

菠菜种质资源形态特征分析

吴娅妮¹,梅 焱²,崔彦玲¹,陈海丽¹,孟淑春^{1*}

(1.北京市农林科学院 蔬菜研究中心/农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室/农业部都市农业(北方)重点实验室,北京 100097; 2. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224002)

摘要:对33份不同来源的菠菜种质资源的11个质量性状和6个数量性状进行了研究,结果表明,33份菠菜种质材料间数量性状的变异系数在29.07%~78.97%,单株质量的变异系数最大,叶长的变异系数最小,不同性状在不同材料间表现出不同程度的多样性。通过聚类分析将33份菠菜种质分为2大类群,进一步分为6个组群,各组群具有一定的形态学特征。其中,第Ⅲ组群小尖叶、武平菠菜、汝阳大圆叶和第Ⅵ组群大尖叶、黑叶菠菜形态学优势明显,可分别作为选育高产植株和小型植株的优良材料加以利用。

关键词:菠菜;种质资源;形态特征;遗传多样性

中图分类号:S636.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2015)06-0119-06

Morphological Traits Analysis of Spinach(*Spinacia oleracea* L.) Germplasm Resources

WU Yani¹,MEI Yi²,CUI Yanling¹,CHEN Haili¹,MENG Shuchun^{1*}

(1. Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops(North China), Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Urban Agriculture(North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China;
2. Institute of Agricultural Science in Jiangsu Coastal Areas, Yancheng 224002, China)

Abstract: The morphological traits including 11 qualitative characters and 6 quantitative characters were investigated from 33 spinach(*Spinacia oleracea* L.) germplasm resources. It was found that the variation coefficient of the 33 spinach germplasm resources was from 29.07% to 78.97%, the variation coefficient of plant weight was the biggest, and the variation coefficient of leaf length was the smallest. The extent of diversity were different among the different traits from different varieties. Two big groups were divided from these 33 spinach germplasm resources by cluster analysis, furthermore divided into 6 groups, and each group had some definite morphological characters. The advantage of morphological traits of group Ⅲ (Xiaojianye, Wupingbocai, Ruyangdayuanye) and Ⅵ (Dajianye, Heiyebocai) were prominent, which could be used as materials for high yield and small size spinach breeding.

Key words: spinach; germplasm resources; morphological traits; genetic diversity

菠菜(*Spinacia oleracea* L.)是藜科菠菜属中的一个栽培品种,1年生或2年生草本植物,由于其适应性广泛,栽培方式多样,目前在世界各地普遍种植。菠菜以叶片和嫩茎为食用器官,其营养丰富,是

我国分布最普遍、群众食用最广泛的蔬菜之一,同时也是我国出口创汇的主要蔬菜之一^[1]。近年来我国越来越重视对菠菜种质资源的开发和利用,关于菠菜高产栽培技术^[2-5]、生理生化^[6-9]、营养成分及

收稿日期:2014-12-22

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD02B04,2012BAK26B03);北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX201202001,KJCX201101010);北京市农林科学院青年科研基金项目(QNJJ201211)

