

## 研究报告

### Research Report

# 套作大豆苗期抗倒伏性评价方法研究

刘卫国 邓榆川 方萍 邹俊林 杨文钰\*

四川农业大学农学院农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室,成都,611130

\* 通讯作者, mssiyang@sicau.edu.cn

**摘要** 在玉米大豆套作模式中,苗期倒伏严重影响大豆产量。为建立套作大豆苗期抗倒伏性评价方法,本研究以30个大豆品种(品系)为材料,对抗倒评价指标和方法进行筛选。结果表明,在套作下,供试的30个大豆材料在播种后35d即发生不同程度的倒伏,倒伏率38.46%~86.23%,品种间差异显著,通常用于评价净作大豆抗倒性的重力矩与套作大豆苗期实际倒伏率相关性不显著,不能用于评价其抗倒能力;而由植株主茎长、茎粗、茎秆抗折力和地上部生物量4个因子组成的抗倒伏指数 $[(\text{茎秆抗折力} \times \text{茎粗}) / (\text{地上部干重} \times \text{主茎长})]$ ,与套作大豆苗期实际倒伏率相关系数最大( $r = -0.946$ ),能够准确反映其抗倒性差异,适合于评价套作大豆苗期的抗倒伏能力。通径分析结果表明,以上组成因子对抗倒伏指数作用由大到小(绝对值)依次为抗折力>主茎长>地上部干重>茎粗,说明要提高套作大豆的抗倒性,应该首选茎秆强度大、主茎短的大豆品种。本研究为套作大豆的苗期抗性评价提供了有效方法,对大豆抗倒伏育种以及评价品种间的抗倒性具有指导意义。

**关键词** 大豆,套作,倒伏,抗倒伏,评价方法

## Study on Evaluation Method for Lodging Resistance of the Intercropping Soybean at Seedling Stage

Liu Weiguo Deng Yuchuan Fang Ping Zou Junlin Yang Wenyu\*

College of Agronomy of the Ministry of Agriculture Crop Physiological Ecology and Cultivation key Laboratory of Southwest, Chengdu, 611130

\* Corresponding author, mssiyang@sicau.edu.cn

DOI: 10.13271/j.mpb.014.000773

**Abstract** In the maize-soybean intercropping, the yield of soybean was affected by lodging at seedling stage. In order to establish a method of judging and evaluating lodging resistance in the intercropping system, thirty varieties were used to screen lodging resistant index. Results showed that, under the intercropping system, lodging of all the thirty soybean varieties occurred at 35 days after sowing at different degrees. The lodging rate was 38.46%~86.23% and there were significant differences among different varieties. The gravitational torque, which was used to evaluate the lodging resistance of sole planting soybean, was not related with the actual lodging rate of intercropping soybean. Thus, it was unsuitable for evaluating the lodging resistance of intercropping soybean. The comprehensive evaluation system  $[(\text{snapping resistance} \times \text{stem diameter}) / (\text{above-ground dry weight} \times \text{main stem length})]$  was negatively correlated ( $r = -0.946$ ) with actual lodging rate at 35 days after sowing. Therefore, it was suitable for the evaluation of lodging resistance of intercropping soybean. Path analysis showed that, the order of correlation coefficient (absolute value) among above four composition factors and lodging resistant index was snapping resistance>main stem length>aboveground dry weight>stem diameter, representing that the soybean varieties with high stem strength and short main stem should be chosen in priority in order to improve lodging resistance. These research would provide an effective evaluation method for intercropping soybean lodging at seedling, and would be the guiding significance for soybean lodging breeding and lodging evaluation among different soybean varieties.

