

# 绿豆创新种质的芽用特性分析

王思航<sup>1,2</sup>, 公丹<sup>1</sup>, 刘海涛<sup>3</sup>, 潘晓威<sup>1</sup>, 王素华<sup>1</sup>, 李志刚<sup>2</sup>, 王丽侠<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; <sup>2</sup>内蒙古民族大学农学院, 通辽 028000;

<sup>3</sup>北京方圆平安生物科技股份有限公司, 北京 101100)

**摘要:** 绿豆芽富含维生素、膳食纤维等营养物质, 培育绿豆芽专用新品种可有效提高芽菜品质及生产效益。前期基于绿豆核心种质资源的芽用特性评价, 创制出早熟矮生、高产广适的新种质 35 份, 本研究对这 35 份绿豆新种质进行了芽长、芽粗、芽豆比等性状初步评估。结果表明, 不同种质的芽长变异范围最大, 为 5.56~7.42 cm, 变异系数为 13.36%; 芽粗变异范围为 2.41~3.24 mm, 变异系数为 13.00%; 芽豆比变异范围为 8.12~10.36, 变异系数为 3.60%。相关分析显示芽豆比与芽粗( $R=0.817$ )呈极显著正相关, 与百粒重( $R=-0.583$ )、芽长( $R=-0.137$ )则呈一定的负相关。芽重与芽长、芽粗、百粒重的回归方程也表明, 芽粗对芽重的贡献远大于芽长和百粒重, 是芽用品种筛选的首选性状。基于芽用性状分析, 分别筛选出适宜细长型豆芽的新种质 21XJ54-1、21BJ 育 95、21XJ54-2 及适宜粗壮型豆芽的新种质 21BJ 育 96、21XJ56-1、21DT46、中绿 27 等。对不同产地中绿 27 的发芽试验表明, 生态环境也影响芽长和芽粗。其中河北丰宁生产的中绿 27 芽豆比最高(10.27), 其次是河南新乡(9.94); 新疆昌吉中绿 27 的豆芽最长(6.23 cm), 而河北丰宁的豆芽最粗(3.70 mm)。本研究结果为绿豆芽专用种质的筛选与培育提供了亲本材料, 为绿豆芽产业的安全健康发展奠定了基础。

**关键词:** 绿豆; 新种质; 芽用特性

## Evaluation on Sprout Characters of New Lines of Mung Bean

WANG Sihang<sup>1,2</sup>, GONG Dan<sup>1</sup>, LIU Haitao<sup>3</sup>, PAN Xiaowei<sup>1</sup>, WANG Suhua<sup>1</sup>, LI Zhigang<sup>2</sup>, WANG Lixia<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; <sup>2</sup>College of Agriculture, Inner Mongolia

Minzu University, Tongliao 028000; <sup>3</sup>Beijing Fangyuan Ping An Biotechnology Co, LTD, Beijing 101100)

**Abstract:** Mung bean sprout is rich in vitamins, dietary fiber and other nutrients, and developing elite cultivars for sprout could improve the quality and commercial value on sprout production. Thirty-five new lines were gained from the previously-developed new lines evaluated for the sprout characters using the core collection of mung bean. In this study we evaluated the characters for sprout production of 35 new elite lines. The results revealed abundant variations on sprout length (5.56-7.42 cm, coefficient of variation ( $CV$ )=13.36%), and sprout thick (2.41-3.24 mm,  $CV$ =13.00%), while a fairly low variation on production ratio (8.12-10.36,  $CV$ =3.60%). Significant positive correlation was found between production ratio and sprout thick ( $R=0.817$ ), while negative correlation was found between production ratio and 100-seed weight ( $R=-0.583$ ) or sprout length ( $R=-0.137$ ). Multiple regression showed that sprout thick had greater a contribution to sprout weight than sprout length and seed size too. Finally, lines 21XJ54-1 and 21BJ yu95, 21XJ54-2 that suitable for slim sprout and lines 21BJ yu96, 21DT46 and Zhonglv27 that suitable for thick sprout were selected. In addition, seeds of Zhonglv27 harvested from diverse eco-regions were observed to have different sprout production ratio. The seeds from Fengning city of Hebei province had the highest production ratio (10.27), followed by Xinxiang city of Henan province