作者简介:吴娅妮(1989-),女,山西临汾人,助理研究员,硕士,主要从事生物学教学与研究。

*通讯作者:孟淑春(1973-),女,北京人,副研究员,硕士,主要从事蔬菜种质资源和种子技术研究。

E-mail:mengshuchun@nerc.v.org

农药残留^[10-11]等方面的研究已见诸多报道,而形态特征、分子标记等遗传学方面的研究却相对薄弱。杨金华等^[12]初步建立并优化了菠菜性别相关的 RAPD 分子标记体系,为菠菜早期性别鉴定提供一定的技术手段。张南^[13]利用 RAPD 标记和形态学标记对菠菜种质资源多样性及其耐寒性鉴定进行了研究,但是由于所选材料较少,来源地较为集中,调查分析的质量性状过少,无法全面反映其形态学上的遗传多样性。从我国菠菜栽培品种现状来看,各地品种比较混杂,难于进行合理分类,影响了我国菠菜育种的相关研究。国内菠菜品种的商业化开发与资源基础性研究呈“头重脚轻”的态势^[14]。如何更有效地利用现有资源、挖掘优异基因,为育种和生产服务,已成为我国菠菜育种研究的当务之急。虽然,各种同工酶标记和 DNA 分子标记已被广泛应用于植物种质资源的鉴定和分类研究^[15],但形态性状的鉴定和描述仍然是种质资源研究最基本的方法和途径^[16-17]。形态性状多样性是由于遗传结构的变异和对环境的适应能力不一致造成的,是基因型与环境之间相互作用的产物,作为植物经典分类中的主要依据,对形态性状的调查和鉴定比生物化学标记、分子标记分析更直观,更简单易行,很多性状都能在田间进行直接观察和统计,利于在田间直接进行选择,长期以来为广大分类学、育种学和栽培学工作者所采用^[18]。由于形态学标记具有简单、明显和易于识别的特征而成为遗传标记的基础,有着不可替代性^[19-20]。目前针对不同来源地的菠菜种质资源的遗传多样性研究还处于探索阶段。本研究在田间观测的基础上对不同来源菠菜种质资源的主要质量性状和数量性状进行形态多样性分析,以期为菠菜遗传多样性研究、优良种质引种栽培及国内现有资源的有效利用提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料来自于中国农业科学院蔬菜花卉研究所国家种质资源库和北京市农林科学院蔬菜研究中心种质资源库,共 33 份,材料编号、品种名称及来源见表 1。2012 年 2 月将所有供试材料直播于北京市农林科学院蔬菜研究中心四季青农场试验大棚,每品种种植 20 株,四周设保护行,不喷施任何杀菌剂和杀虫剂,其他田间管理按常规进行。

1.2 形态性状的调查

形态、农艺性状调查采用大田试验。每个品种随机取 5~10 株,观察或测量其形态指标。根据菠菜种质间的差异特点,将性状分为 2 类:第 1 类是

11 个质量性状,包括株型、叶片挺直度、叶形、叶尖、叶基、叶片褶皱、叶片光泽、叶色、叶裂刻、叶柄色、抽穗期等,对菠菜的质量性状赋值后进行数据分析,赋值情况见表 2;第 2 类是 6 个数量性状,包括株高、株幅、叶长、叶宽、叶柄长、单株质量等,计算最小值、最大值、平均值、标准差、极差和变异系数。

表 1 供试菠菜材料

编号	品种	来源地	编号	品种	来源地
1	合肥尖叶	安徽	18	扯根菜	湖北
2	安徽圆叶	安徽	19	大叶菠菜	湖北
3	成都尖叶	四川	20	湖南尖叶	湖南
4	小尖叶	四川	21	二菠菜	湖南
5	大尖叶	四川	22	黎头菠菜	湖南
6	乐山尖叶	四川	23	日本菠菜	内蒙
7	武平菠菜	福建	24	火菠菜	内蒙
8	台湾大叶	台湾	25	冬菠菜	河北
9	细叶角菜	广东	26	三元叶	四川
10	迟花黑叶	广东	27	浙江全能	浙江
11	黑叶菠菜	广东	28	绍兴尖叶	浙江
12	兴义菠菜	贵州	29	滁州尖叶	安徽
13	慈姑叶菠菜	贵州	30	西安尖叶	陕西
14	鹿色圆叶	河南	31	甘肃圆叶	甘肃
15	汝阳大圆叶	河南	32	日本大叶	山东
16	登高菠菜	湖北	33	西安大叶	陕西
17	小菠菜	湖北			

表 2 菠菜种质资源质量性状及其赋值情况

质量性状	赋值
株型	开展 = 1, 半直立 = 2, 直立 = 3
叶片挺直度	下垂 = 1, 半下垂 = 2, 挺直 = 3
叶形	近圆形 = 1, 椭圆形 = 2, 披针形 = 3, 戟形 = 4
叶尖	锐尖 = 1, 尖 = 2, 圆 = 3
叶基	凹 = 1, 平 = 2, 凸 = 3
叶片褶皱	平滑 = 1, 微皱 = 2, 多皱 = 3
叶片光泽	无 = 1, 有 = 2
叶色	浅绿 = 1, 绿 = 2, 深绿 = 3
叶裂刻	无 = 1, 浅 = 2, 深 = 3
叶柄色	白绿 = 1, 浅绿 = 2, 绿 = 3
抽穗期	早 = 1, 中 = 2, 晚 = 3

