



# 基于模型法的大豆抗倒伏评价方法研究

王金生, 蒲国锋, 马力, 何雯瑾, 吴俊江

(黑龙江省农业科学院 大豆研究所/农业部大豆栽培重点实验室/黑龙江省大豆栽培重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:** 为了创新大豆抗倒伏鉴定方法, 为简单、快速鉴定大豆机械化生产中的抗倒伏性提供理论基础和技术支持, 本研究以黑龙江省不同生态区主栽的大豆品种为材料, 以大豆花期、结荚期和鼓粒期的茎秆强度、株高、地上部鲜重、地上部干重、地下部鲜重、地下部干重、植株含水量为指标, 设计 6 种多因子抗倒指数, 通过相关性分析探讨大豆抗倒伏最佳鉴定时期及抗倒指数, 并利用通径系数分析各指标对最佳抗倒指数的贡献大小。结果表明: 结荚期检测多因子抗倒指数  $1A[\text{茎秆强度}/(\text{株高} \times \text{地上部鲜重}) \times 100]$  为简单、快速鉴定大豆抗倒伏的最佳技术模型, 抗倒指数  $1A$  为 0.02 以上的材料均表现出很强的抗倒伏能力。通径系数分析表明对大豆抗倒伏性贡献最大的因子为茎秆强度 ( $r=0.831^{**}$ ), 而对大豆易倒伏贡献较大的因子为株高 ( $r=-0.644^{**}$ ) 和地上部鲜重 ( $r=-0.627^{**}$ )。无论从相关程度还是相对效果来看, 茎秆强度对抗倒指数的影响作用都极为明显, 正向直接效应最大 ( $P1 \rightarrow y=0.652$ )。研究确立了快捷评价大豆抗倒伏性的技术模型: 在大豆结荚期检测抗倒指数  $1A[\text{茎秆强度}/(\text{株高} \times \text{地上部鲜重}) \times 100]$ 。抗材倒指数  $1A > 0.02$  的材料抗倒伏能力较强, 茎秆强度对抗倒指数影响作用极大。

**关键词:** 大豆; 倒伏; 抗倒指数; 评价技术

## Study on Lodging Resistance Evaluation Method of Soybean Based on Model Method

WANG Jin-sheng, PU Guo-feng, MA Li, HE Wen-jin, WU Jun-jiang

(Soybean Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Soybean Cultivation of the Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Soybean Cultivation of Heilongjiang Province Heilongjiang, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to innovate the identification method of soybean lodging resistance and provide theoretical basis and technical support for simple and rapid identification of lodging resistance in soybean mechanized production, we used the main soybean varieties cultivated in different ecological areas of Heilongjiang Province as materials, and set up six multifactor resistance index with soybean flowering and podding stage and drum of soybean stem strength, plant height, aboveground fresh weight, aboveground dry weight, underground fresh weight, dry weight, plant water content as indexes. Then we discussed the best identification period and lodging resistance index of soybean through correlation analysis, and analyzed the contribution of each index to the best lodging resistance index by path coefficient. The results showed that the lodging resistance index  $1A[\text{stem strength}/(\text{plant height} \times \text{shoot fresh weight}) \times 100]$  at pod setting stage was the best technical model for simple and rapid identification of lodging resistance, and all the materials with lodging resistance index above 0.02 showed strong lodging resistance. Path coefficient analysis showed that stalk strength was the most important factor contributing to lodging resistance of soybean ( $r=0.831^{**}$ ), while plant height ( $r=-0.644^{**}$ ) and shoot fresh weight ( $r=-0.627^{**}$ ) were the most important factors contributing to lodging susceptibility of soybean. The effect of stem strength on anti-lodging index was very obvious in terms of correlation degree and relative effect, and the direct positive effect was the largest ( $P1 \rightarrow y=0.652$ ). This study established a technical model for fast evaluation of lodging resistance of soybean: Detect the lodging resistance index  $1A[\text{stem strength}/(\text{plant height} \times \text{shoot fresh weight}) \times 100]$  at pod setting stage. The lodging resistance of materials with lodging index  $1A > 0.02$  was stronger, and the stem strength had a great effect on lodging resistance index.

