

微波消解 ICP-AES 法测定萝卜肉质根矿质元素研究

孙 丽¹, 李 贞 霞¹, 原 让 花², 王 广 印¹, 张 欢¹

(1. 河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南省新乡市农业科学院, 河南 新乡 453003)

摘 要:采用微波消解电感耦合等离子体-原子发射光谱法(ICP-AES),对 10 个品种萝卜肉质根矿质营养元素的含量进行了测定,并利用隶属函数进行了综合评价。结果表明:“地黄纓”的钙、磷含量最高,“潍县萝卜”钙、磷含量最低;“潍县萝卜”的铁含量最高,“春翡翠”的铁含量最低;“春翡翠”的铜含量最高,“潍县萝卜”铜含量最低;“春翡翠”的锰含量最高,“潍县萝卜”锰含量最低。“新科 791”的锌含量最高,“北京甜脆”锌含量最低。综合评价以“地黄纓”综合性状最佳,“春翡翠”综合性状最差。

关键词:萝卜;肉质根;矿质元素;隶属函数

中图分类号:S 631.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)11-0034-03

萝卜属十字花科 1、2 a 生草本植物,是根菜类主要蔬菜,中国栽培萝卜历史悠久,是一种极具开发和利用价值的食物^[1-3]。矿质营养元素在萝卜生长发育过程中是必不可少的,充足有效的矿质营养供应是产量和品质形成的基础,适宜的各种矿质营养水平及其平衡关系是保证萝卜高产优质的前提。电感耦合等离子体-原子发射光谱法(ICP-AES)是目前矿质元素检测中常用方法之一,它能进行多元素同时测定,且具有基体效应小、线性范围宽、灵敏度高、干扰小等优点,已广泛应用于药物、食品、矿物、陶制品中微量元素分析^[4-7]。为了深入研究不同品种萝卜肉质根矿质营养吸收规律,该试验采用微波消解 ICP-AES 对新乡市农业科学院提供的 10 个萝卜品种肉质根中的矿质营养元素进行了测定,旨在为进一步推广和应用品质育种提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试 10 个萝卜品种分别为“水仙青”、“德日 2 号”、“791”、“地黄纓”、“春翡翠”、“新科 791”、“丰光”、“潍县萝卜”、“北京甜脆”、“南鲁堡”。2010 年 9 月 3 日于新乡市农业科学院萝卜试验基地播种育苗,9 月 28 日定植。行距 12 cm,株距 15 cm,小区面积 1.5 m²,重复 3 次。每 667 m²施底肥复合肥 50 kg。生育期进行常规栽培管理。

Ca、P、Fe、Cu、Mn 和 Zn 标准储备液浓度均为

1.0 g/L;HNO₃ 为优级纯;水为超纯水。

1.2 试验方法

2010 年 11 月 18 日取材,于 2011 年 3 月进行矿质元素测定。采样时每品种随机选取 3 株,先把萝卜洗干净,用吸水纸把萝卜擦干。然后分别从各品种根茎和真根切下宽度为 1 cm 的圆形薄片,剪碎混匀采取四分法取样,每个处理设 3 次重复进行测定。

1.3 项目测定

矿质元素含量采用微波消解法测定^[8]:首先用 MARS 微波消解仪(美国 CEM 公司)进行消解,然后使用 Optima 2100DV 电感耦合等离子体发射光谱仪(美国 Perkin Elmer 公司)进行测定。Optima 2100DV 电感耦合等离子体发射光谱仪工作条件:高频发生器激发频率 40.68 MHz,射频功率 1 300 W,等离子体气流量 15 L/min,辅助气流量 0.2 L/min,雾化器气流量 0.8 L/min,观测距离 15 mm,泵流量 1.5 mL/min,溶液提升量 1.5 mL/min,读数延迟时间 30 s,自动积分时间 1~2 s,重复次数 3 次。各矿质元素测定所用的波长及校准曲线见表 2。将各元素的标准储备液配制一系列混合标准工作液,标准溶液浓度均为 0.50、1.00、2.00、4.00、8.00 μg/mL,在选定的仪器操作条件下对标准工作液进行测试,化学工作站自动绘制校准曲线,其线性相关系数在 0.9999~1.000 之间^[9]。微波消解程序见表 1。

表 1 微波消解程序

消解程序	功率/W	升温时间/min	控温压力/kPa	温度/℃	持续时间/min
1	1 200	5	688	120	15
2	1 200	5	1 378	160	15
3	1 200	10	2 066	200	10

1.4 数据分析

数据处理在 Microsoft Excel 2003 软件上进行。

第一作者简介:孙丽(1977-),女,吉林磐石人,硕士,实验师,现主要从事植物生理生态等研究工作。E-mail: sunli0001977@126.com.