1.3 数据处理

依据盖钩锰^[21]的方法,利用 Excel 5.0 和 SPSS 10.0 软件进行数量性状的统计分析。遗传多样性指数的计算采用 Shannon - Weiner index (H') 信息指数的计算方法,即 $H' = - \sum P_i \ln P_i$,其中 P_i 为某性状第 i 个代码值出现的概率;利用 NTSYSpc 2.10 软件计算不同种质之间的相似性系数(simple matching coefficient, SM)。同时采用非加权类平均法(UPGMA)建立种质聚类关系^[22]。

2 结果与分析

2.1 菠菜种质资源的形态学分析

如表 3 所示,由各质量性状所占的频率分布可

知,在菠菜种质的11个质量性状中,株型以半直立和直立为主,频率分布分别为54.55%和36.36%,开展的较少,仅为9.09%;叶片挺直度以半下垂为主,频率分布为54.55%,挺直次之(39.39%),下垂较少,频率分布仅为6.06%;叶形主要以戟形为主,频率分布为63.64%,披针形次之(27.27%),近圆形和椭圆形较少,频率分布分别为3.03%和6.06%;叶尖主要以锐尖和尖为主,频率分布分别为42.42%和54.55%,圆形最少;叶基以平为主,频率分布为81.82%,叶基为凹、凸所占的频率分布均较少;叶片褶皱以平滑为主,频率分布为81.82%,微皱次之(15.16%),多皱最少,仅为3.03%;大部分种质材料叶片无光泽,有光泽的较少,频率分布为21.21%;叶色主要为绿色,频率分布占到90.91%,仅有较少种质材料为浅绿和深绿;叶裂刻以深为主(60.61%),浅次之,无叶裂刻最少,频率分布仅为3.03%;叶柄色全部为绿色;抽穗期以早为主,中次之,少部分种质抽穗期较晚。

表3 菠菜种质资源质量性状的分析

质量性状	频率分布/%			
	1	2	3	4
株型	9.09	54.55	36.36	
叶片挺直度	6.06	54.55	39.39	
叶形	3.03	6.06	27.27	63.64
叶尖	42.42	54.55	3.03	
叶基	15.16	81.82	3.03	
叶片褶皱	81.82	15.16	3.03	
叶片光泽	78.79	21.21		
叶色	6.06	90.91	3.03	
叶裂刻	3.03	36.36	60.61	
叶柄色	0	0	100	
抽穗期	51.52	30.30	18.18	

由表4可知,33份菠菜种质材料间数量性状的变异系数存在很大的差异,介于29.07%~78.97%,平均变异系数为39.74%。其中,单株质量的变幅在5.42~119.68 g,变异系数最大,为78.97%,说明供试材料在这个性状上存在丰富的多样性;其次为植株的叶宽,变幅为4.00~20.67 cm,其变异系数为35.37%;其余的性状根据变异系数的大小,依次是株幅>叶柄长>株高>叶长。其中,供试菠菜种质材料的株幅为13.47~56.33 cm,变异系数为34.28%;叶柄长变幅为2.70~15.50 cm,变异系数为30.56%;株高变幅为7.13~29.83 cm,变异系数为30.18%;叶长变幅为5.37~23.50 cm,变异系数最小,为29.07%。综合各性状的平均值、最小值、最大值、标准差、极差及变异系数发现,供试材料中不同类型的菠菜种质间数量性状差异较大,