**Keywords:** soybean; lodging; lodging resistance index; evaluation of technology

倒伏是外界风雨等因素引发植株茎秆从自然直立转为永久错位状态的现象。倒伏是大豆生产中一个普遍存在的严重问题, 每年由大豆倒伏所造成的产量损失为 5% ~ 25%<sup>[1]</sup>, 已成为实现大豆高产、稳产和优质的主要限制因素之一<sup>[2-4]</sup>。

倒伏是一个综合而复杂的现象, 内因和根本是作物抗倒伏能力弱, 气候因素、生长条件和栽培措

施等外因也会引发或加重倒伏程度<sup>[5]</sup>。长期以来, 国内外学者对水稻、小麦、大麦、玉米、大豆等作物的抗倒伏性鉴定进行了大量研究, 提出以倒伏相关的形态指标作为抗倒性的间接选择参数, 并建立了一些抗倒伏鉴定评价方法, 主要包括直观评价、单项指标测定和综合指标评价等方法<sup>[6-8]</sup>。评价结果虽然在生产实际中具有一定的代表性, 但方法过于

收稿日期: 2022-07-21

基金项目: 国家重点研发计划(2020YFD1000901-01); 黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX22-14)。

第一作者: 王金生(1981—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事大豆耕作与栽培研究。E-mail: jinshengwang1981@163.com。

通讯作者: 吴俊江(1970—), 男, 博士, 研究员, 主要从事大豆耕作与栽培技术研究。E-mail: nkywuji@126.com。

粗放,信息量有损失,同时受环境因素影响较大,难就品种的真实抗倒性作出科学评价<sup>[9-11]</sup>。另外,把倒伏性这一数量性状当作质量性状对待,存在很大的局限性,仅适用于在自然条件下或人工模拟条件下对材料的初步筛选和品种综合评价。因此,有必要寻找一种不依赖于外界环境的抗倒伏性评价方法<sup>[12]</sup>。

本研究以黑龙江省不同生态区主栽的大豆品种为材料,以大豆花期、结荚期和鼓粒期的茎秆强度、株高、地上部鲜重、地上部干重、地下部鲜重、地下部干重、植株含水量为指标,设计 6 种抗倒指数,通过相关性分析方法确定大豆抗倒伏性最佳鉴定时期及鉴定指数,探讨简单、快速鉴定模型,并根据通径系数分析各指标对鉴定模型的贡献大小。本研究以多性状综合对比方式和数字化形式对大豆抗倒伏性进行评价,有效排除环境对模型拟合度的影响,使得模型更加准确、广适,旨在为促进大豆机械化生产提供理论基础和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为从黑龙江春大豆资源中随机抽取的 44 份春大豆种质。

### 1.2 试验设计

2020—2022 年连续 3 年开展试验,田间试验在黑龙江省农业科学院民主试验园区(哈尔滨)进行。于 5 月初播种全部资源,随机区组排列,2 次重复,3 行区,行长 4.0 m,行距 0.4 m,株距 0.04 m,栽培管理同一般大田。

分别于大豆花期、结荚期和鼓粒期从每小区的第 2 行选择能够代表该小区生长水平的连续 10 株植株进行性状调查,计算平均值。

参照邱丽娟等<sup>[13]</sup>方法进行倒伏性调查,主茎与地面倾斜角度小于 30°为倒伏植株,在成熟期观察并记录每小区倒伏植株占全部植株的比率,根据各材料植株倒伏比率的平均值对田间倒伏情况进行分级:无倒伏为 1 级倒伏性;0 < 倒伏植株比率 < 25% 为 2 级(轻倒);25% < 倒伏植株比率 < 50% 为 3 级(中倒);50% < 倒伏植株比率 < 75% 为 4 级(重倒);倒伏植株比率 > 75% 为 5 级(严重倒伏)。

