

文章编号 :1003-8701(2014)01-0080-05

# 不同北高丛蓝莓品种种子特性研究

乌凤章

(大连大学现代农业研究院,辽宁 大连 116622)

**摘要:**对 25 个北高丛蓝莓品种的种子特性进行了研究。结果表明:蓝莓品种之间种子形态特征和萌芽特征均存在显著差异。种子长度、宽度、长宽比、千粒质量变异系数分别为 9.40%、8.54%、7.02%和 24.78%。种子开始萌发时间、结束萌发时间、平均萌发时间变异系数分别为 12.38%、22.22%和 4.90%。种子萌芽率变异程度较大,变异系数为 52.58%。其中米德、爱国者、日出种子萌芽率高于其他品种,分别为 77.3%、73.3%和 60.7%。研究结果为蓝莓栽培和育种提供了科学依据。

**关键词:**蓝莓;种子萌发;种子;形态特征;萌芽率;变异系数

中图分类号:S663.9

文献标识码:A

## Studies on Seed Characteristics of Northern Highbush Blueberry Cultivars

WU Feng-zhang

(Institute of Modern Agricultural Research, Dalian University, Dalian 116622, China)

**Abstract:** Seed characteristics of 25 blueberry cultivars were studied in Dalian. The results showed that seed morphology and germinating characteristics were significant different among cultivars. Coefficients of variation of seed length, seed width, seed length /seed width and 1000-grain weight were 9.40%, 8.54%, 7.02% and 9.40%, respectively. Coefficients of variation of onset of seed germination, end of seed germination, mean germination time were 12.38%, 22.22% and 4.90%, respectively. Percentage of germination among varieties varied largely, the coefficient of variation was 52.58%. The percentage of germination of 'Mead', 'Patriot' and 'Sunrise' was higher than other cultivars, which was 77.3%, 73.3% and 60.7%, respectively. The research results can provide a scientific basis for cultivation and breeding of blueberry.

**Keywords:** Blueberry; Seed germination; Seed; Morphological Characteristics; Germinating percentage; Coefficient of variation

蓝莓是一种新兴的保健水果,其果实的抗氧化能力名列果蔬之首,对防止人体细胞衰老、预防老年性疾病如心脏病、白内障、癌症、记忆力衰退具有特殊的功效,因而被国际粮农组织列为人类五大健康食品之一。近几年,其鲜果和加工品价格昂贵,欧美等发达国家市场供不应求。为此荷兰、加拿大、澳大利亚、日本、智利等国家先后引种栽

培,现已初具商品产量。我国也引进了众多的国外蓝莓优良品种,试验及推广栽培面积迅速扩大,初具产业规模<sup>[1]</sup>。但蓝莓育种工作相对薄弱,具有自主知识产权的蓝莓新品种极少<sup>[2]</sup>。种子是种子植物进行有性生殖的最重要器官之一,是联系上下代植物体的纽带。尽管蓝莓通常以无性繁殖为主,但新品种的选育必须依靠种子繁殖。此外通过种子繁殖培育的砧木,带有病毒的几率很低,因此种子繁殖苗作为优良砧木的利用价值较高<sup>[3]</sup>。观测和试验表明,蓝莓种子细小,萌发时间较长,萌发开始时间达 55 d<sup>[4-5]</sup>。高丛蓝莓种子数量与授粉方式有关,杂交授粉的种子数/果远高于自交<sup>[6]</sup>。Eaton 发

收稿日期:2013-06-19

基金项目:大连市科技计划项目(2009B12NC015)

作者简介:乌凤章(1965-),男,博士,副教授,主要从事林木遗传育种研究。

现在 13 个高丛蓝莓品种或选择系中种子数量 / 果与果实大小相关系数为 0.59<sup>[7]</sup>。Castro 研究表明野生蓝莓 *Vaccinium meridionale* 在连续光照以及  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$  条件下萌芽率最高<sup>[8]</sup>。迄今为止未见不同蓝莓品种资源种子特性研究的报道。因此本研究对引进到辽宁南部地区的不同北高丛蓝莓品种种子特性展开研究,目的是为蓝莓的引种栽培、新品种选育提供基础数据和科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验时间、地点