不同性状在不同材料间表现出不同程度的多样性。

表4 菠菜种质资源数量性状的分析

数量性状	平均值	最小值	最大值	标准差	极差	变异系数/%
株高/cm	15.11	7.13	29.83	4.56	22.70	30.18
株幅/cm	33.28	13.47	56.33	11.41	42.86	34.28
叶长/cm	13.45	5.37	23.50	3.91	18.13	29.07
叶宽/cm	10.66	4.00	20.67	3.77	16.67	35.37
叶柄长/cm	8.05	2.70	15.50	2.46	12.80	30.56
单株质量/g	37.70	5.42	119.68	29.77	114.26	78.97

2.2 菠菜种质资源形态性状特征的聚类分析

利用NTSYSpc 2.10软件将数据标准化后,根据17个性状在33份种质间的不同表现,对33份种质进行聚类分析,可将全部种质材料分为两大类群,进一步分为6个组群(图1)。各组群的特征见表5。

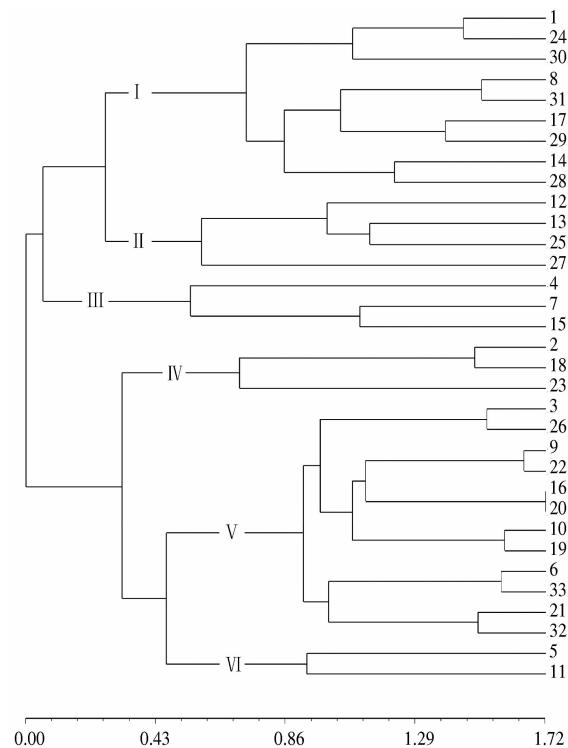


图1 33份菠菜种质资源聚类分析结果

第I组群包括9份菠菜种质材料,分别是1号合肥尖叶、24号火菠菜、30号西安尖叶、8号台湾大叶、31号甘肃圆叶、17号小菠菜、29号滁州尖叶、14号鹿色圆叶、28号绍兴尖叶。这一类材料的主要特征是株型为半直立或直立;叶片挺直度为半下垂或挺直;叶形以戟形居多,椭圆和披针形次之;叶尖为锐尖和尖形;叶基为凹形和平形;叶片平滑无褶皱;叶片以有光泽为主,无光泽较少;叶色为绿色;叶裂刻深;叶柄绿色;抽穗期以早期为主,中期次之。株高、株幅、叶片长中等,变异系数分别为24.97%、34.61%和26.65%;单株质量适中,其变异系数在该组群中最大,为62.34%;叶宽和叶柄长的平均值