收稿日期: 2023-06-11 修回日期: 2023-06-18 网络出版日期: 2023-07-06

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230611001>

第一作者研究方向为食用豆种质资源研究, E-mail: 603131153@qq.com

通信作者: 王丽侠, 研究方向为食用豆种质资源评价鉴定及创新利用, E-mail: wanglixia03@caas.cn

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-08); 杂粮杂豆现代种业科技创新团队(21326305D)

**Foundation projects:** China Agriculture Research System (CARS-08); Science and Technology Innovation Team of Modern Seed Industry of Mixed Grains and Beans(21326305D)

(9.94). Seeds from Changji city of Xinjiang autonomous region had the highest value on sprout length (6.23 cm), while Fengning of Hebei province was the highest on sprout thick (3.70 mm). Collectively, this study provided elite germplasm for breeding of new mung bean varieties for sprout production.

**Key words:** mung bean; new lines; sprout characteristics

绿豆(*Vigna radiata* L.)是我国主要杂粮作物,富含蛋白质、碳水化合物、膳食纤维及维生素等营养成分,广泛应用于食品、医药和酿造等行业<sup>[1-2]</sup>。绿豆种子萌发出的嫩芽,是一种优质的传统蔬菜。明代李时珍在《本草纲目》记载:“诸豆生芽皆腥韧不堪食用,唯此豆芽白美独异,食之清火益神,利泄减脂,饮誉美肴者也”。据统计,我国绿豆芽年产量超过178.5万吨,是国内绿豆消费的重要途径<sup>[3]</sup>,随着生活水平的提高和膳食结构的变化,人们对绿豆芽的需求量和商品品质的关注度也不断提升<sup>[4]</sup>。然而,豆芽生产商家为追求利益最大化,往往用尿素等速长剂来提高产量和外观品质,严重影响了芽菜的食品安全<sup>[5]</sup>。选育高产稳产、芽豆比高且外观品质好的豆芽专用品种,可有效提高生产效益,在一定程度上可保障芽菜产品的安全性。

随着绿豆遗传育种工作的推进,我国先后选育出一批早产、高产、宜机收等新品种,如中绿5号<sup>[6]</sup>、

并绿15号<sup>[7]</sup>及冀绿17号<sup>[8]</sup>等,有效提高了生产效益,但是截至目前,尚未见针对豆芽专用绿豆种质的选育报道。本课题组长期从事绿豆种质资源评价鉴定及创新利用研究,并基于核心种质的芽用特性评价<sup>[9]</sup>,开展了豆芽专用种质的创制。本研究对35份早熟直立、高产广适且综合农艺性状好的绿豆新种质及不同生态环境下生产的新品种中绿27<sup>[10]</sup>进行了发芽特性研究,旨在通过芽长、芽粗、芽豆比等芽用指标的评估,为绿豆豆芽专用品种选育及产地选择提供参考,引导芽菜产业的健康安全发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

用于发芽试验的参试材料共37份(表1),其中有中国农业科学院作物科学研究所近年来创制的35份绿豆新种质,北京方圆平安生物科技股份有限公司提供的2个来自乌兹别克斯坦的芽用品种(明绿