田间试验于 2011 年 3~7 月在大连大学蓝莓试验基地进行,室内试验在 2011 年 8 月~2012 年 7 月在大连大学现代农业研究院综合实验室进行。

试验地点位于辽东半岛的南端,地处中纬度的大陆东岸,属暖温带大陆性季风气候。受海洋影响明显,夏无酷暑,冬无严寒;年平均气温为  $8.4\sim 10.5^\circ\text{C}$ ,大于  $10^\circ\text{C}$  积温为  $3\ 300\sim 3\ 700^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ ,无霜期 183.5 d;年日照  $2\ 500\sim 2\ 800\ \text{h}$ ,太阳辐射总量为  $543.92\sim 596.64\ \text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ;年降水量为  $600\sim 790\ \text{mm}$ 。

### 1.2 试验材料

试验材料包括从日本引进的伯克利(Berkeley)、克瑞顿(Croaton)、布里吉塔(Brigitta)、蓝丰(Bluecrop)、彭伯顿(Pemberton)、蓝光(Blueray)、蓝鸟(Bluejay)、哈里森(Harisson)、塞拉(Sierra)、康维尔(Coville)、达柔(Darrow)、山东 S5、柳叶(Willow)、蓝金(Bluegold)、维口(Weymouth)、陶柔(Toro)、纳尔逊(Nelson)、考林(Collins)、日出(Sunrise)、公爵(Duke)、艾克塔(Echota)、爱国者(Patriot)、米德(Meader)、蓝片(Bluechip)和赫伯特(Herberd)等 25 个品种。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计

采用完全随机区组设计,5 株单行小区,3 次重复。品种之间为自由授粉。

#### 1.3.2 种子计数

每个品种种子均来自第一次采集的果实。在每个重复中,从 5 个单株上采集 100 个果实,然后混合在一起,并精确称量,计算平均浆果重量。然后将果实放入烧杯中,加入 1 mL 浓食品级果胶酶,轻轻地捣碎。然后盖上透明塑料缠绕烧杯,并在室温下温育 48 h,去除果肉,获得种子。在铝盘中先放几层滤纸,然后种子薄薄地撒在滤纸上,在

空气中干燥约 2 d 后转移到小瓶中存储。用体视显微镜分出极小和空种子。统计正常发育的种子数,计算种子数 / 果。

#### 1.3.3 种子千粒质量测定

分别随机选取各参试蓝莓品种的饱满种子 100 粒,采用精确度达万分之一克的梅特勒电子天平(瑞士)称质量。

#### 1.3.4 种子形状大小测量

分别随机选取各参试蓝莓品种的饱满种子 100 粒,在生物显微镜(OLYMPUS BX63) 4 倍物镜下,测量每粒种子的长、宽。在体视显微镜下 15 倍目镜、5 倍物镜下观察蓝莓品种布里吉塔和蓝丰形态,每个品种观测 5 粒种子,并进行显微照相。

#### 1.3.5 种子萌芽能力观测

试验前将储藏在  $4^\circ\text{C}$  条件下 4 个月的蓝莓种子用 0.1% 的高锰酸钾溶液浸泡 10 min,然后用清水反复冲洗干净后备用。种子在恒定  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  温度、半光照(每天光照时间为 12 h,光照强度为  $2\ 000\ \text{lx}$  条件下萌发。每个品种 4 次重复,每次重复 100 粒种子。将种子置于直径为 75 mm 垫有湿润滤纸的培养皿中催芽,每天观察并补水保持滤纸湿润。种子萌发以胚根的出现为标志。在萌芽末期连续 5 d 萌芽粒数平均不足供试种子总数的 1% 时计算萌芽率,并计算平均萌芽时间。各萌芽指标计算公式如下<sup>[8-9]</sup> :

$$\text{萌芽率} = (\text{正常萌芽种子粒数} / \text{参试种子总粒数}) \times 100\%$$

$$\text{平均萌芽时间} = \sum (G_i \times D_i) / \sum G_i$$

其中  $G_i$  为第  $i$  天萌芽种子数,  $D_i$  为天数。

### 1.4 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 进行计算,用 SPSS16.0 统计软件进行方差分析、回归分析及相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 蓝莓种子形态特征