表 5 菠菜种质资源各组群的形态性状

性状	项目	组群					
		I	II	III	IV	V	VI
株型		半直立、直立	开展、半直立	直立	开展、半直立	半直立、直立	半直立、直立
叶片挺直度		半下垂、挺直	半下垂	半下垂、挺直	半下垂	半下垂、下垂	半下垂、挺直
叶形		戟形、椭圆、披针形	戟形	披针形、戟形	戟形、披针形	戟形、近圆形、披针形	披针形、戟形
叶尖		锐尖、尖	锐尖	锐尖、尖	尖、锐尖	尖、锐尖、圆	锐尖、尖
叶基		凹、平	平	平、凹	平	平、凹、凸	平
叶片褶皱		平滑	平滑	平滑、微皱	平滑	平滑、微皱、多皱	平滑
叶片光泽		有、无	有	无	无、有	无、有	有
叶色		绿	绿	绿、浅绿	绿	绿、浅绿、深绿	绿
叶裂刻		深	深	浅、深	浅	深、无、浅	深
叶柄色		绿	绿	绿	绿	绿	绿
抽穗期		早、中	中	早、中	中	早、晚、中	早
株高	X/cm	14.20	17.29	17.22	12.03	15.52	13.83
	CV/%	24.97	52.42	23.89	25.51	24.71	39.19
株幅	X/cm	31.38	36.67	37.11	35.89	33.57	23.67
	CV/%	34.61	20.78	40.42	55.77	33.13	43.81
叶长	X/cm	12.97	13.88	15.29	12.67	13.72	11.50
	CV/%	26.65	15.42	45.97	43.47	30.62	13.53
叶宽	X/cm	9.76	10.18	12.46	10.89	10.57	13.25
	CV/%	26.85	20.06	57.33	39.33	36.25	56.75
叶柄长	X/cm	7.26	9.73	9.41	7.35	7.74	8.78
	CV/%	30.12	42.12	23.91	55.95	23.23	1.88
单株质量	X/g	37.36	36.59	43.93	39.77	39.75	16.71
	CV/%	62.34	67.44	98.80	80.81	93.71	28.27

注:X 为平均值, CV 为变异系数。

在 6 个组群中均最小, 为 9.76 cm 和 7.26 cm, 变异系数分别为 26.85% 和 30.12%。该组群植株中等, 叶片细长。

第Ⅱ组群包括 4 份菠菜种质材料, 分别是 12 号兴义菠菜、13 号慈姑叶菠菜、25 号冬菠菜、27 号浙江全能。该组群的主要特征是株型开展、半直立; 叶片挺直度为半下垂; 叶形为戟形; 叶尖尖锐; 叶基平; 叶片平滑无褶皱, 有光泽; 叶色为绿色; 叶裂刻深; 叶柄绿色; 抽穗期中等。株高和叶柄长的平均值均为 6 个组群中最高值, 分别为 17.29 cm 和 9.73 cm, 变异系数分别为 52.42% 和 42.12%; 株幅、叶长较大, 分别为 36.67 cm 和 13.88 cm, 其变异系数分别为 20.78% 和 15.42%; 叶宽和单株质量偏低, 分别为 10.18 cm 和 36.59 g, 其中单株质量的变异系数为 67.44%, 在该组内最高。该组种质材料植株高, 开展, 株幅大, 叶片窄而长, 单株质量较小, 植株瘦长。

第Ⅲ组群包括 3 份菠菜种质材料, 分别是 4 号小尖叶、7 号武平菠菜、15 号汝阳大圆叶。这部分材料株型直立; 叶片挺直度为半下垂或挺直; 叶形披针形或戟形; 叶尖以锐尖形为主, 其次是尖形; 叶基以平为主, 其次是凹; 叶片褶皱以平滑为主, 微皱次之; 叶片无光泽; 叶色以绿色为主, 浅绿色较少; 叶裂刻深或浅; 叶柄绿色; 抽穗期早期为主, 中期次之。株

幅、叶长和单株质量的平均值在 6 个组群中最高, 分别为 37.11 cm、15.29 cm 和 43.93 g; 株高、叶宽和叶柄长的平均值也较高, 在 6 个组群中均排第 2 位, 分别为 17.22 cm、12.46 cm 和 9.41 cm。这一组群的数量性状变异系数最高的是单株质量, 为 98.80%。该组群表现为植株高, 叶片大, 单株质量大, 株型开展, 较大型, 此组群材料可作为选育高产的目标亲本加以利用。

第Ⅳ组群包括 3 份菠菜种质材料, 分别是 2 号安徽圆叶、18 号扯根菜、23 号日本菠菜。其主要特征是株型以开展和半直立为主; 叶片挺直度为半下垂; 叶形以戟形为主, 其次为披针形; 叶尖以尖形为主, 其次为锐尖; 叶基平; 叶片平滑, 无褶皱; 叶片无光泽, 少数有光泽; 叶色为绿色; 叶裂刻浅; 叶柄绿色; 抽穗期中等。株高的平均值在 6 个组群中最小, 为 12.03 cm, 其变异系数为 25.51%; 叶宽及单株质量较大, 其中单株质量的变异系数为 80.81%, 在该组群中最大; 株幅、叶长和叶柄长较低, 分别为 35.89 cm、12.67 cm 和 7.35 cm。这类材料植株较矮, 叶片较宽, 植株整体长势紧簇, 单株质量较大。

