下萌发,当根长1.5~2 cm时取根尖,冰水处理24 h,卡诺液II(无水乙醇6份,氯仿3份,冰醋酸1份)固定,60℃条件下1 mol/L盐酸解离8~10 min,改良卡宝品红染色压片,镜检并照相。

### 1.3 矮秆性状遗传分析

试验于成都市农林科学院育种基地进行。2009年3月用矮秆突变体bndf-1与2个高秆材料进行正反交。2010年5月按单株收获4个F<sub>1</sub>组合的自交种子。2010年10月播种4个F<sub>1</sub>单株的种子,形成4个F<sub>2</sub>群体。分别随机选取4个组合的200株苗进行移栽,于2011年4月调查群体株高分离比例。

### 1.4 产量相关性状统计分析

2个高秆亲本0003、2827和矮秆突变体bndf-1的4个正反交F<sub>1</sub>组合进行产量相关的农艺性状调查。供试材料采用播种35天后移栽方式,移栽密度均为9万/hm<sup>2</sup>(33.3 cm×33.3 cm),2011年5月20日收获。田间试验采用随机区组排列,3次重复。小区面积为12 m<sup>2</sup>,试验管理同大田。试验过程中进行观察记录,油菜成熟后分小区收获拷种。按文献[14]的标准,考种的性状有株高(cm)、一次有效分枝数(个)、二次有效分枝数(个)、全株果数(个)、每角粒数(个)、粒重(g)、单株产量(g)以及小区产量(kg),以小区每组合实收产量测计。

## 2 结果与分析

### 2.1 突变体bndf-1形态学及细胞学鉴定

突变体bndf-1的矮化特性从苗期就已显现,初期伴随着叶片的明显皱缩(图1A),至拔节开花期上部叶片伸展趋于正常(图1B)。株高表现稳定,在移栽模式下累积几年平均高度在75 cm左右。株型紧凑、分枝起始高度较低,1次和2次分枝较多。为了排除此突变性状并非由于染色体数目的异常所导致,笔者进行了细胞学鉴定。通过蕾期的减数分裂和根尖染色体数目鉴定,表明突变体bndf-1携有2n=38染色体(图1B)。

### 2.2 bndf-1所携带矮秆基因的遗传分析

已知矮秆突变体bndf-1的株高在75 cm左右,2个高秆亲本的株高皆在220 cm左右,而突变体bndf-1和2个高秆材料的4个正反交F<sub>1</sub>株高均在130~140 cm之间。理论上上述组合的中亲值应在150 cm左右,根据F<sub>1</sub>株高小于中亲值而偏向矮秆亲本的实际情况,表明此矮秆对正常秆为不完全显性,不存在细胞质效应。

F<sub>2</sub>分离群体株高差异从苗期就已显现,到成熟期呈现明显的两极分化状态。从图2可以看出,bndf-1与0003正反交的2个F<sub>2</sub>群体在株高性状上呈现类似的趋势,群体中矮秆株高从70~160 cm不等,其中多集中在70~80 cm和130~140 cm 2个区段内,而群体中高秆株高则从180~240 cm不等。对矮秆株和高秆株的统计(表1)表明矮秆性状受一对不完全显性基因控制。

### 2.2 突变体bndf-1产量性状的杂种优势

突变体bndf-1与另外2个亲本及其杂种F<sub>1</sub>的产量相关性状表现见表2。可以看出,bndf-1基因能够显著降低植株的高度以及一次分枝高度,但却增加了植株1次分枝和2次分枝的数量。表2数据表明,虽然突变体bndf-1的有效分枝较多,但由于株高过于矮小,导致角果总数较少,产量较低。杂种F<sub>1</sub>的株高虽然远不及2个高秆亲本,但继承了亲本bndf-1的紧凑株型,较低分枝节位以及多分枝的特点,加上株高适当增高,所以总体产量相较高秆亲本并没有明显降低。通过bndf-1基因在杂合状态下(F<sub>1</sub>)依旧能够明显体现矮秆亲本的典型特征来看,说明该基因对上述性状为显性或不完全显性。通过表2还可以看出,bndf-1与另外2个亲本的杂种后代优势不尽相同,说明通过突变体bndf-1自身的改良以及和合适的亲本组配,产量性状可能有更大的提升潜力。

### 3 结论与讨论

在植物株高遗传规律研究中,高秆矮秆单株类型划分对株高遗传规律的分析起着关键的作用。本研究中 *bndf-1* 与高秆材料0003的2个正反交  $F_2$  群体株高分布皆表现为在3个区域相对集中,这完全不同于多基因控制下的正态分布,也与完全的单基因控制下的双峰分布有所区别。本研究图2显示  $F_2$  株高频率分布图