在 25 个蓝莓品种中选择 2 个品种布里吉塔和蓝丰在解剖镜下观测种子形态,可见蓝莓布里吉塔和蓝丰种子颜色为淡黄色,具有网状纹饰,网壁隆起,网胞为四边形或五边形,外形分别为长圆形和长卵形;布里吉塔网壁较宽,网眼分布密集,而蓝丰较布里吉塔网壁较窄,网眼较大,二者的网状纹饰整齐度较差。

25 个北高丛蓝莓品种种子长度、宽度和长宽

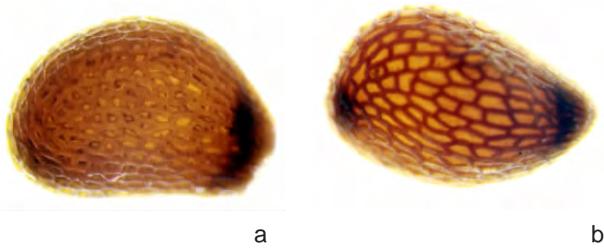


图 1 蓝莓种子形态

a: 布里吉塔, b: 蓝丰

比的平均值分别为 1.42 mm、0.86 mm 和 1.64。方差分析表明这 3 个形态指标品种之间均存在显著差异。通过多重比较可知:在 25 个蓝莓品种中,爱

国者种子最长,为 1.77 mm,其次为山东 S5、公爵、塞拉,最小的为考林,为 1.23 mm,其余品种居中;爱国者种子最宽,为 1.05 mm,其次为塞拉、山东 S5 和公爵,宽度最小的是纳尔逊、考林、蓝金,其余品种居中;维口和陶柔长宽比最大,为 1.84、1.83,其次为蓝鸟、克瑞顿和米德,最小的为艾克塔、赫伯特和伯克利,其余品种居中。这些品种种子的长度、宽度和长宽比都存在多个等级,变异系数分别为 9.40%、8.54%、7.02%,表明 3 个形态指标变异程度接近(表 1)。

## 2.2 种子千粒质量

表 1 供试材料及其特征形状

品种	种子长(mm)	种子宽(mm)	种子长/宽	种子千粒质量(g)	种子数/果	单果重(g)
伯克利	1.28 lm	0.87 e	1.47 i	0.26 i	34.2 l	1.27
克瑞顿	1.40 f	0.79 h	1.77 c	0.16 k	41.0 j	0.99
布里吉塔	1.34 i	0.79 h	1.70 e	0.45 c	16.3 s	1.47
蓝丰	1.30	0.88 e	1.48 j	0.38 e	57.3 c	1.47
彭伯顿	1.46 f	0.84 fg	1.74 d	0.35 f	38.4 k	0.85
蓝光	1.34 i	0.88 e	1.52 i	0.48 ab	20.2 p	1.43
蓝鸟	1.49 e	0.83 g	1.80 b	0.41 d	49.3 ghi	1.33
哈里森	1.50 de	0.93 c	1.61 g	0.47 b	21.1 p	1.2
塞拉	1.53 c	0.96 b	1.59 h	0.44 c	24.8 n	1.46
康维尔	1.31 jk	0.83 g	1.58 h	0.36 f	50.0 fgh	1.04
达柔	1.29 klm	0.80 h	1.61 g	0.32 g	25.0 n	1.85
山东 S5	1.60 b	0.96 b	1.67 f	0.30 h	23.0 o	1.40
柳叶	1.43 g	0.90 d	1.59 h	0.38 e	29.0 m	0.69
蓝金	1.24 nop	0.77 i	1.61 g	0.24 j	51.0 efg	1.65
维口	1.47 f	0.80 h	1.84 a	0.41 d	51.3 efg	0.86
陶柔	1.46 f	0.80 h	1.83 a	0.41 d	95.3 a	1.56
纳尔逊	1.25 no	0.75 j	1.67 f	0.23 j	25.2 n	2.16
考林	1.23 no	0.76 ij	1.62 g	0.23 j	40.0 jk	1.51
日出	1.50 de	0.90 d	1.67 f	0.36 f	39.3 k	1.34
公爵	1.59 b	0.95 b	1.67 f	0.29 h	53.2 d	1.71
艾克塔	1.28 lm	0.90 d	1.42 l	0.26 i	27.4 m	1.24
爱国者	1.77 a	1.05 a	1.69 e	0.49 a	18.2 r	1.16
米德	1.50 de	0.85 f	1.76 c	0.41 d	56.9 c	0.71
蓝片	1.51 d	0.87 e	1.74 d	0.41 d	61.7 b	1.16
赫伯特	1.33 i	0.92 c	1.45 k	0.35 f	48.2 hi	0.66
平均值	1.42	0.86	1.64	0.35	39.9	1.29
标准差	0.13	0.07	0.12	0.09	17.87	
变异系数	9.40	8.54	7.02	24.78	44.79	