根据作物倒伏的力学原理<sup>[14-15]</sup>,设计 6 种多因子抗倒伏指数:抗倒指数 1A = 茎秆强度/(株高 × 地上部鲜重) × 100;抗倒指数 1B = 茎秆强度/(株高 × 地上部干重) × 100;抗倒指数 2A = (地下部鲜重 ×

茎秆强度)/(株高 × 地上部鲜重) × 100;抗倒指数 2B = (地下部鲜重 × 茎秆强度)/(株高 × 地上部干重) × 100;抗倒指数 3A = (地下部干重 × 茎秆强度)/(株高 × 地上部鲜重) × 100;抗倒指数 3B = (地下部干重 × 茎秆强度)/(株高 × 地上部干重) × 100。分别以不同大豆生长时期农艺性状测定值计算各抗倒伏指数,并将其分别与田间实际倒伏率进行相关性分析,确定鉴定抗倒伏性最佳农艺性状指数和最适时期。使用最适抗倒指数计算最适鉴定时期各品种的最适抗倒指数值,并与田间倒伏率进行对比分析。将最适抗倒指数与其构成因子进行通径分析,进一步明确影响最适抗倒指数的主要性状。

### 1.3 调查性状及方法

株高:大豆植株子叶节至生长点的有效距离。

茎秆强度:使用植物茎秆强度测定器(MC-S03)测定。用测定器在茎秆距地面 20 cm 处用力缓慢推动茎秆,使茎秆倾斜至与地面角度为 30°,记录此时测定器上显示的测定值。以测定的平均值计算抗倒指数。

地上部鲜重、干重:以子叶节为界,子叶节以上即为地上部分,取样称重(鲜重),立即放入烘箱,105 ℃杀青 30 min,随后 80 ℃烘干至恒重,冷却后称重(干重)。

地下部鲜重、干重:以子叶节为界,子叶节以下即为地下部分,处理及测量方法同上。

植株含水量:植株含水量 = 鲜重 - 干重。

### 1.4 数据分析

利用 SPSS 22.0 软件对各种性状数据进行方差分析、相关性分析及通径分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试材料倒伏率表现

倒伏率调查统计显示:44 份供试材料中,24 份品种无倒伏现象,为 1 级倒伏性,占 54.54%;11 份品种为 2 级倒伏性,占 25.00%;3 份品种为 3 级倒伏性,占 6.81%;3 份品种为 4 级倒伏性,占 6.81%;2 份品种为 5 级倒伏性,占 4.54%。对于不同结荚特性材料的倒伏表现统计发现,无论何种类型结荚习性均存在不同倒伏级别的品种。

### 2.2 抗倒伏综合评价模型建立

2.2.1 关键农艺性状差异显著性分析 对 44 份供试材料在不同生长时期关键农艺性状指标的方差分析结果如表 1 所示:在大豆的花期、结荚期和鼓粒

期,所有农艺性状指标(茎秆强度、株高、地上部鲜重、地上部干重、地下部鲜重、地下部干重、植株含水量)在品种间均表现出极显著差异;各农艺性状

指标在各大豆品种不同生长时期之间同样表现出极显著差异。说明各农艺指标数据可用于大豆抗倒指数经验公式的合理化、科学化建立。

表 1 品种间及生长时期各农艺性状指标方差分析

Table 1 Variance analysis of agronomic traits among varieties as well growth periods

指标 Indicator	品种间 Among varieties			生长时期 Among growth stages
	花期	结荚期	鼓粒期	
	Flowering stage	Podding stage	Seed-filling stage	
茎秆强度 Stem strength	30.32 **	31.25 **	45.60 **	10.354 **
株高 Plant hight	53.44 **	63.27 **	69.63 **	5.522 **
地上部鲜重 Fresh weight above ground	44.56 **	32.57 **	41.31 **	11.896 **
地上部干重 Dry weight above ground	32.63 **	28.36 **	36.57 **	7.178 **
地下部鲜重 Fresh weight of underground part	34.52 **	40.28 **	27.64 **	22.484 **
地下部干重 Underground dry weight	31.36 **	36.47 **	42.85 **	52.984 **
植株含水量 Plant water content	10.23 **	9.68 **	12.35 **	—
地上部含水量 Aboveground water content	—	—	—	8.647 **
地下部含水量 Subsurface water content	—	—	—	5.376 **