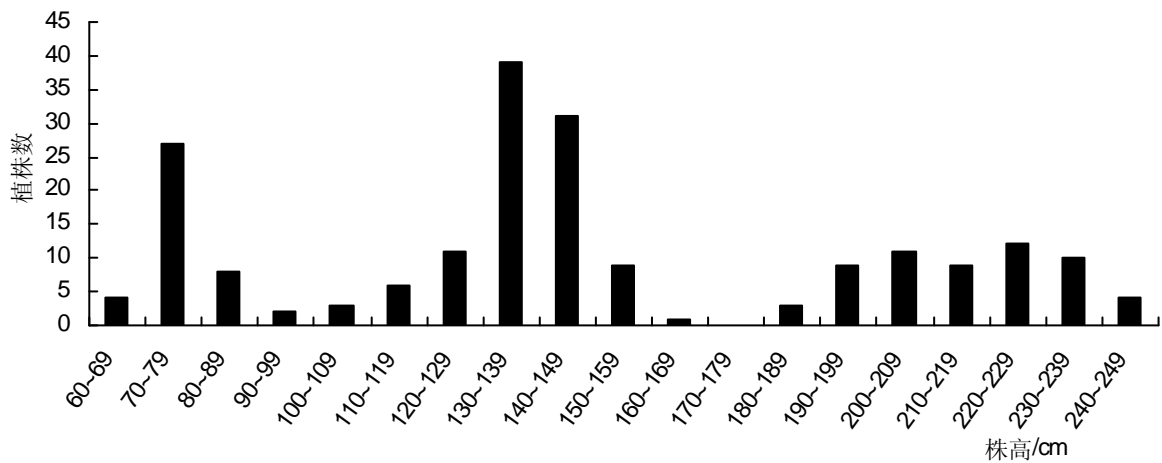
的2个低谷分别出现在100 cm和170 cm左右。考虑到  $F_1$  平均株高为140 cm左右,稍偏向矮秆,因此高秆和矮秆的划分点一般应在140 cm之上。综合  $F_1$  株高及  $F_2$  群体株高频率的表现,笔者选取170 cm作为高秆和矮秆的分界点。以此分界点划分,则表明矮秆性状为一单显性基因控制。

目前甘蓝型油菜中报道的矮秆突变体多是诱变产



A: 矮秆突变体 *bndf-1* 苗期. B: 矮秆突变体 *bndf-1* 染色体数目  $2n=38$ . C: 矮秆突变体 *bndf-1* 花期

图1 *bndf-1* 的苗期及花期表型和细胞学鉴定



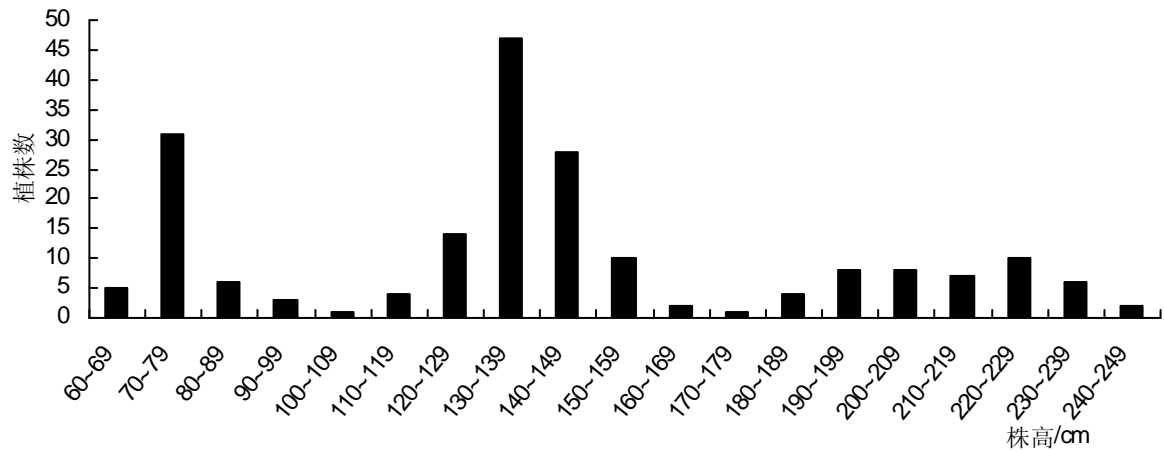


图2 bndf-1与0003正反交F<sub>1</sub>群体的株高分布

表1 矮秆突变体bndf-1遗传分析

组合	群体大小	高秆株	矮秆株	期望值	$\chi^2$	P
bndf1/0003	197	46	151	1:3	0.29	0.59
0003/bndf1	199	58	141	1:3	1.82	0.18
bndf1/0826	198	45	153	1:3	0.55	0.46
0826/bndf1	200	56	144	1:3	0.96	0.33