基金项目:河南省现代农业产业技术体系建设资助项目(S2010-03-G06);河南省科技攻关重点资助项目(112102110023)。

收稿日期:2013-01-24

采用模糊数学隶属函数法^[10],对6个矿质元素含量指标进行综合评价。隶属函数值计算公式: $R(X_i) = (X_i - X_{\min}) \times (X_{\max} - X_{\min})$,式中 X_i 为指标测定值, X_{\min} 、 X_{\max} 为所有参试材料某一指标的最小值和最大值。如果为负相关,则用反隶属函数进行转换,计算公式为: $R(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) \times (X_{\max} - X_{\min})$,将营养成分隶属函数值进行累加,并求得平均数,即为平均营养成分隶属值, X_i 越大表示其营养成分含量越高,其综合性状越好。

2 结果与分析

2.1 波长选择与校准曲线

ICP-AES对每个元素的测定都可以同时选择多条特征谱线,且光谱仪具有同步自动背景校正功能,一般在试验中选择共存元素谱线干扰少,精密度好和信噪比高的分析线,该试验所选定各元素分析波长见表2。将各元素的标准储备液配制成一系列混合标准工作液,在选定的仪器操作条件下对标准工作液进行测试,化学工作站自动绘制校准曲线,其线性相关系数均在0.9999~1.0000之间。

表2 6种矿质元素分析波长及校准曲线

元素	波长/nm	回归方程	相关系数
Ca	317.952	$A=21\ 230C-789.3$	0.9999
Cu	327.418	$A=29\ 200C-785.9$	0.9999
Fe	259.955	$A=34\ 090C-1\ 286.6$	0.9999
Mn	257.610	$A=221\ 800C-14.9$	1.0000
P	213.630	$A=976.4C+89.7$	0.9999
Zn	213.870	$A=34\ 110C-338$	0.9999

2.2 不同品种萝卜肉质根中矿质元素含量的比较

由表3可以看出,“地黄纓”的钙含量最高,为73.9737 mg/100g,其次是“新科791”,为70.8053 mg/100g;最低的是“潍县萝卜”,为40.0287 mg/100g,比“地黄纓”低45%。“地黄纓”与其它品种在5%和1%水平上存在显著差异,“新科791”、“南鲁堡”、“德日2号”钙含量与其它品种在5%水平上存在显著差异,“潍县萝卜”与其它品

表3 不同品种肉质根中矿质元素含量的比较

品种	Ca	P	Fe	Cu	Mn	Zn
“地黄纓”	73.9737aA	62.4156aA	1.3875cC	0.1349bB	0.1767bB	0.4624cdCD
“新科791”	70.8053bB	57.3614bB	1.0883eE	0.1063cdCD	0.1612cC	0.6099aA
“南鲁堡”	68.6082cB	52.1423cdC	0.9316fF	0.0951eD	0.1415eF	0.4650cCD
“德日2号”	52.9079dC	55.5155bBC	1.1027eDE	0.1104cC	0.1608cC	0.4748cC
“丰光”	48.3355eD	52.1816cdC	2.2403bB	0.1111cC	0.1447eF	0.4497deDE
“791”	48.2004eD	52.2291cdC	1.0650eE	0.1031cdeCD	0.1419eF	0.5167bB
“春翡翠”	47.9327eD	41.0098eD	0.9126fF	0.2660aA	0.2028aA	0.4108fF
“水仙青”	46.6708eD	55.0283bcBC	1.2166dD	0.1002deCD	0.1554cdCD	0.4763cC
“北京甜脆”	45.9912eD	51.5840dC	1.0627eE	0.1051cdCD	0.1520dDE	0.4055fF
“潍县萝卜”	40.0287fE	39.7384eD	3.5903aA	0.0699fE	0.1400eF	0.4384eE