第Ⅴ组群包括 12 份菠菜种质材料, 分别是 3 号成都尖叶、26 号三元叶、9 号细叶角菜、22 号黎头菠菜、16 号登高菠菜、20 号湖南尖叶、10 号迟花黑叶、

19号大叶菠菜、6号乐山尖叶、33号西安大叶、21号二菠菜、32号日本大叶。此组群材料株型以半直立较多,直立较少;叶片挺直度以半下垂为主,下垂较少;叶形主要为戟形,近圆形和披针形均较少;叶尖以尖形为主,锐尖次之,圆形较少;叶基以平为主,凹形和凸形较少;叶片褶皱以平滑为主,微皱和多皱较少;叶片无光泽较多,少量有光泽;叶色以绿色为主,浅绿和深绿较少;大多数叶裂刻深,少数叶裂刻浅或无;叶柄色为绿色;抽穗期以早期为主,晚期次之,中期较少。该组群各数量性状的平均值在6个组群中均处于中等水平,其中株高、叶长、单株质量处于第3位,变异系数分别为24.71%、30.62%、93.71%;株幅、叶宽、叶柄长处于第4位,变异系数分别为33.13%、36.25%、23.23%。

第VI组群包括2份菠菜种质材料:5号大尖叶和11号黑叶菠菜。此组群材料株型为半直立或直立;叶片挺直度为半下垂或挺直;叶形为披针形或戟形;叶尖为锐尖或尖形;叶基平;叶片平滑无褶皱;叶片有光泽;叶色绿;叶裂刻深;叶柄绿色;抽穗期早。株幅、叶长、单株质量的平均值在6个组群中均为最小值,分别为23.67 cm、11.50 cm和16.71 g,变异系数分别为43.81%、13.53%和28.27%;株高的平均值也较小,为13.83 cm,变异系数为39.19%;叶宽的平均值为13.25 cm,在6个组群中最高;叶柄长适中,为8.78 cm,其变异系数最小,为1.88%。这类菠菜种质材料表现出植株矮小、单株质量小、叶片宽短、抽穗早等特点,可作为小型植株培育的优良材料。

3 结论与讨论

植物不同性状的变异幅度是物种特有的遗传特性,是性状遗传多样性的具体表现,是反映某一物种资源丰富度的重要指标^[23]。本研究通过对33份菠菜种质的11个质量性状和6个数量性状进行分析比较,得出供试菠菜种质材料间数量性状的变异系数在29.07%~78.97%,单株质量的变异系数最大,叶长的变异系数最小,不同性状在不同材料间表现出不同程度的多样性。33份菠菜种质材料分为两大类群,进一步分为6个组群,各组群具有一定的形态学特征。其中第III组群和第VI组群的形态学特征明显,分别表现为植株高,叶片大,单株质量大,株型开展,较大型;植株矮小、单株质量小、叶片宽短、抽穗早等特点,可分别作为选育高产和小型植株的目标亲本加以利用。