注: \* 和 \*\* 分别表示差异达到显著( $P<0.05$ )和极显著( $P<0.01$ )水平。

Note: \* and \*\* represent significant and extremely significant difference at  $P<0.05$  and  $P<0.01$  level, respectively.

2.2.2 抗倒指数确定 相关性分析结果如表 2 所示:不同大豆生长关键时期测定计算获得的各类型抗倒指数中,只有花期计算获得的抗倒指数 2B 与田间实际倒伏率相关程度不高,其它各时期抗倒指数均与田间实际倒伏率呈显著或极显著负相关关系,即抗倒指数越大,田间实际倒伏率就越小。结荚期的抗倒指数 1A 与田间实际倒伏率的相关性最

为密切( $r = -0.489^{**}$ ),表明本研究试验条件下在结荚期以抗倒指数 1A[茎秆强度/(株高×地上部鲜重)×100]作为综合指标评价种质资源抗倒性具有较高的准确性。多因子抗倒指数综合了大豆茎秆物理作用力因子和形态特征因子,能够更加客观和全面地评价大豆抗倒伏性。

表 2 各生长时期各抗倒伏指数与实际倒伏率相关分析

Table 2 Correlation analysis between each lodging resistance index of each growth period and actual lodging rate

抗倒伏指数	花期	结荚期	鼓粒期
Lodging resistance index	Flowering stage	Podding stage	Seed-filling stage
1A	-0.469 **	-0.489 **	-0.406 **
1B	-0.358 *	-0.422 **	-0.414 **
2A	-0.375 *	-0.386 **	-0.303 *
2B	-0.250	-0.312 *	-0.308 *
3A	-0.469 **	-0.487 **	-0.394 **
3B	-0.348 *	-0.428 **	-0.419 **

注: \* 和 \*\* 分别表示  $P<0.05$  和  $P<0.01$  水平存在显著或极显著相关性。

Note: \* and \*\* indicate significant or extremely significant correlations at  $P<0.05$  and  $P<0.01$  levels, respectively.

2.2.3 结荚期抗倒指数 1A 评价大豆种质倒伏性 根据以上分析,且结荚期茎秆发育成熟,茎秆强度高于花期和鼓粒期,进一步以结荚期的多因子抗倒指数 1A 分析材料的抗倒性。44 份供试材料的测

定结果表明,抗倒指数 1A 最小值为 0.009 6,最大值为 0.042 3(表 3)。根据抗倒指数 1A 结合田间实际倒伏率来看,结荚期抗倒指数 1A 为 0.02 以上的材料均表现出很强的抗倒伏能力。

表 3 各品种倒伏率、抗倒指数 1A 及其构成因子

Table 3 Lodging rate, lodging resistance index 1A and their constituent factors of each variety

