蜜蜂春季增长阶段饲料适宜蛋白质水平的研究*

郑本乐** 李迎军 杨维仁 胥保华***

(山东农业大学动物科技学院 泰安 271018)

摘 要 早春将群势、蜂王年龄和质量基本一致的30群意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica* Spinola,随机分为5个处理组和1个对照组。处理组分别饲喂蛋白质水平为20%、25%、30%、35%和40%的5种代用花粉饲料,对照组饲喂油菜花粉,观测饲料蛋白质水平对蜂群群势、取食量、初生重以及蜂体组织蛋白含量的影响。结果表明对照组中蜜蜂对油菜花粉的取食量最高,但仅显著高于蛋白质水平为40%的饲料($P < 0.05$);蛋白质水平为25%、30%、35%的处理组群势增长差异不显著($P > 0.05$),但均显著高于对照组($P < 0.05$);随着饲料蛋白质水平升高,工蜂初生重逐渐升高,在35%到达最高值,随后又下降;饲喂蛋白质水平为20%、25%、30%饲料的蜂体组织蛋白含量与对照组差异不显著($P > 0.05$),饲喂蛋白质水平为35%、40%饲料的蜜蜂体组织蛋白含量显著高于对照组($P < 0.05$)。

关键词 意大利蜜蜂,饲料,蛋白质水平,群势,取食量,初生重

Effect of dietary protein level on colony development of honey bees (*Apis mellifera ligustica*) in spring

ZHENG Ben-Le** LI Ying-Jun YANG Wei-Ren XU Bao-Hua***

(College of Animal Science, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract A feeding trial was conducted to investigate the effect of dietary protein levels on the population growth, food consumption, emergent weight and body protein of *Apis mellifera ligustica* Spinola. In early spring, 30 *A. mellifera ligustica* colonies of equal size, queen quality and age were randomly divided into 5 treatment groups and 1 control group. The treatment groups were fed experimental diets containing different amounts of dietary protein (20%, 25%, 30%, 35%, 40%), and the control group was fed rape pollen. The results indicate that the food intake of the control colonies was significantly higher than that of the 40% protein group ($P < 0.05$). The adult population growth of the 25%, 30% and 35% protein groups were not significantly different ($P > 0.05$), but all were significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$). The emergent weight of workers increased in colonies fed up to 35% dietary protein, but decreased in colonies fed higher levels of dietary protein. There was no obvious difference in the body protein of the nurse worker bees between the control group and treatment groups receiving 20%, 25% and 30% dietary protein ($P > 0.05$), but the body protein of nurse worker bees in the other treatment groups was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$).

Key words *Apis mellifera ligustica*, bee bread, protein level, adult bee population, food consumption, emergent weight

蜂群经过寒冷的越冬期后,蜂王从开始产卵到流蜜阶段到来为蜜蜂的春季增长阶段(周冰峰,2002)。为了在主要花期来临时,使蜂群的壮年蜂出现高峰期,就需要在有限的春季增长阶段加速蜜蜂群势的增长,而饲料是影响蜜蜂春季繁殖的重要因素之一。由于此时外界还无蜜粉源,必须及时补充蜜粉饲料,避免因饲料不足对蜂群的恢复和发展造成影响。

* 资助项目:现代农业蜂产业技术体系建设专项资金(NYCYTX-43)、公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903006)。

**E-mail: zblfangzhou@163.com

***通讯作者,E-mail:bhxu@sdau.edu.cn

收稿日期:2011-01-11,接受日期:2011-03-22

蛋白质是蜜蜂进行繁殖的主要营养素之一。Schmidt 和 Buchmann(1985)研究发现,工蜂羽化后 28 d 内平均每只要消耗 19.2 mg 蛋白质。自然环境中,蜜蜂缺少花粉这一主要蛋白质源(Mattila and Otis,2006a),将会影响蜜蜂的生长发育,导致蜂王产卵和工蜂育子能力降低(Haydak,1970),蜂群群势急剧下降,甚至整个蜂群消亡(Mattila and Otis,2006b)。在繁殖时期,蛋白质营养将会直接影响羽化工蜂的体重和体组织蛋白含量(Kunert and Crailsheim,1988)。