表1 试验材料基本信息

Table 1 Basic information of used for sprout

编号 No.	名称 Name	籽粒色 Seed color	种皮光泽 Seed luster	百粒重(g) 100-seed weight	编号 No.	名称 Name	籽粒色 Seed color	种皮光泽 Seed luster	百粒重(g) 100-seed weight
1	21BJ4单18	绿	无	4.70	20	21BJ4单1	绿	有	4.93
2	21BJ4单17	绿	无	5.47	21	21XJ76-2	黑	有	4.77
3	21BJ4单7	绿	有	5.27	22	21XJ56-1	黑	有	4.90
4	21BJ4单8	绿	有	5.83	23	21XJ54-1	绿	有	4.63
5	21XJ76-1	绿	有	4.43	24	21XJ54-2	黑	有	5.00
6	21BJ4单9	绿	有	5.20	25	21BJ4单25	绿	无	5.53
7	21BJ4单19	绿	无	5.17	26	21BJ4单26	绿	无	5.73
8	21BJ4单20	绿	无	5.57	27	21BJ4单23	绿	无	5.20
9	21BJ4单21	绿	无	5.77	28	2015-10	绿	有	4.97
10	21BJ4单22	绿	无	5.37	29	中绿26	绿	有	4.97
11	21BJ4单10	绿	无	5.47	30	21BJ育95	绿	有	4.80
12	21BJ4单11	绿	无	6.10	31	21BJ育96	绿	有	4.63
13	21BJ4单15	绿	无	5.97	32	21DT45	绿	有	4.50
14	21BJ4单16	绿	无	5.43	33	21DT46	绿	有	5.10
15	21BJ4单6	绿	有	5.93	34	21XJ56-2	绿	有	5.30
16	21BJ4单5	绿	有	5.13	35	中绿27	绿	有	4.90
17	21BJ4单4	绿	有	4.97	36	东升1(CK <sub>1</sub> )	绿	有	5.00
18	21BJ4单3	绿	有	5.20	37	东升2(CK <sub>2</sub> )	绿	有	5.20
19	21BJ4单2	绿	有	5.40					

豆)东升1、东升2为对照,均于2022年在北京延庆种植收获并晾晒30 d后用于豆芽试验。用于豆芽中试分析的中绿27矮生直立、特早熟,适应性广,属于典型的小粒明绿豆。其种子分别产自2022年的北京顺义、北京延庆、河北丰宁、河南新乡和新疆昌吉。

## 1.2 试验方法

选饱满一致的种子在北京方圆平安生物科技股份有限公司豆芽生产车间进行发芽试验,各种质各为0.275 kg,用于中试试验的不同产地中绿27各为6 kg。具体流程为:35°C水浸泡4 h后,在孵化车间内发芽,期间每4 h淋水1次,水温20°C,孵化车间温度21~23°C。7 d后,每份豆芽分别称重,随机抽取20棵豆芽,测量芽长、芽粗等性状指标,并计算芽豆比(PR, production ratio),重复3次。芽豆比的计算公式为 $PR=(G1/G2) \times 100\%$ ,其中G1为发芽后豆芽的总重量,G2为用于发芽试验的种子重量。不同产地的中绿27的豆芽试验加测了豆芽下胚轴(银芽)的鲜重及干重。

## 1.3 数据处理

用Excel2019数据整理并做基本统计分析,用SPSS26.0进行相关、回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同绿豆新种质的发芽指标分析

结果表明,不同新种质的芽用指标均存在较大变异(图1)。其中芽长变异范围最大,为5.56(21XJ76-1)~7.42 cm(21BJ4单10、1BJ4单6);芽粗变异范围为2.41(21BJ4单18)~3.24 mm(21XJ56-2);芽豆比则为8.12(21BJ4单16)~10.36(21BJ育96)。从变异系数看,芽长(13.36%)>芽粗(13.00%)>芽豆比(3.60%)。有88.57%和97.14%的新种质其芽长分别高于东升1(6.18 mm)和东升2(5.75 mm),有28.57%和22.85%的新种质其芽粗分别高于东升1(2.95 mm)和东升2(2.99 mm);芽豆比高于东升1(9.09)、东升2(9.27)的新种质分别有37.14%和25.71%。