2.3 综合评价

根据隶属函数公式计算出各项指标的隶属函数值,隶属函数平均值大小反应品种综合性状的优劣,平均值越大,说明综合性状越好^[11]。由表4可知,隶属函数值

种在5%和1%水平存在显著差异,其它品种间差异不显著。“地黄纓”的磷含量最高,为62.4156 mg/100g,其次是“新科791”,为57.3614 mg/100g,磷含量最低的是“潍县萝卜”,为39.7384 mg/100g。“地黄纓”与其它品种在5%和1%水平上存在显著差异。“潍县萝卜”与“春翡翠”无论是5%水平还是1%水平差异都不显著,与其它品种差异显著。“潍县萝卜”铁含量最高,为3.5903 mg/100g,其次是“丰光”,为2.2403 mg/100g,“春翡翠”的铁含量最低,为0.9126 mg/100g。“地黄纓”、“水仙青”、“德日2号”、“新科791”、“791”、“北京甜脆”、“春翡翠”、“南鲁堡”7个品种含铁量相当,基本在1.0 mg/100g水平左右。“潍县萝卜”、“丰光”、“春翡翠”、“南鲁堡”的铁含量与其它品种在5%和1%水平上存在显著差异。“春翡翠”的铜含量最高,为0.2660 mg/100g,“潍县萝卜”含量最低,为0.0699 mg/100g,其余品种铜含量均在0.1 mg/100g左右。“春翡翠”、“地黄纓”、“潍县萝卜”在5%水平与1%水平与其它品种均存在显著差异,其它品种在5%或1%水平上差异不显著。且在5%与1%水平与其它品种均存在显著性差异。“春翡翠”的锰含量最高,为0.2028 mg/100g,其次是“地黄纓”,为0.1767 mg/100g,含量最低是“潍县萝卜”,为0.1400 mg/100g,可见,10个品种锰含量差距不大。“春翡翠”、“地黄纓”在5%水平与1%水平与其它品种均存在显著差异,其它品种在5%或1%水平与其它品种差异不显著。10个品种萝卜肉质根锌含量差距不大,“新科791”的锌含量最高,为0.6099 mg/100g,其次为“791”,含量为0.5167 mg/100g,最低的为“北京甜脆”,含量为0.4055 mg/100g。“水仙青”、“德日2号”、“地黄纓”、“南鲁堡”、“丰光”、“潍县萝卜”这6个品种锌含量在0.4384~0.4763 mg/100g之间。“新科791”、“791”在5%水平与1%水平与其它品种均存在显著差异,“北京甜脆”、“春翡翠”之间差异不显著,与其它品种在5%水平与1%水平差异显著。

其由高到低依次为“地黄纓”>“新科791”>“丰光”>“791”>“德日2号”>“南鲁堡”>“水仙青”>“潍县萝卜”>“北京甜脆”>“春翡翠”。“地黄纓”的隶属函数值最高,所以其综合性状最好,其次是“新科791”;“春翡

表 4 萝卜矿质元素的隶属函数值

品种	Ca	Cu	Fe	Mn	P	Zn	平均值
“791”	0.25	1.00	0.06	0	0.60	0.61	0.42
“地黄纓”	1.00	0.06	0.15	0.60	1.00	0.29	0.52
“新科 791”	0.90	0.04	0.07	0.21	0.81	1.00	0.51
“丰光”	0.27	0.04	0.48	1.00	0.60	0.22	0.44
“潍县萝卜”	0	0	1.00	0.06	0	0.20	0.21
“北京甜脆”	0.24	0.03	0.05	0.32	0.63	0	0.21
“南鲁堡”	0.88	0.02	0	0.32	0.55	0.28	0.34
“德日 2 号”	0.38	0.04	0.08	0.85	0.78	0.35	0.41
“水仙青”	0.20	0.03	0.12	0.23	0.73	0.39	0.28
“春翡翠”	0.24	0.18	0.01	0.08	0.07	0.02	0.10