当外界无蜜粉源时,可以饲喂蜜蜂蛋白质饲料代替花粉作为蛋白质源,使蜂群群势增长以保证蜜蜂授粉、越冬和蜂产品的生产等(Goodwin *et al.*, 1994)。蜂粮和蜂王浆中的多数营养活性物质来源于蜜蜂蛋白质饲料,蛋白质饲料的优劣必定影响蜂群的繁殖及蜜蜂的发育(胡福良等,2004;王志等,2005;程艳华等,2008)。长期以来养蜂生产中采用的人工蜜蜂饲料大多凭经验配制,但其营养是否能够满足蜜蜂的需要无法保证。本文采用不同蛋白质水平的饲料饲喂蜜蜂,通过不同蛋白质水平饲料对蜜蜂春季增长阶段群势、工蜂初生重和蜂体蛋白质含量影响的研究,为研究蜜蜂饲料和蜜蜂饲料中蛋白质添加量提供科学依据。

1　材料与方法

本实验于 2010 年 2 月 21 日至 4 月 3 日在泰安市桃花峪山东农业大学实验蜂场进行。

1.1　试验材料

1.1.1　试验蜂群　采用郎氏标准蜂箱饲养的意大利蜜蜂 30 群。蜂王年龄及质量基本一致,试验开始前,将蜂群群势均调整到 2 足框蜂。用统一标准的空巢脾替换蜂箱中原有的旧巢脾。

1.1.2　供饲饲料　以大豆粕、玉米粉、花生分离蛋白为蛋白质源,设计 5 个蛋白质水平,分别为 20%(P1)、25%(P2)、30%(P3)、35%(P4)、40%(P5)。调整大豆粕、玉米粉、花生分离蛋白添加量,使各组饲料能量相等(约 17.5 kJ/g),饲料组成及营养水平见表 1。各种原料粉碎过 120 目筛(颗粒大小约为 120 μm),按配方比例准确称重后混合均匀,配制成干粉料,然后密封保存。

表 1　代用花粉饲料配方组成(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air dry basis)

项目 Items	处理 Treatments				
	P1	P2	P3	P4	P5
原料 Ingredients(%)					
膨化豆粕 Extruded soybean meal	35.0	33.0	40.0	44.0	68.5
膨化玉米 Extruded corn flour	12.0	12.5	18.0	19.6	0.0
花生分离蛋白 Peanut protein isolated	2.0	8.0	9.0	12.0	8.0
白砂糖 White granulated sugar	49.8	45.3	31.8	23.2	22.3
磷酸二氢钙 $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
维生素预混料 Vitamin premix[1]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
柠檬酸钠 Sodium citrate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels					
粗蛋白 Crude Protein[2](%)	20.16	25.03	30.05	35.04	40.20
粗蛋白 Crude Protein[3](%)	20.02	25.32	30.00	35.14	40.54
总能 Gross energy(kJ/g)[4]	17.21	17.50	17.42	17.54	17.75

注:1. 维生素预混料为每千克饲料提供:维生素 A,5 000 IU;维生素 B1,5.4 mg;维生素 B2,6 mg;维生素 C,100 mg;维生素 D3,2 000 IU;维生素 E,240 mg;维生素 B6,7 mg;叶酸,20 mg;烟酸,18 mg;肌醇,318 mg。2. 计算值。3. 实测值。4. 计算值,根据蛋白质、脂肪、碳水化合物的能量 23.64、39.54 和 17.50 kJ/g 计算得出。

1. Vitamin premix contained the following vitamins per kilogram feed: vitamin A, 5 000 IU; thiamin, 5.4 mg; riboflavin, 6 mg; vitamin C, 100 mg; vitamin D3, 2 000 IU; vitamin E, 240 mg; vitamin B6, 7 mg; folacin, 20mg; niacin, 18 mg; inositol, 318 mg. 2). The calculated value. 3. The measured value. 4. The calculated value, and gross energy (kJ/g diet) = (% crude protein ×23.64) + (% crude lipids ×39.54) + (% carbohydrates ×17.50).

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 本试验采用单因子随机分组设计，在早春选取蜂王、群势基本一致的意大利蜜蜂 30 群，随机分为 6 个组，每组 5 群蜂，每群为 1 个重复。其中 5 个处理组（P1、P2、P3、P4、P5），分别饲喂不同蛋白质水平的饲料；1 个对照组（C），饲喂油菜花粉。试验期间，蜂群巢门均安装脱粉器，防止蜜蜂把天然花粉带入蜂巢。

1.2.2 饲喂方法 饲喂时，将 5 种不同蛋白质水平的饲料作为干粉料，与荆条蜜和白砂糖按比例（10∶4∶5）混匀，加入适量饮用水，反复搓揉，直至无块状，密封 5 h，使水分被充分吸收（肖培新和胥保华，2010）。将饲料投放于巢脾框梁上任其自由采食，每隔 3 d 查看 1 次蜂群（余林生和孟祥金，2002），以保证蜂群处于蜜、粉充足状态，以及饲料新鲜。