由于菠菜的不同品种长期在不同生态环境下栽

培,再经过杂交选择,使现有的商业品种在形态、生长发育习性、生态适应性上都有很复杂的变异,遗传背景已经变得越来越复杂,而且相对狭窄,遗传多样性较为贫乏。从现有商业品种对菠菜进行遗传资源改良的意义不大,而很多目前生产中不常使用的菠菜地方品种和较为原始的类型遗传多样性丰富,很可能包含有重要经济价值的基因资源。梅焱等^[24]利用AFLP分子标记技术对45份菠菜育种材料的遗传多样性和亲缘关系进行了研究,结果表明,大多数来自同一地区或有此地区血统的资源聚到了一类,含有中国血统的杂交种聚为一个类群,也有一些遗传背景很相似的材料却被分在不同的类群,可能因为它们是多代自交系,第1代的种子较杂,后代分离比较大,而且也有可能和杂交技术有关。本研究通过对来自我国15个省份和地区的33份菠菜种质资源的形态学分析表明,供试的菠菜种质具有丰富的形态学特征。可能与其异花传粉的生物学特性有关,另外,还与本研究中供试种质的来源地广泛,不同地区保存的其特有等位基因有关。通过聚类分析,明确了菠菜种质资源的不同类型,这些丰富的遗传资源性状差异较大,将为以后的菠菜常规育种提供有利的材料基础和丰富的数据资源,深入挖掘和利用这些种质资源将是菠菜育种取得突破性进展的关键所在。

参考文献:

- [1] 袁玉伟.菠菜中常用农药残留动态及其限量研究[D].北京:中国农业科学院,2008:5-6.
- [2] 赵国丽,陈建华,代永青,等.塑料大棚茄子—芹菜—菠菜一年三茬高效栽培技术[J].蔬菜,2014(1):48-50.
- [3] 邓正春,吴仁明,吴平安,等.菠菜富硒生产关键技术[J].辣椒杂志,2013(4):45-47.
- [4] 张殿文.春菠菜栽培技术[J].吉林农业,2013(8):43.
- [5] 张万杰,李志芳,张庆忠,等.生物质炭和氮肥配施对菠菜产量和硝酸盐含量的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(10):1946-1952.
- [6] 刘晓英,徐志刚,焦学磊,等.可调LED光源系统设计及其对菠菜生长的影响[J].农业工程学报,2012,28(1):208-212.
- [7] 韩光明,孟军,曹婷,等.生物炭对菠菜根际微生物及土壤理化性质的影响[J].沈阳农业大学学报,2012,43(5):515-520.
- [8] 郭锋,樊文华,冯两蕊,等.硒对镉胁迫下菠菜生理特性、元素含量及镉吸收转运的影响[J].环境科学学报,2014,34(2):524-531.
- [9] 孙约兵,徐应明,史新,等.污灌区镉污染土壤钝化修

- 复及其生态效应研究 [J]. 中国环境科学, 2012, 32 (8): 1467-1473.
- [10] 赵海伊, 游巧宁, 于文书, 等. 重庆产木菠菜的营养成分及营养价值评价 [J]. 食品科学, 2011, 32 (5): 267-269.
- [11] 袁玉伟, 叶志华, 王静. 毒死蜱在菠菜家庭处理中的变化及其饮食摄入量的暴露评估 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25 (增刊): 582-585.
- [12] 杨金华, 邓传良, 张淮超, 等. 菠菜性别相关 RAPD 分子标记体系的建立和优化 [J]. 江苏农业科学, 2009 (2): 40-42.
- [13] 张南. 菠菜种质资源遗传多样性及耐寒性鉴定 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007.
- [14] 吴娅妮, 刘玲, 王文科, 等. 菠菜 AFLP 多态性引物组合的筛选 [J]. 中国食品学报, 2014, 14 (7): 207-213.
- [15] 高武军, 肖理会, 卢龙斗, 等. 菠菜的性别相关同工酶标记分析 [J]. 河南师范大学学报, 2006, 34 (4): 147-150.
- [16] 杨菁, 迟德钊, 刘玉皎, 等. 基于形态性状的青海蚕豆核心种质的初步构建 [J]. 分子植物育种, 2009, 7 (3): 599-606.
- [17] 孟淑春, 郑晓鹰, 刘玉梅, 等. 大白菜种质资源形态性状的多样性分析 [J]. 华北农学报, 2005, 20 (4): 57-61.
- [18] 唐浩, 余汉勇, 肖应辉, 等. 基于 DUS 测试的水稻标准品种形态性状多样性分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12 (6): 853-859.
- [19] Horejsi T, Staub J E. Genetic variation in cucumber (*Cucumis sativus L.*) as assessed by random amplified polymorphic DNA [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 1999, 46: 337-350.
- [20] 李锡香. 黄瓜种质资源遗传多样性的形态和分子评价及其亲缘关系研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2002.
- [21] 盖钧镒. 植物种质群体遗传结构改变的测度 [J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6 (1): 1-8.
- [22] 韦荣昌, 李虹, 蒋建刚, 等. 多倍体无籽罗汉果及其亲本遗传背景的 ISSR 分析 [J]. 园艺学报, 2012, 39 (2): 387-394.
- [23] 周俊国, 李新峰, 朱月林, 等. 蔓生型南瓜资源部分植物学数量性状的评价探讨 [J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8 (1): 30-34.
- [24] 梅燚, 崔彦玲, 郭军, 等. 菠菜育种材料的遗传多样性分析 [J]. 湖北农业科学, 2014, 53 (11): 2561-2566.