注:同一列中,不同小写字母表示差异显著( $p < 0.05$ ),下同。

25 个蓝莓品种种子千粒质量平均为 0.35 g,方差分析表明品种之间存在显著差异。多重比较结果显示爱国者、蓝光和哈里森种子千粒质量较大,在 0.47~0.49 g 之间;克瑞顿、考林、纳尔逊种

子千粒质量较小,在 0.16~0.24 g 之间,其余品种居中(表 1)。25 个品种蓝莓种子千粒质量也存在多个等级,变异系数为 24.78%,说明种子千粒质量变化程度较大。通常种子质量大,萌芽率高,如

爱国者种子千粒质量最大,萌芽率达 73.3%,米德种子千粒质量为 0.41g,萌芽率为 77.3%,但蓝光的种子千粒质量为 0.48g,但萌芽率仅为 19.5%,这说明并非所有蓝莓品种种子千粒质量与萌芽率都具有显著相关性。

### 2.3 种子数 / 果

25 个蓝莓品种种子数 / 果平均值为 40 个,方差分析表明品种之间存在显著差异,变异系数达 44.79%,说明变异程度远高于种子长、千粒质量等。多重比较结果显示陶柔种子数 / 果为 95.3 个,明显高于其余品种,其次为蓝片、蓝丰、米德;

布里吉塔、爱国者、蓝光、哈里森种子数 / 果最少,而这 4 个品种的种子较大。对 25 个蓝莓品种的单果重、种子数 / 果进行相关分析表明相关系数不明显。

### 2.4 千粒质量种子形态指标和百果重的关系

从表 2 可以看出,种子长度与千粒质量呈显著线性关系,也即种子越长,千粒质量也越大。种子宽度与千粒质量也呈显著线性相关。因此可根据种子长度对千粒质量进行预测。相关分析表明种子千粒质量与百果重未呈现显著线性相关(表 2)。

### 2.5 种子萌芽特征

表 2 千粒质量与种子形态指标和百果重的线性相关分析

指标	c1	c2	R <sup>2</sup>	F 值	残差平方和	P
长	-1.15	0.331	0.253	7.79	0.048	0.01
宽	-0.095	0.520	0.188	5.35	0.036	0.03
百果重	0.432	-0.01	0.064	1.58	0.012	0.22

从表 3 可以看出,25 个品种蓝莓种子萌芽开始时间、萌芽结束时间、总萌芽率和平均萌芽时间的平均值分别为 15.8 d、79.4 d、35.65%和 29.8 d;方差分析表明,这些指标在品种之间均存在显著差异,变异系数分别为 12.38%、22.22%、52.58%和 4.90%。多重比较显示蓝光萌芽开始时间最长,为 22 d,与其余品种差异显著,其次为克瑞顿、布里吉塔和山东 S5,为 19 d,与其余品种差异显著;伯克利、塞拉、陶柔、公爵、艾克塔和爱国者萌芽开始时间最短,为 14 d,与其余品种差异显著;其余品种居中。山东 S5 和日出萌芽结束时间最长,为 105 d,与其余品种差异显著,布里吉塔萌芽结束时间最短,为 36 d,其余品种居中。