**Keywords** Soybean, Intercropping, Lodging, Lodging resistance, Evaluation method

基金项目 本研究由国家自然科学基金(31201170)、国家重点基础研究发展计划(2011CB100402)和四川省育种攻关项目(2011N-20098-4)共同资助

大豆(*Glycine max*)是重要油粮作物和高蛋白饲料作物。近年来,在进口转基因大豆的冲击下,我国北方主产区的大豆种植面积减少、产量降低,严重威胁我国粮油安全(肖琴等, 2015; 张庆柱和张彩霞等, 2015)。在此形势下,以玉米-大豆套作种植为代表的南方间作套种大豆得到快速发展,在保证玉米产量和面积的同时,提高了复种指数和耕地利用效率,对缓解大豆供需矛盾、保障国家粮油安全,具有重要作用(杨文钰等, 2008; 周新安等, 2010 大豆科技, (3): 1-2)。

苗期倒伏是制约套作,大豆高产稳产的重要因素之一(Liu et al., 2015)。研究发现,在玉米-大豆套作模式中,大豆苗期遭受高位作物玉米不同程度的遮荫,光照不足,生长发育受到抑制,植株茎秆纤细柔弱,节间伸长、变细,由直立型变为半直立型或蔓生型,从而倒伏,影响大豆产量(刘卫国等, 2011; 吴其林等, 2007)。但也研究表明,同样是在玉米-大豆套作荫蔽环境下,不同基因型大豆由于节间强度(邹俊林等, 2015)和伸长程度的不同(罗玲等, 2015),最终表现出不同的耐荫抗倒特性。因此,选择苗期耐荫抗倒伏品种是解决倒伏问题的有效措施。

准确鉴定和评价苗期抗倒性可为大豆耐荫抗倒遗传规律研究和套作专用大豆品种选育提供基础。目前,国内大豆科研工作者对大豆抗倒伏性已有较深入的研究,建立了比较完善的大豆生长后期倒伏评价方法,包括田间直观评价法和综合指标评价方法(如鲜重力矩,干重力矩,抗倒伏指数)(周蓉等, 2007; 黄中文等, 2008),但这些评价方法都是基于单作栽培环境,而并没有在套作栽培环境下对大豆苗期抗倒性进行鉴定。因此,研究套作大豆苗期抗倒性相关指标,选择适合于套作环境下的抗倒伏评价方法具有十分重要的作用。

本研究通过对 30 个大豆材料在套作条件下的苗期茎秆性状进行研究,筛选出适合于套作大豆抗倒伏性的综合评价指标,并对 130 个大豆材料进行

抗倒伏性分析。

## 1 结果与分析

### 1.1 套作大豆苗期茎秆形态特征

与玉米共生期间,供试的 30 个大豆材料苗期均发生不同程度倒伏,在大豆播种后 35 d 和 50 d (玉米收获,共生期结束)时,品种间倒伏率差异均达到极显著水平(表 1)。对试验材料形态性状的方差分析结果表明,植株的自然株高、主茎长、第一节间长、平均节间长、地上部生物量(鲜重和干重)、茎粗、茎重(鲜重和干重)、抗折力等性状,各参试品种(品系)间差异均达到极显著水平。

### 1.2 套作大豆苗期抗倒伏评价方法筛选

试验采用现有单作模式下的重力矩和抗倒伏指数 2 个评价方法及在此基础上,根据套作大豆苗期藤蔓化倒伏特征,改进设计的 4 种评价方法,对套作大豆播种后 35 d 和 50 d 两个时期的抗倒伏进行评价,结果表明,同一大豆材料在不同时期的评价价值不同,其中重力矩和弯曲重力矩在播种后 35 d 时评价价值低于 50 d,抗倒伏指数 ~ 在播种后 35 d 评价价值高于 50 d,这是由于植株不断生长发育,其主茎长和地上部生物量增长迅速而茎粗和茎秆抗折力增长相对缓慢造成的。将计算的 6 种评价指标分别与实际倒伏率进行相关性分析,结果表明,无论在播种后 35 d 还是 50 d,重力矩与实际倒伏程度呈不显著的正相关关系,弯曲重力矩与实际倒伏程度呈极显著正相关关系,抗倒伏指数 ~ 与实际倒伏程度呈极显著负相关关系(表 2),说明弯曲重力矩越大或抗倒伏指数越小,大豆实际倒伏程度越严重。对 6 种评价指标与倒伏程度的相关系数比较发现,以播种后 35 d 时的抗倒伏指数 (地上部生物量采用干重)与实际倒伏程度的相关性最密切( $r=-0.946^{**}$ ),表明在套作模式下用播种后 35 d 时测定的抗倒伏指数作为大豆