(上接第 112 页)

量较多的 K、Ca、Mg 等对人体有益的常量元素以及 Zn、Fe、Mn、Se 等人体必需的微量元素, 其中, 基部的 K、Ca、Mg、Mn 含量均比上部高。金针菇 2 个部位的氨基酸种类均较齐全, 人体必需氨基酸占氨基酸总量上部和基部分别为 35.10%、32.88%。

通过对金针菇 2 个部位营养成分的分析, 得出以菌柄基部为代表的下脚料仍具有较大的开发利用价值, 也为合理开发利用金针菇下脚料, 将其变废为宝提供有力的理论依据。同时对金针菇营养成分如多糖、蛋白质的有效提取积累基础数据。但本研究只对金针菇进行了部分营养成分分析, 没有涵盖其他营养成分及一些特定成分, 如次生代谢产物等, 有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 蔡和晖, 廖森泰, 叶运寿, 等. 金针菇的化学成分生物活性及加工研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2008, 29 (11): 171-175.
- [2] 王文亮, 徐同成, 刘丽娜, 等. 金针菇的保健功能及其开发前景 [J]. 中国食物与营养, 2011, 17 (7): 18-19.
- [3] Sabir S M, Hayat I, Hussain I, et al. Proximate analysis of mushrooms of Azad Kashmir [J]. Pakistan Journal of Plant Pathology, 2003, 2 (2): 97-101.
- [4] 许峰, 刘宇, 王守现, 等. 北京地区白色金针菇菌株的 SRAP 分析 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (10): 55-59.
- [5] 朱曼晔, 陈力力, 王雅君, 等. 金针菇橘子果冻的研制 [J]. 食用菌, 2011 (3): 61-63.
- [6] 吕远平, 赵志峰, 谭敏, 等. 麻辣金针菇休闲食品的工艺研究 [J]. 食品科学, 2007, 28 (4): 371-373.
- [7] 张素霞. 金针菇大豆酸奶的研制 [J]. 中国酿造, 2008, 27 (11): 97-99.
- [8] 梁永海, 李凤林, 张丽丽, 等. 金针菇发酵酒生产工艺的探讨 [J]. 食品研究与开发, 2006, 27 (6): 89-91.
- [9] 刘洁, 王文亮, 徐同成, 等. 金针菇多糖保健饮料的工艺研究 [J]. 饮料工业, 2011, 14 (10): 20-21.
- [10] 杨玉画, 李彩萍, 聂建军. 山西省食用菌产业现状分析与对策发展 [J]. 山西农业科学, 2011, 39 (7): 756-760.
- [11] 大连轻工业学院. 食品分析 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009: 286-289.
- [12] 李静, 聂继云, 李海飞, 等. Folin - 酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件 [J]. 果树学报, 2008, 25 (1): 126-131.
- [13] 郭波莉, 魏益民, 潘家荣, 等. 多元素分析判别牛肉产地来源研究 [J]. 中国农业科学, 2007, 40 (12): 2842-2847.
- [14] 孙建波, 张宇. 食用菌及其营养保健功效 [J]. 中国食物与营养, 2004 (4): 41-43.