平均萌芽时间是衡量种子萌芽快慢的一个指标,同一处理的不同品种,其值越小,表示该品种萌芽迅速,萌芽能力强。从表 3 可以看出,平均萌芽时间在 30 d 以上的有山东 S5、克瑞顿、蓝金、日出、艾克塔、维口和伯克利,其余品种在 30 d 以下(包括 30 d)。总体来说蓝莓种子萌芽能力较弱。

从表 3 可以看出,种子萌芽率较高的为米德、爱国者、日出、纳尔逊、彭伯顿和哈里森,超过 50%;萌芽率较低的依次为布里吉塔、克瑞顿、蓝片、康维尔、赫伯特、蓝金、蓝光,均低于 20%,其余品种在 20%~50%之间。总体来看,种子萌芽率的变异程度很大,多数蓝莓品种萌芽率较低。

## 3 讨论与结论

表 3 不同品种蓝莓种子萌芽特性

品种	萌芽开始时间(d)	萌芽结束时间(d)	总萌芽率(%)	平均萌芽时间(d)
伯克利	14.0 f	98.0 b	25.7 hi	30.3 abcde
克瑞顿	19.0 b	98.0 b	15.4 l	31.7 ab
布里吉塔	19.0 b	36.0 g	4.4 m	30.0 abcdef
蓝丰	15.0 e	68.0 d	28.0 h	28.4 ef
彭伯顿	16.0 d	85.0 c	53.3 d	28.8 def
蓝光	22.0 a	57.0 f	19.5 jk	30.0 abcdef
蓝鸟	15.0 e	85.0 c	41.3 f	29.0 def
哈里森	16.0 d	85.0 c	52.7 d	29.9 abcdef
塞拉	14.0 f	85.0 c	41.2 f	29.4 cdef
康维尔	16.0 d	85.0 c	18.7 jk	29.6 cdef
达柔	16.0 d	85.0 c	42.0 f	29.6 cdef
山东 S5	19.0 b	105.0 a	20.7 j	31.8 a
柳叶	17.0 c	85.0 c	42.7 f	29.4 cdef

续表 3

品种	萌芽开始时间(d)	萌芽结束时间(d)	总萌芽率(%)	平均萌芽时间(d)
蓝金	15.0 e	98.0 b	19.3 jk	31.7 ab
维口	15.0 e	98.0 b	23.5 i	30.7 abcd
陶柔	14.0 f	63.0 e	30.9 g	28.1 f
纳尔逊	15.0 e	68.0 d	58.3 c	29.7 bcdef
考林	15.0 e	63.0 e	46.0 e	29.6 cdef
日出	15.0 e	105.0 a	60.7 c	31.3 abc
公爵	14.0 f	57.0 f	31.3 g	29.7 bcdef
艾克塔	14.0 f	98.0 b	27.3 h	30.8 abcd
爱国者	14.0 f	85.0 c	73.3 b	29.6 cdef
米德	15.0 e	68.0 d	77.3 a	29.6 cdef
蓝片	15.0 e	63.0 e	17.3 kl	29.0 def
赫伯特	16.0 d	63.0 e	19.3 jk	28.1 f
平均	15.8	79.4	35.6	29.8
标准差	1.95	17.65	18.72	1.46
变异系数(%)	12.38	22.22	52.58	4.9

25 个蓝莓品种都属于越橘属北高丛类型,其种子特征表现高度一致,浅黄色,长卵形或长圆形。在 65 倍体视显微镜下可见清晰网状纹饰,网壁宽度、网眼分布均匀度和整齐度不同。在植物微形态研究中,种子表面特征的观察与分析已在解决不同等级分类群的系统发育关系上发挥重要作用。相对叶而言,种子受环境饰变影响较小,它的表面纹饰特征多样性可以为植物系统发育与进化及品种间的亲缘关系提供有价值的信息和较为可靠的证据。通过对越橘属 25 个蓝莓品种种子特征超微结构比较可以进一步对它们进行区别鉴定。