表 1 套作大豆苗期茎秆形态性状方差分析的 F 值

Table 1 F values in ANOVA of morphological characters of intercropped soybean stem

时期	自然株高	主茎长	第一节间长	平均节间长	茎粗	抗折力	茎鲜重	茎干重	地上部鲜重	地上部干重	倒伏率
Stage	NPH	LMS	LFI	ALI	DS	SR	FWS	DWS	FWAGB	DWAGB	ALP
播种后 35 d	12.520**	44.308**	3.669**	7.574**	3.804**	11.292**	6.624**	7.069**	27.824**	6.818**	7.133**
35 d after sowing											
播种后 50 d	18.236**	18.232**	3.746**	9.067**	4.203**	5.080**	16.863**	16.402**	82.790**	7.059**	6.214**
50 d after sowing											

注: \* 和 \*\* 分别代表 0.05 和 0.01 显著水平

Note: \* and \*\* represents significant different at 0.05 and 0.01 levels, respectively, The same as below

表 2 不同抗倒伏评价指标与倒伏率的相关性

Table 2 Correlation coefficient between the index of lodging resistance from different types and actual lodging percentage

时期		重力矩	弯曲重力矩	抗倒伏指数	抗倒伏指数	抗倒伏指数	抗倒伏指数
Stage		WT	BWT	LRI	LRI	LRI	LRI
播种后 35 d	FW	0.299	0.593**	-0.843**	-0.810**	-0.909**	-0.850**
35 d after sowing	DW	0.414	0.528**	-0.891**	-0.824**	-0.946**	-0.866**
播种后 50 d	FW	0.311	0.500**	-0.772**	-0.745**	-0.779**	-0.724**
50 d after sowing	DW	0.207	0.429**	-0.746**	-0.719**	-0.765**	-0.705**

注: FW: 鲜重; DW: 干重

Note: FW: Fresh weight; DW: Dry weight

抗倒伏综合评价指标,评价其抗倒伏性能具有较高的准确性。

### 1.3 套作大豆抗倒伏性能的评价

根据上述结果分析,以播种后 35d 时大豆植株茎秆主茎长、茎粗、地上部生物量及茎秆抗折力为因子的抗倒伏指数(即抗倒伏指数)分析试验材料的抗倒伏能力。结果表明,30 个试验材料中抗倒伏指数最大值为 0.787 4,最小值为 0.108 9(表 3),且不同大豆品种的抗倒伏指数差异达到极显著水平( $F=13.338, P=0.000$ )。根据抗倒伏指数的大小,可以将参试材料的抗倒性分为高、中、低 3 等,其中抗倒性高(抗倒伏指数 $\geq 0.60$ )的材料有 4 个,抗倒性中等(抗倒伏指数 0.30~0.60)的材料有 16 个,抗倒性低(抗倒伏指数 $\leq 0.30$ )的材料有 10 个。进一步分析表明,抗倒伏指数低(0.108 9~0.286 5)的 10 个材料田间实际倒伏率(71.74%~86.23%)高,其主茎较长,茎秆抗折力较小,基本上全表现为严重倒伏;而抗倒伏指数高(0.660 5~0.787 4)的 4 个材料与之相反,田间实际倒伏率(38.46%~48.94%)低,主茎较短,茎秆抗折力较大,表现为中倒,抗倒伏能力较强,抗倒伏指数居中(0.3204~0.5762)的材料田间实际倒伏率(53.41%~74.41%)较高,表现为重倒,抗倒伏能力一般。说明以主茎长、茎粗、地上部生物量及茎秆抗折力为因子的抗倒伏指数能够准确反应和评价套作大豆的抗倒伏能力。