品种 Variety	倒伏率 Lodging rate/%	抗倒指数 1A Lodging resistance index 1A	茎秆强度 Stem strength	株高 Plant height	地上部鲜重 Fresh weight above ground
齐农 1 号 Qinong 1	0	0.0223	2.073	96.9	96.124
齐农 2 号 Qinong 2	0	0.0224	2.369	82.3	128.456
绥农 26 Suinong 26	25	0.0126	1.516	102.8	117.054
齐农 10 号 Qinong 10	25	0.0117	1.445	98.2	125.682
齐农 5 号 Qinong 5	0	0.0197	2.330	101.9	116.030
齐农 28 号 Qinong 28	40	0.0179	1.545	85.1	101.434
北豆 40 Beidou 40	15	0.0226	2.017	91.9	97.258
齐农 7 号 Qinong 7	15	0.0175	1.983	95.8	118.588
齐农 12 号 Qinong 12	0	0.0273	2.628	95.2	101.122
齐农 3 号 Qinong 3	0	0.0247	2.593	99.9	104.890
齐农 26 号 Qinong 26	0	0.0294	2.227	78.4	96.636
齐农 30 号 Qinong 30	10	0.0253	2.228	91.6	96.254
黑河 33 Heihe 33	0	0.0240	2.193	90.7	100.558
黑河 43 Heihe 43	80	0.0096	1.136	98.9	119.608
黑河 53 Heihe 53	5	0.0221	1.942	94.3	93.126
黑科 58 Heike 58	0	0.0242	2.035	93.7	89.776
黑科 71 Heike 71	0	0.0190	2.065	96.1	112.830
合丰 50 Hefeng 50	0	0.0423	2.469	75.8	77.034
中龙 102 Zhonglong102	0	0.0377	2.741	89.3	81.376
黑农 85 Heinong 85	0	0.0421	2.600	74.8	82.526
黑农 84 Heinong 84	15	0.0220	1.913	90.1	96.522
黑农 69 Heinong 69	0	0.0278	2.991	92.3	116.550
绥农 77 Suinong 77	15	0.0166	1.957	98.6	119.872
黑农 63 Heinong 63	25	0.0153	1.680	100.3	109.370
绥农 62 Suinong 62	0	0.0400	3.217	93.8	85.768
黑农 83 Heinong 83	45	0.0145	1.463	97.0	103.974
绥农 53 Suinong 53	0	0.0177	1.991	96.1	117.356
绥农 52 Suinong 52	0	0.0288	2.182	92.4	81.974
黑河 44 Heihe 44	54	0.0121	1.080	98.5	90.336
黑河 49 Heihe 49	15	0.0191	1.622	92.3	92.058
绥农 69 Suinong 69	0	0.0231	2.068	89.6	100.078
黑科 59 Heike 59	15	0.0149	1.674	106.9	105.142
黑科 69 Heike 69	12.5	0.0120	1.386	95.1	121.888
黑农 80 Heinong 80	0	0.0208	2.009	86.0	112.354
绥农 42 Suinong 42	75	0.0189	1.423	91.0	82.674
黑科 60 Heike 60	0	0.0189	1.913	94.8	106.830
绥农 44 Suinong 44	45	0.0184	1.625	94.2	93.936
绥农 38 Suinong 38	0	0.0158	1.829	99.3	116.472
黑农 88 Heinong 88	0	0.0185	1.787	98.5	97.998
黑农 82 Heinong 82	0.05	0.0156	1.680	94.3	114.384
黑农 81 Heinong 81	0	0.0225	1.767	96.8	81.124
绥农 47 Suinong 47	0	0.0184	1.827	89.1	111.670
黑农 71 Heinong 71	0	0.0230	1.753	92.3	82.754
绥农 41 Suinong 41	0.05	0.0177	1.661	89.5	104.766



2.3 抗倒指数 A1 构成因子的影响分析

通径分析结果如表 4 所示,对大豆抗倒伏贡献最大的因子为茎秆强度( $r=0.831^{**}$ ),而对大豆易倒伏贡献较大的因子为株高( $r=-0.644^{**}$ )和地上部鲜重( $r=-0.627^{**}$ )。茎秆强度对抗倒指数的影响无论从相关程度和相对效果来看,作用都极为明显,正向直接效应最大( $P1\rightarrow y=0.652$ ),茎秆强度每增加 1 个单位,可使抗倒指数平均提高 0.652 个标准单位,并且通过株高和地上部鲜重对

抗倒指数也产生较大的间接正效应( $X2-y=0.137$ 、 $X3-y=0.058$ ),3 个效应共同作用使茎秆强度与抗倒指数 A1 表现为极显著相关( $r=0.831^{**}$ ),即茎秆强度越大,品种抗倒指数 A1 越大,品种抗倒伏性越强。株高和地上部鲜重均与抗倒指数存在直接负效应( $X2-y=-0.390$ 、 $X3-y=-0.274$ ),并且通过其它构成因子产生一定间接负效应,效应累加,从而导致其与抗倒指数均存在极显著负相关。