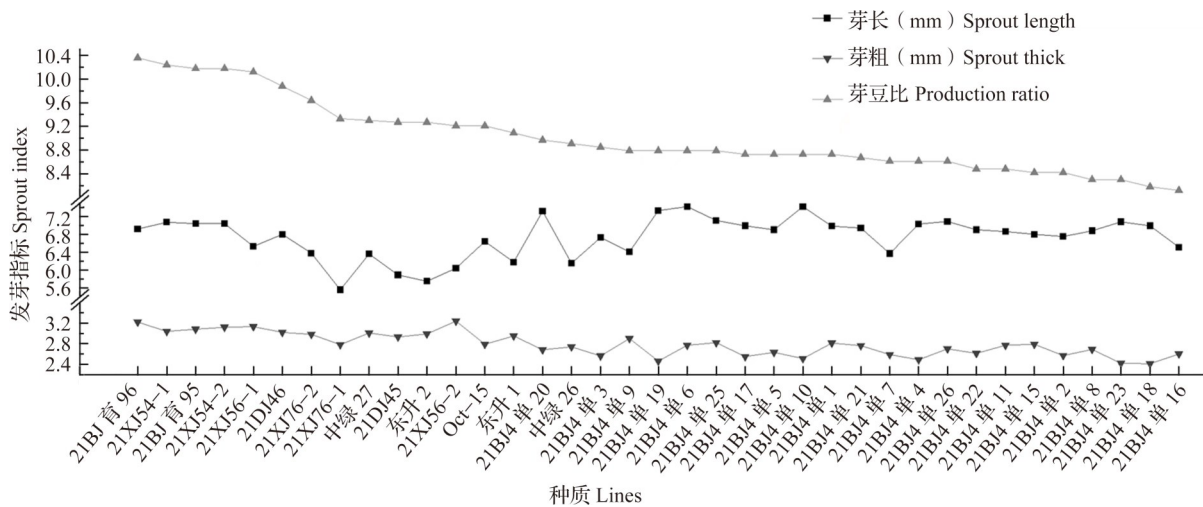


图1 参试绿豆种质的发芽指标

Fig. 1 Sprout index of mung bean lines

相关分析显示,芽豆比与芽粗呈极显著正相关( $R=0.817$ ),与百粒重呈极显著负相关( $R=-0.583$ ),而与芽长( $R=-0.137$ )则呈负相关;芽长与百粒重也有一定正相关( $R=0.438$ ),但芽粗与百粒重呈负相关( $R=-0.315$ )(表2)。

参试品系中有3份黑绿豆,其平均芽豆比(9.98)高于东升1(9.09)、东升2(9.27)及绿色种皮的平均芽豆比(8.90)。从相关系数看,籽粒色与芽豆比( $R=0.481$ )、芽粗( $R=0.402$ )、百粒重( $R=0.229$ )及种皮光泽( $R=0.235$ )分别呈正相关;参试品系有13份毛绿豆,其平均芽豆比(8.52)普遍低于明

绿豆(9.25)及对照组(9.18)。种皮光泽与芽豆比( $R=-0.539$ )、芽粗( $R=-0.523$ )呈极显著负相关,与芽长( $R=0.452$ )、百粒重( $R=0.530$ )呈显著正相关。

在芽豆比较高(高于对照)的前提下,根据芽长和芽粗分别筛选出适宜细长型豆芽利用的新种质21XJ54-1、21BJ育95、21XJ54-2等,及适宜粗壮型豆芽利用的新种质21BJ育96、21XJ56-1、21DT46、中绿27等,可为不同类型芽豆品种的选育奠定物质基础。

### 2.2 绿豆发芽指标的回归分析

将芽长、芽粗、百粒重作为自变量,芽重作为因

变量,进行了逐步回归分析。最终确定了芽重与各性状的 $\text{最优回归方程: } SW=0.132SL+0.582ST-0.196HSW$ , 方程决定系数  $R^2=0.853 (P<0.01)$ 。该方程表明各性状对芽重的直接贡献大小为芽粗>芽长>百粒重,因此在芽用品种筛选鉴定中,芽粗是相对重要的一个指标。

### 2.3 不同产地中绿27的芽用特性分析

不同产地中绿27的芽用指标也存在差异(表3)。其中芽豆比变异系数为12.93%,变异范围为7.26(北京顺义)~10.27(河北丰宁)。芽长以新疆昌吉的最高,为6.23 cm,变异系数为10.10%;芽粗变异系数为7.52%,以河北丰宁的最粗,为3.70 mm,且芽豆比(10.27)最大。

下胚轴鲜重变异范围为12.22(北京延庆)~14.73 g(新疆昌吉),变异系数为8.08%,下胚轴干重的变幅为0.55(北京延庆)~0.83 g(新疆昌吉),变异系数为18.09%。相较于其他产地,新疆昌吉生产的