25 个蓝莓品种种子长度在 1.23 ~ 1.77 mm 之间,种子宽度在 0.75 ~ 1.05 mm 之间,种子长宽比在 1.42 ~ 1.84 之间,变异系数分别为 9.40%、8.54%、7.02%,变异程度接近。种子数/果在 16.3 ~ 95.3 个之间,变异系数为 44.79%,变异程度极大。种子的大小(重量)是每个后代物质与能量投资的指数,小种子产出成本低,种子数量多,而大种子则相反<sup>[10]</sup>。也许这种种子繁殖差异反映了不同品种蓝莓适应环境对策的差异。

对 25 个蓝莓品种的单果重、种子数/果进行相关分析,表明相关系数不明显,与前人的研究不同<sup>[6]</sup>,可能与研究取样本数不同或授粉方式不同有关。但这种特性为优良品种选育提供了选择的可能,如达柔、纳尔逊、布里吉塔等品种种子数/果较少,但单果重较大,同等条件下可以作为优先选择的对象。

不同蓝莓品种种子千粒质量在 0.23 ~ 0.48 g

之间,变异系数为 24.78%。种子千粒质量与种子长、宽呈显著线性相关关系,可以用种子长度推测种子千粒质量。

蓝莓品种种子开始萌发时间在 14 ~ 22 d 之间,种子结束萌发时间在 36 ~ 105 d 之间,平均萌发时间在 28 ~ 32 d 之间,变异系数分别为 12.38%、22.22%和 4.90%。种子萌芽率较高的为米德、爱国者、日出,分别为 77.3%、73.3%和 60.7%;布里吉塔种子萌芽率最低,为 4.4%,克瑞顿、蓝片、康维尔等品种萌芽率在 10% ~ 20%,变异系数为 52.58%,可见蓝莓品种萌芽率较低且变异程度极大。蓝莓品种间各萌发指标在周围环境一致的情况下差异显著,主要与种子本身特性有关。不同蓝莓品种种子中糖类、脂质和蛋白质含量也不一样,而种子萌发时有从异养到自养的一段过程,三大物质是保证种子从异养顺利转向自养的基础,因此萌发特性也就不同。

#### 参考文献:

- [1] 李丽敏,赵春雷,郝庆升. 中外蓝莓产业比较研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(23): 354-359.
- [2] 王慧亮,张慧琴,肖金平,等. 蓝莓育种研究概况[J]. 浙江农业科学, 2010(3): 441-443.
- [3] 日本ブルーベリー協会. ブルーベリー-全書(品種・栽培・加工利用)[M]. 東京:株式会社創森社, 2005: 138.
- [4] 杜凤国,王葛荣,张少斌,等. 6 种越橘种子表皮雕纹的电镜观察[J]. 吉林林学院学报, 1998, 14(4): 190-192.
- [5] 刘肖,苏淑钗,侯智霞,等. 蓝莓人工杂交及幼苗培育技术研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(34): 263-267.

草提高土壤有机质含量、维持果园土壤肥力已成为果树优质高效生产的关键技术<sup>[17]</sup>。刈割是生草制果园草被管理与应用的主要方式,直接影响草种的生长发育、形态结构、生产力 and 品质<sup>[18]</sup>。张瑞珍等研究表明,随刈割高度的增加,多花黑麦草年产量增加,生长强度增加,再生速度减慢,粗蛋白含量下降<sup>[19]</sup>。

本研究表明,留茬 10 cm 刈割红三叶茎叶幼嫩、光合效率高、有效光合时间长、分蘖数明显增加、组织纤维化程度低、总产量低,说明在生草初期留茬 10 cm 刈割有利于草域建植,但不利于总产量的提高和土壤有机物料的输入。留茬 40 cm 刈割和未刈割处理茎叶组织纤维化程度高、总产量较高、光合效率低、有效光合时间短、分蘖数过低,说明留茬 40 cm 刈割和未刈割有利于土壤有机物料的输入,但不利于草域建植和持续生产。留茬 20 cm 刈割红三叶茎叶组织纤维化程度居中、光合效率较高、有效光合时间较长、分蘖数居中、分枝数高、总产量高,有利于建植草域的持续生产、总产量的提高和土壤有机物料的输入。综合分析,20 cm 为已建植红三叶草域的适宜刈割高度。

参考文献:

[1] 吕德国,秦嗣军,杜国栋,等. 果园生草的生理生态效应研究与应用[J]. 沈阳农业大学学报, 2012, 43(2): 131-136.