表 4 抗倒指数与其构成因子的通径系数

Table 4 Path coefficients of lodging resistance index and its constituent factors

项目 Item	X1-y	X2-y	X3-y	riy
茎秆强度(X1) Stalk strength (X1)	0.652	0.137	0.058	0.831**
株高(X2) Plant height (X2)	-0.230	-0.390	-0.098	-0.644**
地上部鲜重(X3) Fresh weight above ground (X3)	-0.138	-0.140	-0.274	-0.627**

3 讨论

本研究各处理均按照行长 4.0 m、行距 0.4 m、株距 0.04 m 种植,相比各类主推栽培技术,播种密度略大,主要是为了创造资源易倒伏的环境,易于凸显评价性状特征,进而有效确立抗倒伏评价指标。

从本研究结果中不难看出,各目标性状在不同材料之间均有差异,在未发生倒伏现象时很难根据某个单一性状进行抗倒伏性评价。株高一般作为植株易倒伏性鉴定的经验性状,但有时并不准确,有些较矮的植株也易发生倒伏现象。相关研究根据作物倒伏力学原理以及植株地上部生长性状与地下部生长性状的相关性提出综合指标—抗倒指数,来评价大豆倒伏抗性,经验证其与大豆种质的实际倒伏程度具较高的一致性,能够正确反映大豆种质之间的差异,适合作为评价大豆种质抗倒伏能力的指标<sup>[14-15]</sup>。从本研究构建的评价模型参数来看,确与其它相关研究<sup>[16-17]</sup>存在一定相似性,但对比以往构建的倒伏性评价模型,参数数量较少,计算评价更为简单明了。

通径分析结果可以显示不同形态性状对于抗倒指数的相对重要性。本研究通径分析中株高和地上部鲜重参数与抗倒指数的相关系数被弱化,直接通径系数与相关系数的作用相反,但茎秆强度对抗倒伏能力的贡献仍然是最大的,与以往相关研究存在一致性,也充分表明茎秆强度是鉴定评价大豆抗倒伏能力最重要的参数指标。

另外,一些研究认为地上部鲜重比干重更合适

评价植株倒伏性<sup>[15-16]</sup>,本研究结果与之相同,但有一些研究认为植株生长期茎秆强度较小,茎秆尚未完全发育成熟,不宜利用鲜重作为评价指标参数,而以干重作指标的评价结果与倒伏的相关性更为密切。该争论可能因不同研究者选用的试验材料不同及研究手段有别导致,有待在今后的研究中加以深入探讨。

4 结论

通过对 6 种抗倒指数与倒伏率的相关分析确定在结荚期计算多因子抗倒指数 1A[茎秆强度/(株高×地上部鲜重)×100]为简单快速评价大豆材料抗倒伏性的最佳技术模型,抗倒指数为 0.02 以上的大豆材料均表现出很强的抗倒伏能力。茎秆强度对抗倒指数的影响作用最明显。

参考文献

[1] 周蓉,沙爱华,张晓娟,等.大豆种质的倒伏性调查及其相关农艺性状分析[J].大豆科学,2007,26(4):484-489. (ZHOU R, SHA A H, ZHANG X J, et al. Analysis of lodging and some related agronomic characters in soybean[J]. Soybean Science, 2007, 26(4): 484-489.)

[2] COOPER R L. Development of short-statured soybean cultivars[J]. Crop Science, 1981, 21: 127-131.

[3] ALLIPRANDINI L F, VELLO N A. Heritability and correlations among traits in four-way soybean crosses[J]. Euphytica, 2004, 136: 81-91.

[4] WILCOX J R, SEDIYAMA T. Interrelationships among height, lodging and yield in determinate and indeterminate soybeans[J].