### 1.4 抗倒伏指数对其组成因子的作用

将筛选获得的抗倒伏指数与其组成因子(包括主茎长、茎粗、茎秆抗折力和地上部干重)进行相关性分析和通径分析。结果表明,各组成因子对抗倒伏指数作用由大到小(绝对值)依次为抗折力>主茎长>地上部干重>茎粗(表 4)。抗折力与抗倒伏指数的相关系数最大( $r_{3y}=0.855$ ),直接通径系数亦最大( $Py_3=$

0.683),且都达到极显著水平,当抗折力增加一个标准单位,抗倒伏指数相应增加 0.683 个标准单位;此外,还受到主茎长和茎粗对抗倒伏指数的间接正效应及地上部干重的间接负向效应,但共同作用使抗折力与抗倒伏指数仍表现为极显著正相关,即抗折力越大,抗倒伏指数越大。主茎长与抗倒伏指数和直接通径系数( $Py_1=-0.377$ )达到极显著水平,同时主茎长通过抗折力对抗倒伏指数有较大的间接负向效应( $P_{13y}=-0.377$ ),因此主茎长与抗倒伏指数的相关系数( $r_{1y}=-0.807$ )较大,呈极显著负相关关系。茎粗与抗倒伏指数的直接通径系数( $Py_2=0.156$ )达到显著水平,与抗倒伏指数的相关系数( $r_{2y}=0.720$ )达到极显著水平,这是由于茎粗除了通过地上部干重对抗倒伏指数的间接负向作用外,还通过主茎长和抗折力对抗倒伏指数的间接正向作用,且通过抗折力的间接通径系数( $P_{23y}=0.564$ )是所有间接通径系数中最大者,高出茎粗本身的直接通径系数 0.408,表明通过抗折力的间接评价更能说明茎粗本身对抗倒伏能力的作用。地上部干重与抗倒伏指数相关系数( $r_{4y}=0.115$ )呈不显著的正相关关系,而与抗倒伏指数有显著的负向直接效应( $Py_4=-0.332$ ),两个系数相互矛盾,这是由于通过主茎长、茎粗和抗折力均有间接正向效应,且通过抗折力的间接正向效应较大( $P_{43y}=0.339$ ),使得地上部干重对抗倒伏指数的负向效应被掩盖并表现为正相关,说明地上部生物量对抗倒伏指数的作用不稳定。因此,不能仅用地上部生物量作为套作大豆苗期抗倒性评价指标,必须与其它性状结合才能得到准确可靠结果。

## 2 讨论

套作大豆与单作大豆通常发生的根倒伏或茎倒伏最大的不同在于,前者在苗期受到玉米的荫蔽作用,茎秆过度伸长,发生藤蔓化等避荫性反应,从而导致大豆发生倒伏。有研究认为,以茎秆机械强度与