表3 不同生态区中绿27的芽用指标

Table 3 Sprout characters of zhonglv 27 from different eco-regions

产地 Production region	芽长(cm) SL	芽粗(mm) ST	芽豆比 PR	下胚轴鲜重(g) FWS	下胚轴干重(g) SDW
河北丰宁 Hebei Fengning	5.07	3.70	10.27	12.30	0.59
北京顺义 Beijing Shunyi	5.43	3.57	7.26	12.45	0.57
河南新乡 Henan Xinxiang	5.74	3.55	9.94	13.03	0.61
北京延庆 Beijing Yanqing	5.29	3.56	9.58	12.22	0.55
新疆昌吉 Xinjiang Changji	6.23	3.65	8.95	14.73	0.83
变异系数(%)CV	10.10	7.52	12.93	8.08	18.09

FWS: Fresh weight of hypocotyl of sprout; SDW: Dry weight of hypocotyl of sprout

## 3 讨论

绿豆芽不仅含有丰富的维生素、矿物质,还有助于预防神经退行性疾病、抗癌抗衰老等<sup>[11]</sup>,且生产周期短,不受季节限制,对生产场所的要求可塑性强。近年来,芽菜产业发展迅速,由家庭小作坊式生产逐渐转变为工业化大规模生产<sup>[12]</sup>。但是受商业利益的驱动,时而会有“问题豆芽”事件发生,严重影响芽菜食品安全及大众对豆芽的印象<sup>[13]</sup>。

本课题组基于前期对400份绿豆核心种质的芽用特性分析,发现不同种质间绿豆发芽特性及产量、品质等均存在显著差异<sup>[9]</sup>,并陆续创制了一批新种质。经多试点分析,筛选了35份早熟直立、高产稳产新种质进行芽用特性试验,结果表明新种质的芽长(CV=13.36%)、芽粗(CV=13.00%)、芽豆比(CV=

中绿27的下胚轴在鲜重和干重方面均具有显著优势,适合银芽(下胚轴)生产。

表2 参试绿豆种质主要芽用指标的相关分析

Table 2 Correlation analysis of sprout characters in lines of mung bean

性状 Traits	芽长 SL	芽粗 ST	芽豆比 PR	百粒重 HSW	籽粒色 SC
芽粗ST	-0.326				
芽豆比PR	-0.137	0.817**			
百粒重HSW	0.438**	-0.316	-0.583**		
籽粒色SC	-0.093	0.402*	0.481**	0.229	
种皮光泽SDL	0.452**	-0.523**	-0.539**	0.530**	0.235

\*和\*\*分别表示显著( $P<0.05$ )和极显著( $P<0.01$ )相关

\* indicated significant correlation ( $P<0.05$ ) and \*\* indicated extremely significant correlation ( $P<0.01$ ); SL: Sprout length; ST: Sprout thick; PR: Production ratio; HSW: 100-seed weight; SC: Seed color; SDL: Seed luster; The same as below

3.60%)均存在差异。尤其是芽豆比比对照高的新种质,如21BJ育96(10.36)、21XJ54-1(10.24),在豆芽生产利用中具有最直接优势,有望替代当前芽豆成为豆芽专用种质。相关及回归分析均发现,芽粗与芽豆比极显著正相关( $R=0.817$ ),说明芽粗对芽豆比的贡献最大,可以作为芽用品种鉴定筛选的第一要素,然而这一结果与康玉凡等<sup>[14]</sup>的研究结果并不一致,原因在于其采用的是人工发芽箱,本研究采用的是工厂化发芽条件。本研究还发现,芽豆比与百粒重也呈极显著负相关( $R=-0.583$ ),即百粒重越小,芽豆比越大,与黄梦迪<sup>[15]</sup>的研究结果一致,这也是国内豆芽厂家比较青睐埃塞俄比亚、乌兹别克斯坦等国家小粒明绿豆的原因之一。虽然相关分析显示籽粒色与芽豆比、芽粗等也存在一定的相关,考虑到参试品系仅有3份黑色种皮,假相关的可

能性更大,结合市场用黑绿豆生产豆芽的比例并不大,推测种皮色并不是芽用绿豆筛选的有效指标。本研究还发现种皮光泽与芽豆比、芽长、芽粗及百粒重等也均具较显著相关性,且参试材料中毛绿豆有 13 份,占 33.33%,毛绿豆是否更适合芽用有待于进一步的分析。