表2 亲本及杂种F<sub>1</sub>的产量相关性状表现

亲本及组合	株高/cm	一次分枝高/cm	一次有效分枝	二次有效分枝	有效角果数	每角粒数	千粒重/g	单株产量/g	小区产量/Kg
bndf1	78.7	24.8	10.4	14.6	432.2	8.7	3.21	12.1	1.29
0003	221.7	74.2	8.7	12.4	613.7	11.3	3.64	25.2	2.76
0826	224.6	79.4	8.4	10.2	596.8	12.8	3.82	29.2	3.01
0003/bndf1	141.5	39.8	11.7	13.8	662.0	11.6	3.80	29.2	2.97
bndf-1/0003	137.6	37.0	10.7	14.5	698.6	11.2	3.74	29.3	2.85
0826/bndf1	138.9	42.3	12.6	13.4	577.4	12.0	3.94	27.3	2.71
bndf1/0826	142.7	45.6	11.2	14.1	559.5	12.4	3.87	26.8	2.79

生,少数属于自然突变,鲜有在生产上成功的报道。同样在本研究中,矮秆突变体bndf-1由于株高的限制,本身的生物产量较低,因此直接在生产上利用是不现实的。但矮秆突变体bndf-1与其他亲本的杂种F<sub>1</sub>在株高显著降低的同时,产量却没有明显降低,这主要是有效分支的增加弥补了株高的不足。傅廷栋院士<sup>[15]</sup>指出,矮秆油菜的最佳高度应该是120~130 cm,此高度的油菜既耐肥抗倒,又能保证足够的生物量。因此,针对当前半矮秆资源缺乏的情况下,利用矮源与杂优相结合途径不失为一种可行的方法。本研究中,bndf-1的杂种F<sub>1</sub>皆表现株高降低、株型紧凑,这显著降低了倒伏性,为机械化操作提供了便利条件。根据其株型紧凑的特点,和现有品种的栽培模式相比,还可以通过增加

密度来提升矮化品种的产量潜力。因此,矮秆突变体bndf-1在生产上具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] Islam N, Evans E J. Influence of lodging and nitrogen rate on the yield and yield attributes of oilseed rape (*Brassica napus* L.) [J]. Theor Appl Genet, 1994, 88: 530-534.
- [2] 赵和. 我国大麦育种的矮源分析 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(7): 75-764.
- [3] Hedden P. The genes of the green revolution [J]. Trends Genet, 2003, 19: 5-9.
- [4] Khush G S. Green Revolution: the way forward [J]. Nat Rev Genet, 2001, 2: 815-822.
- [5] Winkler R G., Freeling M. Physiological genetics of the dominant gibberellin-nonresponsive maize dwarfs, *Dwarf8* and *Dwarf9* [J].

- Planta,1994,193:341-348.
- [6] 梅德圣,王汉中,李云昌,等.甘蓝型油菜矮秆突变体材料99CDAM的发现及遗传分析[J].遗传,2006,28(7):851-857.
- [7] Foisset N, Delourme R, Barret P, et al. Molecular tagging of the dwarf BREIZH (Bzh) gene in *Brassica napus* L. [J]. TheorAppl Genet,1995,91:756-761.
- [8] Wang M L, Zhao Y, Chen F, et al. Inheritance and potentials of a mutated dwarfing gene *ndfl* in *Brassica napus*[J]. Plant Breed,2004, 123:449-453
- [9] 浦惠明,戚存扣,傅寿仲.甘蓝型矮秆油菜“矮源1号”鉴定研究初报[J].中国种业,1995,1:23-24.
- [10] 黄天带,吴江生,王令强,等.甘蓝型油菜矮秆突变体及矮秆基因分子标记的研究[J].农业生物技术学报,2006,14(6):942-945
- [11] Zeng X, Zhu L, Chen Y, et al. Identification, fine mapping and characterisation of a dwarf mutant (*bnaC.dwt*) in *Brassica napus*[J]. TheorApplGenet, 2011,122(2):421-428.
- [12] Foisset N, Delourme R, Barret P, et al. Molecular-mapping analysis in *Brassica napus* using isozyme, RAPD and RFLP markers on a doubled-haploid progeny [J]. Theor Appl Genet,1996,93:1017-1025.
- [13] 王茂林.油菜(*Brassica napus* L.)矮秆和无花瓣突变体的创制、遗传及优质杂交油菜选育研究[D].四川:四川大学,2006:26-31
- [14] 浙江农业科学编辑部.农作物田间试验记载项目及标准[M].浙江科学出版社,1983:83-90.
- [15] 傅廷栋.油菜遗传改良与机械化[J].农业技术与装备,2008(5): 10-11.