表3 试验材料的抗倒伏指数及其组成因子

Table 3 Lodging resistance index and its components of the test materials

材料名称	主茎长(cm)	茎粗(mm)	抗折力(N)	地上部干重(g)	抗倒伏指数	倒伏率(%)	倒伏级别
Materials name	LMS (cm)	DS (mm)	SR (N)	DWAGB (g)	LRI	ALP (%)	Lodging score
南豆 12	53.91	2.73	28.32	1.82	0.787 4	41.78	3
Nandou12							
八月黄	56.36	2.71	31.47	1.98	0.765 9	45.94	3
Bayuehang							
贡选 1 号	52.62	2.79	28.55	1.98	0.763 7	38.46	3
Gongxuan1							
小黄豆	60.80	2.83	30.52	2.15	0.660 5	48.94	3
Xiaohuangdou							
简阳九月黄 -2	47.33	2.35	19.85	1.71	0.576 2	55.41	4
Jiayangjiuyuehang-2							
牛佛大豆	55.41	2.59	24.63	2.01	0.572 8	53.41	4
Niufudadou							
简阳绿皮豆	58.74	2.74	22.16	1.98	0.521 9	59.88	4
Jiyanlvpidou							
九月黄	67.43	2.38	23.60	1.62	0.515 7	58.65	4
Jiuyuehang							
铅山乌豆	70.14	2.46	23.75	1.69	0.492 5	63.24	4
Qianshanwudou							
雅安黑豆	63.41	2.46	23.58	1.88	0.486 6	66.54	4
Yananhedou							
平武大豆 -2	48.33	1.78	16.13	1.26	0.474 1	64.46	4
Pingwudadou-2							
南 256-1	72.33	2.48	20.93	1.56	0.460 7	67.41	4
Nan256-1							
南豆 021-1	69.98	2.32	21.68	1.57	0.458 9	67.87	4
Nandou021-1							
特选 13	68.84	2.52	18.17	1.47	0.452 0	65.69	4
Texuan13							
贡秋豆 04-2	71.99	2.30	22.38	1.74	0.410 7	71.38	4
Gongqiedou04-2							
永胜黑大豆	71.43	1.92	16.31	1.25	0.350 6	72.41	4
Yongshenghedadou							
青豆 1 号	71.22	2.49	24.20	2.44	0.346 7	69.98	4
Qingdou1							
大黄珠	86.13	2.26	17.88	1.40	0.335 1	62.55	4
Dahuangzhu							
桂夏 3 号	84.50	2.26	16.22	1.35	0.321 1	74.41	4
Guixia3							
大圆豆	85.53	2.18	15.98	1.27	0.320 4	72.39	4
Dayuandou							
贡豆 2 号	58.99	2.63	18.06	2.81	0.286 5	76.25	5
Gongdou2							
蒙庆 6 号	82.20	2.27	15.47	1.51	0.282 5	71.74	4
Mengqing6							
广 15	88.56	2.25	15.63	1.41	0.281 8	75.44	5
Guang15							

续表 3

Continued table 3

材料名称	主茎长(cm)	茎粗(mm)	抗折力(N)	地上部干重(g)	抗倒伏指数	倒伏率(%)	倒伏级别
Materials name	LMS (cm)	DS (mm)	SR (N)	DWAGB (g)	LRI	ALP (%)	Lodging score
菜豆 kidney bean	83.03	2.26	15.50	1.51	0.279 4	77.44	5
南 032-4 Nan032-4	80.15	1.93	15.13	1.41	0.257 6	79.14	5
白毛八月黄 Baimaobayuehuang	85.44	1.91	18.17	1.91	0.212 6	76.41	5
达州 1 号 Dazhou1	71.33	1.57	10.53	1.14	0.203 3	80.14	5
建德白毛豆 1 号 Jiandebaimaidou1	101.35	2.53	21.35	2.77	0.192 4	84.03	5
紫花豆 Zihuadou	80.99	1.71	12.65	1.48	0.180 4	78.81	5
小白毛 Xiaobaimao	108.74	1.68	14.66	2.08	0.108 9	86.23	5

表 4 抗倒伏指数与其组成因子的通径分析

Table 4 The path analysis of lodging resistance index and its components in soybean

指标	<i>riy</i>	直接	通过 x1	通过 x2	通过 x3	通过 x4
Index		Direct	Indirect x1	Indirect x2	Indirect x3	Indirect x4
主茎长(x1) LMS (x1)	-0.807**	-0.377**		-0.074	-0.377	0.021
茎粗(x2) DS (x2)	0.720**	0.156*	0.179		0.564	-0.179
抗折力(x3) SR (x3)	0.855**	0.683**	0.208	0.129		-0.165
地上部干重(x4) DWAGB (x4)	0.115	-0.332**	0.024	0.084	0.339	