翠”的隶属函数值最低,所以其综合性状欠佳。

3 结论

不同品种萝卜肉质根矿质元素含量有很大不同。“地黄纓”的钙含量最高,“潍县萝卜”钙含量最低。“地黄纓”、“潍县萝卜”与其它品种在 5%和 1%水平存在显著差异。“地黄纓”的磷含量最高,磷含量最低的是“潍县萝卜”。“地黄纓”与其它品种在 5%和 1%水平上存在显著差异。“潍县萝卜”的铁含量最高,其次是“丰光”,“春翡翠”的铁含量最低,其它 7 个品种含铁量相当。“潍县萝卜”、“丰光”、“春翡翠”、“南鲁堡”的铁含量与其它品种在 5%和 1%水平上存在显著差异。“春翡翠”的铜含量最高,“潍县萝卜”含量最低,其余品种铜含量相差不大。“春翡翠”、“地黄纓”、“潍县萝卜”在 5%与 1%水平与其它品种均存在显著差异。“春翡翠”的锰含量最高,其次是“地黄纓”,锰含量最低的是“潍县萝卜”,10 个品种锰含量差距不大。“春翡翠”、“地黄纓”在 5%水平与 1%水平与其它品种均存在显著差异。10 个品种萝卜肉质根锌含量差距不大,“新科 791”的锌含量最高,其次为“791”,锌含量最低的为“北京甜脆”。“新科 791”、“791”

在 5%水平与 1%水平与其它品种均存在显著差异,“北京甜脆”、“春翡翠”之间差异不显著,与其它品种在 5%水平与 1%水平差异显著。

隶属函数值其由高到低依次为“地黄纓”>“新科 791”>“丰光”>“791”>“德日 2 号”>“南鲁堡”>“水仙青”>“潍县萝卜”=“北京甜脆”>“春翡翠”。“地黄纓”的隶属函数值最高,所以其综合性状最好,“春翡翠”的隶属函数值最低,所以其综合性状欠佳。

参考文献

- [1] 李新崢,蒋燕. 蔬菜栽培学[M]. 北京:中国农业科技出版社,2006:123.
- [2] 汪隆植,何启伟. 中国萝卜[M]. 北京:科学技术文献出版社,2005:292-313.
- [3] 孙丽莉,张金莲. 白萝卜中 7 种微量元素分析[J]. 微量元素与健康研究,2004,21(4):12.
- [4] 韩立新,李冉. ICP-AES 法测定茶叶、茶水中的矿物质和微量元素[J]. 光谱学与光谱分析,2002,22(2):304-306.
- [5] 万益群,肖丽凤,柳英霞,等. ICP-AES 法测定柚子不同部位中多种微量元素[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(9):2177-2180.
- [6] 侯天平,王松君,曹林,等. 微波消解 ICP-AES 法检测动物毛被中微量元素的方法研究[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(8):1933-1937.
- [7] 孙勇,张金平,杨刚,等. ICP-AES 法测定玉米中的微量元素含量[J]. 食品科学,2007,28(2):236-237.
- [8] 孙涌栋,李新崢,郝峰歌. 微波消解 ICP-AES 测定黄瓜果实膨大生长过程中的矿质元素[J]. 光谱实验室,2010,27(2):669-672.
- [9] 尹显峰,刘丹. 浅谈白萝卜的开发利用现状[J]. 科技致富向导,2011,26:793.
- [10] 彭祖赠,孙玉. 模糊(Fuzzy)数学及其应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2007.
- [11] 魏永红,梁宗锁,山仑,等. 利用隶属函数值法平均苜蓿抗旱性[J]. 草业科学,2005(6):33-36.

Study on Determination of Mineral Elements in Fleshly Root of Radish by Microwave Digestion ICP-AES Method

SUN Li¹, LI Zhen-xia¹, YUAN Rang-hua², WANG Guang-yin¹, ZHANG Huan¹

(1. School of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxing, Henan 453003; 2. Xinxing Academy of Agricultural Sciences, Xinxing, Henan 453003)

Abstract: Microwave digestion technique was used in the digestion of mineral elements of ten radish fleshy root, and the contents of Ca, P, Fe, Cu, Mn and Zn were determined by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry(ICP-AES), and comprehensive evaluation was done by membership function. The results showed that the contents of Ca and P of ‘Dihuangying’ were the highest, and the ‘Huaixian radish’ was the lowest. The content of Fe of ‘Huaixian radish’ was the highest, and the ‘Chunfeicui’ was the lowest. The content of Cu of ‘Chunfeicui’ was the highest, and the ‘Huaixian radish’ was the lowest. The content of Mn of ‘Fengguang’ was the highest and the ‘791’ was the lowest. The content of Zn of ‘Xinke 791’ was the highest, and the ‘Beijingtiancui’ was the lowest. In the comprehensive evaluation, ‘Dihuangying’ was the best and the ‘Chunfeicui’ was the worst.

Key words: radish; flesh root; mineral elements; membership functions