Euphytica, 1981, 30: 323-326.

[5] 周蓉,周新安. 大豆倒伏性及其相关性状的 QTL 分析[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 57-65. (ZHOU R, ZHOU X A. QTL analysis of lodging and related traits in soybean [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(1): 57-65.)

[6] 马均, 马文波, 田彦华, 等. 重穗型水稻植株抗倒伏能力研究[J]. 作物学报, 2004, 30(2): 143-148. (MA J, MA W B, TIAN Y H, et al. The culm lodging resistance of heavy panicle type of rice [J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(2): 143-148.)

[7] 王莹, 杜建林. 大麦根倒伏抗性评价方法及其倒伏系数的通径分析[J]. 作物学报, 2001, 27(6): 941-945. (WANG Y, DU J L. Evaluation method of root lodging resistance and its path analysis in barley[J]. Acta Agronomica Sinica, 2001, 27(6): 941-945.)

[8] 蒲定福, 周俊儒, 李邦发, 等. 根倒伏小麦抗倒性评价方法研究[J]. 西北农业学报, 2000, 9(1): 58-61. (PU D F, ZHOU J R, LI B F, et al. Evaluation method of root lodging resistance in wheat[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2000, 9(1): 58-61.)

[9] FERNANDO D S, MACKAY T F C. Introduction to quantitative genetics[M]. 4th ed. London: Longman Press, 1999: 106-107.

[10] BRADY J. Some factors influencing lodging in cereals[J]. The Journal of Agricultural Science, 1934, 24: 209-231.

[11] 谢甫绶, 董钻, 王晓光, 等. 大豆倒伏对植株性状和产量的影响[J]. 大豆科学, 1993, 12(1): 81-85. (XIE F T, DONG Z, WANG X G, et al. Effect of lodging on soybean yield formation [J]. Soybean Science, 1993, 12(1): 81-85.)

[12] INOUE M, GAO Z S, CAI H W. QTL analysis of lodging resistance and related traits in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2004, 109: 1576-1585.

[13] 邱丽娟, 常汝镇, 刘章熊, 等. 大豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006. (QIU L J, CHANG R Z, LIU Z X, et al. Specification and data standard for soybean germplasm resources[M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2006.)

[14] 王勇, 李晴棋. 小麦品种抗倒性评价方法研究[J]. 华北农业科学, 1995, 10(3): 84-88. (WANG Y, LI Q Q. Evaluation method of stem lodging resistance in wheat[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1995, 10(3): 84-88.)

[15] 莱利 J. 小麦育种理论与实践[M]. 庄巧生, 杨作民, 译. 北京: 农业出版社, 1982: 111-123. (LELLOEY J. Theory and practice of wheat breeding[M]. Translated by ZHUANG Q S, YANG Z M. Beijing: Agriculture Press, 1982: 111-123.)

[16] 王莹, 杜建林. 大麦根倒伏抗性评价方法及其倒伏系数的通径分析[J]. 作物学报, 2001, 27(6): 941-945. (WANG Y, DU J L. Evaluation method of root lodging resistance and its path analysis in barley[J]. Acta Agronomica Sinica, 2001, 27(6): 941-945.)

[17] MENCHEY E K, AYCOCK JR M K. Anther-derived dihaploids for lodging improvement in tobacco[J]. Crop Science, 1998, 38: 698-701.

欢迎订阅 2023 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管、主办的大豆专业性学术期刊,被国内外多家重要数据库收录的核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》为双月刊,16 开本,国内外公开发行。国内每期定价:40.00 元,全年 240.00 元,邮发代号:14-95。国外每期定价:40.00 美元(含邮资),全年 240.00 美元,国外邮发代号:Q5587。全国各地邮局均可订阅。

地 址: 哈尔滨市松北区创新三路 800 号  
邮 编: 150023  
电 话: 0451-51522862  
网 址: <http://ddkx.haasep.cn>  
E-mail: [soybeanscience@vip.163.com](mailto:soybeanscience@vip.163.com)