重心高度的比值作为抗倒伏指数能够评价大豆的抗倒伏能力(向达兵等, 2010)。但是, 在试验过程中发现, 由于苗期茎秆藤蔓化发生严重, 主茎不规则弯曲, 植株常常匍匐或相互缠绕, 导致重心高度难以准确测定且无合理的生物学意义。因此, 本试验选用适用于单作大豆的 2 种抗倒伏综合评价指标并在此基础上改进设计的 4 种抗倒伏评价指标, 经鉴定后, 从中筛选出以主茎长、茎粗、抗折力和植株地上部生物量为组成因子的抗倒伏指数, 用以评价套作大豆苗期的抗倒伏性能。通过与大豆实际倒伏率倒伏程度相比较, 表现出较高的一致性, 说明该抗倒伏指数适合于评价套作大豆苗期抗倒伏性能。此外, 适用于单作大豆倒伏的评价指标“倒伏势”(重力矩=主茎长×地上部鲜重)不再适用于套作大豆苗期的抗倒伏能力评价, 但弯曲重力矩与抗倒伏能力呈显著负相关关系,

一定程度上反映植株抗倒伏能力。采用弯曲重力矩(鲜重)只需测定植株自然株高、主茎长和地上部生物量, 测定简单方便, 因此, 可将弯曲重力矩(鲜重)作为大田快速评估套作大豆抗倒伏能力的一种方法。

### 3 材料与方法

#### 3.1 试验材料

2012-2013 年, 在四川农业大学雅安教学科研园区进行田间试验。采用 30 个大豆材料(表 3) 在玉米大豆套作种植条件下, 对其苗期抗倒伏性评价方法进行研究。玉米大豆套作种植按照农业部颁布的玉米-大豆带状复合种植技术规程进行, 玉米选用西南地区生产上大面积推广的半紧凑型品种川单 418, 宽窄行带状种植, 3 月 28 日播种, 窄行行距 40 cm, 宽行行距 160 cm, 穴距 35 cm, 每穴 2 株; 大豆 6 月 12

日播于玉米宽行内,每带种2行,行长6m,行距50cm,穴距10cm,与玉米行间距55cm,每穴定苗1株,重复3次,其他栽培管理方式同大田生产。

### 3.2 测定项目与方法

#### 3.2.1 倒伏情况调查

套作大豆抗倒伏性评价方法研究分别于大豆播种后35d和50d(玉米收获,共生期结束)调查大豆田间倒伏情况,其方法参照邱丽娟等(2006)和Liu等(2015)方法,记录每小区倒伏植株占该小区全部植株的比率。倒伏植株判定标准,满足以下条件之一:(1)主茎与地面倾斜角度小于 $30^\circ$ ;(2)顶部2个或2个以上节间出现弯曲或缠绕。植株倒伏程度分为以下5个等级:1级(小区植株无倒伏植株);2级(轻倒,倒伏植株 $\leq 25\%$ );3级(中倒,25% $<$ 倒伏植株比率 $\leq 50\%$ );4级(重倒,50% $<$ 倒伏植株比率 $\leq 75\%$ );5级(严重倒伏,倒伏植株比率 $> 75\%$ )。

#### 3.2.2 茎秆性状的测定

与田间倒伏情况调查同期,选择各小区具有代表性的大豆植株3株,用于测定自然株高、主茎长、节间长、茎粗、节间数等茎秆性状和地上部鲜重、干重。以植株茎秆的最大抗折力作为衡量茎秆机械强度的标准,采用数字茎秆强度仪(YXD-1型,浙江托普仪器有限公司)进行测定。分别将第一节间的两端放于支撑架凹槽内,两支撑点的距离为5cm,缓慢向下压,直到茎秆折断为止,此时读出的数值即为茎秆抗折力。