调查发现我国南北方人群对豆芽的消费选择也存在一定差异,其中南方人比较青睐细长型豆芽,而北方多喜欢粗壮型豆芽,因此本研究基于芽长、芽粗分别筛选出适合不同豆芽消费习惯的新种质,以满足不同类型豆芽消费群体的需求。其中 21XJ54-2 芽长(7.04 cm)及芽粗(3.12 mm)在测试种质中均具有优势,可以作为芽用品种选育或利用的首选。

中绿 27 是本课题近年来选育的早熟直立、高产稳产广适新品种<sup>[10]</sup>,在新疆昌吉、山西大同、河北丰宁等地均表现出较好的高产潜力,该品种的芽豆比和芽粗在参试种质中均有一定优势,故可在我国北方地区的豆芽生产厂家重点推广利用。然而,不同生态区生产的中绿 27 的芽长、芽粗、芽豆比等也存在差异,说明生态环境一定程度上也影响绿豆种子的发芽特性。其中新疆昌吉的芽长(7.81 cm)最大,但芽豆比较低;而河北丰宁芽粗(3.7 mm)及芽豆比(10.27)均高于其他地区,推测该地区的昼夜温差大,影响绿豆种子的生长发育,故可能更适合作为芽用绿豆的生产基地。随着人民生活水平的提高,银芽(即绿豆发芽后的下胚轴)作为芽菜类的高端产品,越来越受到欢迎。本研究发现,新疆昌吉生产的中绿 27 种子发芽后,其下胚轴鲜重(14.73 g)及干重(0.83 g)均显著高于其他地区,说明该地区生产的中绿 27 发芽后的干物质积累较丰富,比较适合高端芽菜-银芽的生产利用。当然,本研究只是对豆芽产量和外观进行了分析研究,进一步对不同豆芽中的营养成分,尤其是功能因子的评价鉴定,将有助于发挥功能型豆芽在食疗保健中的作用,促进豆芽生产的提质增效。

## 4 结论

本研究通过 35 份绿豆创新种质的发芽指标分析发现,芽粗是提高芽豆比的关键因子,可作为芽用品种的筛选指标;分别筛选出 21XJ54-1、21BJ 育 95、21BJ54-2 等适宜细长型豆芽和 21BJ 育 96、21XJ56-1、21DT46、中绿 27 等适宜粗壮型豆芽专用的新种质。生态环境影响绿豆的发芽指标,河北丰

宁、河南新乡及其类似生态环境适合生产芽豆原料,而新疆昌吉等地则适合发展银芽原料。本研究结果为豆芽专用品种选育及芽用绿豆产地选择提供了参考。

## 参考文献

- [1] 程须珍,王素华,王丽侠. 绿豆种质资源描述规范和数据标准. 北京:中国农业出版社,2006:3-38  
Cheng X Z, Wang S H, Wang L X. Description specifications and data standards for mung bean germplasm resources. Beijing: China Agricultural Press, 2006:3-38
- [2] 王丽侠,程须珍,王素华. 绿豆种质资源、育种及遗传研究进展. 中国农业科学, 2009, 42(5):1519-1527  
Wang L X, Cheng X Z, Wang S H. Progress in germplasm resources, breeding and genetics of mung bean. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(5): 1519-1527
- [3] 胡舒立. 2021 年中国豆芽(芽苗菜)行业现状及展望,营养价值丰富,市场前景广阔. (2022-09-05) [2023-3-31]. <https://www.huaon.com/channel/trend/836432.html>  
Hu S L. The current situation and prospect of China's bean sprouts (sprouts) industry in 2021 has rich nutritional value and broad market prospects. (2022-09-05) [2023-03-31]. <https://www.huaon.com/channel/trend/836432.html>
- [4] 赵天瑶,刘保全,薛文通. 绿豆品种筛选及乙烯对绿豆芽生长形态的影响. 食品研究与开发, 2022, 43(13):16-22  
Zhao T Y, Liu B Q, Xue W T. Effect of mung bean variety selection and ethylene on the growth morphology of mung bean sprouts. Food Research and Development, 2022, 43(13): 16-22
- [5] 宫春波,董峰光,王朝霞,邢玉芳,孙月琳. 基于蒙特卡罗模拟市售豆芽中植物生长调节剂暴露风险评价. 农产品质量与安全, 2018, 96(6):30-33, 42  
Gong C B, Dong F G, Wang Z X, Xing Y F, Sun Y L. Based on the exposure risk assessment of plant growth regulators in Monte Carlo simulated commercially available bean sprouts. Quality and Safety of Agricultural Products, 2018, 96(6): 30-33, 42
- [6] 张金涛,王素华,魏晶晶,潘晓威,陈红霖,王丽侠,程须珍. 高产高抗广适性绿豆品种中绿 5 号及其应用潜力. 中国种业, 2020(6):83-85  
Zhang J T, Wang S H, Wei J J, Pan X W, Chen H L, Wang L X, Cheng X Z. Zhonglv 5 and its application potential in high yield, high resistance and wide adaptability. China Seed Industry, 2020(6): 83-85
- [7] 朱慧珺,张耀文,赵雪英,闫虎斌,张泽燕. 适宜机械化收获绿豆新品种并绿 15 号的选育. 中国种业, 2022(4):110-111  
Zhu H J, Zhang Y W, Zhao X Y, Yan H B, Zhang Z Y. Suitable for mechanized harvesting of new mung bean varieties and the Zhonglv 15. China Seed Industry, 2022(4): 110-111
- [8] 王坤,范保杰,王彦,曹志敏,刘长友,张志肖,苏秋竹,田静. 高抗豆象绿豆新品种冀绿 17 号特征特性及高产栽培技术.