[2] 寇建村,杨文权,韩明玉,等. 我国果园生草研究进展[J]. 草业科学, 2010, 27(7): 154-159.

[3] Korte N, Porembski S. Suitability of Different Cover Crop Mixtures and Seedlings for a New Tree Row Management in an Organic Orchard [J]. Gesunde Pflanzen, 2010, 62 (2): 45-52.

[4] Wang Quan-Ying, Zhou Dong-Mei, Cang Long. Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2009(41): 1504-1509.

[5] 孟林,俞立恒,毛培春,等. 苹果园间种鸭茅和白三叶对园区小环境的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(8): 132-136.

[6] 李会科,张广军,赵政阳,等. 渭北黄土高原旱地果园生草对土壤物理性质的影响 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(7): 2070-2076.

[7] 李国怀,伊华林. 生草栽培对柑橘园土壤水分与有效养分及果实产量、品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 161-163.

[8] 邱昌朋,王 忆,张新忠,等. 北京郊区苹果园生草栽培适宜草种的筛选与评价[J]. 中国果树, 2012(2): 18-22.

[9] Yau J A. Yield of early planted barley after clipping or grazing in a semiarid area [J]. Agronomy Journal, 2003, 95(4): 821-827.

[10] Frank K W, Gausson R E, Riordan T P, et al. Nitrogen rate and mowing height effects on Turf-type Buffalograss [J]. Crop Science, 2004, 44(5): 1615-1621.

[11] 赵萌莉,许志信. 短花针茅荒漠草原主要牧草再生特性及其影响因素的研究[J]. 草地学报, 1994, 2(2): 33-41.

[12] Samantha H, Roy T. Compensatory growth of three herbaceous perennial species: the effects of clipping and nutrient availability [J]. Canadian Journal of Botany, 2000, 78(6): 759-767.

[13] 王海洋,杜国祯,任金吉. 种群密度与施肥对垂穗披碱草刈割后补偿作用的研究 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 477-483.

[14] 崔家升,李晓萍. 世界苹果种植概况与我国苹果生产前景展望[J]. 北方果树, 2012(4): 1-3.

[15] 黄显淦. 谈谈我国的果园绿肥 [J]. 山西果树, 1980(2): 33-38.

[16] 石元亮,王玲莉,刘世彬,等. 中国化学肥料发展及其对农业的作用[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 852-864.

[17] 陈学森,郝玉金,杨洪强,等. 我国苹果产业优质高效发展的 10 项关键技术[J]. 中国果树, 2010(4): 65-67.

[18] 刘 震,刘金祥,张世伟. 刈割对豆科牧草的影响[J]. 草业科学, 2008, 25(8): 79-84.

[19] 张瑞珍,张新跃,何光武,等. 不同刈割高度对多花黑麦草产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2008, 25(8): 68-72.

(上接第 84 页)

[6] Mark K. Ehlenfeldt. Self- and Cross-fertility in Recently Released Highbush Blueberry Cultivars[J]. HORTSCIENCE, 2001, 36(1): 133-135.

[7] Eaton, G.W. The relationship between seed number and berry weight in open-pollinated highbush blueberries [J]. HortScience, 1967(2): 14-15.

[8] Camilo Castro, Yamile Olart, Leidy Rach, et al. Development of a germination protocol for blueberry seeds (*Vaccinium meridionale* Swartz)[J]. Agronomía Colombiana, 2012, 30(2): 196-203.

[9] 刘慧霞,申晓蓉,郭正刚. 硅对紫花苜蓿种子萌发及幼苗生长发育的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(1): 155-160.

[10] Willson M F. Plant Reproductive Ecology [M]. New York: Wiley, 1983:1-282.