#### 3.2.3 抗倒伏性指标的筛选

根据大豆倒伏的力学原理,参照周蓉等[7]、黄中文等[8]抗倒伏性指标建立方法,设计以下6种类型的抗倒伏评价指标:(1)重力矩=地上部生物量 $\times$ 主茎长;(2)弯曲重力矩=重力矩 $\times$ 主茎弯曲度,其中主茎弯曲度=主茎长/自然株高[10];(3)抗倒伏指数=茎秆抗折力/重力矩;(4)抗倒伏指数=茎秆抗折力/弯曲重力矩;(5)抗倒伏指数=(茎秆抗折力 $\times$ 茎粗)/重力矩;(6)抗倒伏指数=(茎秆抗折力 $\times$ 茎粗)/弯曲重力矩。其中(1)、(3)为现有净作大豆抗倒伏性评价指标,(2)、(4)、(5)、(6)为在此基础上进行改进后的评价指标。

### 3.3 数据分析

用Microsoft Excel 2007软件整理数据,SPSS 17.0软件分析数据,采用Duncan氏新复极差(SSR)法进行显著性检验。2012年-2013年的试验结果基本

一致,本研究使用2012年的数据进行分析。

### 作者贡献

刘卫国是本研究的试验设计和研究的执行人,完成论文的初稿写作;邓榆川、方萍和邹俊林参与研究和结果分析;杨文钰是项目的负责人及构思者,指导试验设计,论文写作。全体作者都阅读并同意最终的文本。

### 致谢

本研究由国家自然科学基金(31201170)、国家重点基础研究发展计划(2011CB100402)和四川省育种攻关项目(2011N20098-4)共同资助。

### 参考文献

- Huang Z.W., Zhao T.J., Yu D.Y., Chen S.Y., and Gai J.Y., 2008, Lodging resistance indices and related qtls in soybean, *Zuowu Xuebao (Acta Agronomica Sinica)*, 34(4): 605-611 (黄中文, 赵团结, 喻德跃, 陈受宜, 盖钧镒, 2008, 大豆抗倒伏性的评价指标及其QTL分析, *作物学报*, 34(4): 605-611)
- Liu W.G., Jiang T., She Y.H., Yang F., and Yang W.Y., 2011, Preliminary study on physiological response mechanism of soybean (*Glycine max*) stem to shade stress at seedling stage, *Zhongguo Youliao Zuowu Xuebao (Chinese Journal of Oil Crop Sciences)*, 33(2): 141-146 (刘卫国, 蒋涛, 余跃辉, 杨峰, 杨文钰, 2011, 大豆苗期茎秆对荫蔽胁迫响应的生理机制初探, *中国油料作物学报*, 33(2): 141-146)
- Liu W.G., Zou J.L., Zhang J., Yang F., Wan Y., and Yang W.Y., 2015, Evaluation of soybean (*Glycine max*) stem vining in maize-soybean relay strip intercropping system, *Plant Production Science*, 18(1): 69-75
- Luo L., Yu X.B., Wan Y., Jiang T., Du J.B., Zou J.L., Yang W.Y., and Liu W.G., 2015, The relationship between lodging and stem endogenous gibberellins metabolism pathway of relay intercropping soybean at seedling stage, *Zhongguo Nongye Kexue (Scientia Agricultura Sinica)*, 48(13): 2528-2537 (罗玲, 于晓波, 万燕, 蒋涛, 杜俊波, 邹俊林, 杨文钰, 刘卫国, 2015, 套作大豆苗期倒伏与茎秆内源赤霉素代谢的关系, *中国农业科学*, 48(13): 2528-2537)
- Qiu L.J., Chang R.Z., and Liu Z.X., eds., 2006, Descriptors and data standard for soybean (*Glycine Spp.*), China Agriculture Press, Beijing, China, pp.21 (邱丽娟, 常汝镇, 刘章雄, 编著, 2006, 大豆种质资源描述规范和数据标准, 中国农业出版社, 中国, 北京, pp.21)
- Wu Q.L., Wang Z., and Yang W.Y., 2007, Seedling shading affects morphogenesis and substance accumulation of stem in