- 现代农村科技,2022,614(10):18-19  
Wang S, Fan B J, Wang Y, Cao Z M, Liu C Y, Zhang Z Y, Su Q Z, Tian J. Characteristic characteristics and high yield of the new mung bean cultivation technique. *Modern Rural Science and Technology*, 2022,614 (10): 18-19
- [9] 袁兴森,张涛,程须珍,王丽侠,王素华. 我国绿豆种质资源的芽用特性评价与筛选. *植物遗传资源学报*, 2012, 13(5): 879-883  
Yuan X M, Zhang T, Cheng X Z, Wang L X, Wang S H. Evaluation and screening of mung bean germplasm resources in China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13 (5): 879-883
- [10] 王丽侠,王素华,潘晓威,陈红霖,程须珍. 早熟高产广适性绿豆新品种中绿27的选育. *中国种业*,2022(5):95-96  
Wang L X, Wang S H, Pan X W, Chen H L, Cheng X Z. Zhonglv 27 in a new variety of mung bean with early maturity, high yield and wide adaptability. *China Seed Industry*, 2022 (5): 95-96
- [11] Can R Y, Lui W Y, Wu K. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 59(1):1-14
- [12] 王可心,杨思敏,林瑞嫦,刘蓓蓓,高玉萌. 绿豆芽菜制作工艺优化及营养功能成分分析. *食品研究与开发*,2022,43(12): 155-163  
Wang K X, Yang S M, Lin R C, Liu B B, Gao Y M. Optimization of mung bean sprout production process and the analysis of nutrition function composition. *Food Research and Development*, 2022,43(12):155-163
- [13] 陈涛. 危害食品安全问题之定性探讨——以“问题豆芽”为研究视角. *中国人民公安大学学报:社会科学版*,2017,33(3): 41-47  
Chen T. The qualitative exploration of the harmful food safety problems —— Take "problem bean sprouts" as the research perspective. *Journal of People's Public Security University of China: Social Science Edition*, 2017,33 (3): 41-47
- [14] 康玉凡,刘腾飞,程须珍,张丽,王丽艳,肖伶俐,刘红开. 芽用绿豆品种子粒性状及其豆芽生理特性研究. *植物遗传资源学报*,2011,12(6):986-991  
Kang Y F, Liu T F, Cheng X Z, Zhang L, Wang L Y, Xiao L L, Liu H K. Study on the characteristics of seeds and the physiological characteristics of bean sprouts in mung bean varieties. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011, 12 (6): 986-991
- [15] 黄梦迪. 不同品种绿豆及其豆芽品质研究与评价. 杨凌:西北农林科技大学,2020  
Huang M D. Research and evaluation of different varieties of mung bean and bean sprouts. Yangling: Northwest A & F University, 2020