- soybean, *Dadou Kexue (Soybean Science)*, 26(6): 868-872 (吴其林, 王竹, 杨文钰, 2007, 苗期遮荫对大豆茎秆形态和物质积累的影响, *大豆科学*, 26(6): 868-872)
- Xiang D.B., Guo K., Lei T., Yu X.B., Luo Q.M., and Yang W.Y., 2010, Effects of phosphorus and potassium on stem characteristics and lodging resistance of relay cropping soybean, *Zhongguo Youliao Zuowu Xuebao (Chinese Journal of Oil Crop Sciences)*, 32(3): 395-402 (向达兵, 郭凯, 雷婷, 于晓波, 罗庆明, 杨文钰, 2010, 磷钾营养对套作大豆茎秆形态和抗倒性的影响, *中国油料作物学报*, 32(3): 398-402)
- Xiao Q., Li J.P., and Liu D.M., 2015, Development countermeasures of China's soybean industry under the impact of genetically modified soybean, *Zhongguo Keji Luntan (Forum on Science and Technology in China)*, (6): 137-141 (肖琴, 李建平, 刘冬梅, 2015, 转基因大豆冲击下的中国大豆产业发展对策, *中国科技论坛*, (6): 137-141)
- Yang W.Y., Yong T.W., Ren W.J., Fan G.Q., Mu J.Y., and Lu X.L., 2008, Develop relay-planting soybean, revitalize soybean industry, *Dadou Kexue (Soybean Science)*, 27(1): 1-7 (杨文钰, 雍太文, 任万军, 樊高琼, 牟锦毅, 卢学兰, 2008, 发展套作大豆, 振兴大豆产业, *大豆科学*, 27(1): 1-7)
- Zhang Q.Z., and Zhang C.X., 2015, Discussion on the development of soybean industry in heilongjiang province, *Nongye Keji Yu Zhuangbei (Agricultural Science & Technology and Equipment)*, (6): 87-88 (张庆柱, 张彩霞, 2015, 黑龙江省大豆产业发展探讨, *农业科技与装备*, (6): 87-88)
- Zhou R., Wang X.Z., Zhang X.J., Sha A.H., Wu X.J., Tu G.Y., Qiu D.Z., and Zhou X.A., 2007, Evaluation method of lodging resistance in soybean germplasm, *Dadou Kexue (Soybean Science)*, 26(4): 485-489 (周蓉, 王贤智, 张晓娟, 沙爱华, 吴学军, 涂赣英, 邱德珍, 周新安, 2007, 大豆种质倒伏抗性评价方法研究, *大豆科学*, 26(4): 485-489)
- Zou J.L., Liu W.G., Yuan J., Jiang T., Ye S.Q., Deng Y.C., Yang C.Y., Luo L., and Yang W.Y., 2015, Relationship between lignin synthesis and lodging resistance at seedlings stage in soybean intercropping system, *Zuowu Xuebao (Acta Agronomica Sinica)*, 41(7): 1098-1104 (邹俊林, 刘卫国, 袁晋, 蒋涛, 叶素琴, 邓榆川, 杨晨雨, 罗玲, 杨文钰, 2015, 套作大豆苗期茎秆木质素合成与抗倒性的关系, *作物学报*, 41(7): 1098-1104)

## International Journal of Marine Science (IJMS)



International Journal of Marine Science (ISSN 1927-6648) is an open access, peer reviewed journal published online by BioPublisher. The journal publishes all the latest and outstanding research articles, letters and reviews in all areas of marine science, the range of topics containing the advancement of scientific and engineering knowledge regarding the sea; from chemical and physical to biological oceanography, from estuaries and coastal waters to the open ocean; as well as including fisheries, socio-economic science, co-management, ecosystems and other topical advisory subjects. International Journal of Marine Science is archived in LAC (Library and Archives Canada) and deposited in CrossRef. The Journal has been indexed by ProQuest and DOAJ (Directory of Open Access Journals) as well.

Contact: [edit@ijms.biopublisher.ca](mailto:edit@ijms.biopublisher.ca)

Website: <http://ijms.biopublisher.ca>