1.3 数据记录

1.3.1 蜂群饲料干物质采食量的测定 将不同蛋白质水平的饲料放于框梁上供蜜蜂取食，每 3 d 检查 1 次，将变质的饲料取出，记录每次放入取出饲料的重量，统计每群蜜蜂的采食量，并计算各处理干粉料消耗量。

1.3.2 蜂群群势的测定 试验期间，每隔 12 d 用目测法估出各群蜂量（余林生等，2007）。蜂群群势的计算方法为：郎氏标准蜂箱的完整巢脾，其两侧脾面（不包括梁框）爬满蜜蜂，不重叠，无空隙，这些脾面上工蜂成虫数量为 1 足框蜂（Burgett and Burikam，1985；周冰峰，2002）。

1.3.3 工蜂初生重的测定 按照王志等（2005）介绍的方法，每群随机采集 30 只刚羽化的工蜂，用 J230023 型电子天平（感量为 0.0001 g）称量工蜂的初生重。

1.3.4 蜜蜂体组织蛋白含量的测定 按照 Oliveira 等（2009）介绍的方法，每群采集 50 只哺育蜂，为避免肠道内容物的影响，去除蜜蜂的腹部，采用常压干燥法测定水分；采用半微量凯氏定氮法测定粗蛋白的含量。

1.4 数据处理

试验数据用平均值 ± 标准误（$\bar{x} \pm SE$）表示，采用 SAS（V8）统计软件 ANOVA 法进行单因子方差分析，平均数进行 Duncan 氏法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 蜜蜂取食量的比较

蜂群在试验期间对于不同蛋白质水平的饲料取食量见表 2。蜜蜂对于油菜花粉的取食量最高，说明相对于所配制的饲料，蜜蜂对于油菜花粉有较佳的取食倾向。蛋白质水平 20%、25%、30%、35% 的各组饲料总取食量和干粉消耗量均与对照组差异不显著（$P > 0.05$），说明适宜配比的代用花粉饲料可以降低对蜜蜂取食量的影响。蜜蜂对于蛋白质水平为 40% 的总取食量和干粉消耗量均显著低于对照组（$P < 0.05$），说明饲料配比不适宜的代用花粉饲料对蜜蜂的取食量影响极大。

表 2 不同蛋白质水平的饲料对蜂群取食量的影响

Table 2 The feed intake of the colony of *Apis mellifera ligustica* fed on diets with different protein levels

饲料 Diets	蜂群量（群） Bee colony amount（colony）	总取食量（g/群） Food consumption（g/colony）	粉料消耗量（g/群） Powderbee bread consumption（g/colony）
P1	5	1 901.0 ± 266.7 ab	856.4 ± 120.1ab
P2	4*	2 328.5 ± 269.5 a	978.4 ± 113.2a
P3	5	2 085.2 ± 214.0 ab	891.6 ± 91.5a
P4	5	2 329.4 ± 243.9 a	953.2 ± 99.8a
P5	5	1 516.0 ± 142.8 b	564.3 ± 61.7b
C	5	2 505.8 ± 247.7 a	1 171.0 ± 115.8a

注：* 该组有一群蜂王意外死亡，未统计。P1 ~ P5：饲喂蛋白质水平分别为 20%、25%、30%、35%、40% 的饲料；C：饲喂油菜花粉。表中数据为平均值 ± 标准差，同列数据后有相同字母表示差异不显著（$P > 0.05$）。下表同。

* A queen of the treatment was lost, and there was no data of the colony. P1 – P5: The dietary protein levels in diets: P1, 20%; P2, 25%; P3, 30%; P4, 35%; P5, 40%. C: The rape pollen. Values are mean ± SE, and followed by the same letters in the same column are not significantly different at 0.05 level. The same below.

2.2　蜂群群势增长变化

由图 1 可看出,经过 42 d 饲喂不同蛋白质水平的饲料,试验各组蜂群群势呈现不同程度的增长。饲喂蛋白质含量 25% ~35% 的饲料,蜜蜂群势增长显著高于饲喂蛋白质含量为 15% 和 40% 的两组($P < 0.05$),说明适宜蛋白质水平的代用花粉有利于蜂群群势的发展。饲喂蛋白质含量为 20% 饲料的蜂群群势增长较为缓慢,显著低于饲喂蛋白质水平为 25% ~35% 的各组($P < 0.05$),表明饲料蛋白质含量过低,不能为蜂群提供足够的蛋白质营养,影响蜂群群势的发展。饲喂蛋白质含量为 40% 饲料的蜂群群势增长最慢,显著低于对照组($P < 0.05$),在试验后期,蜜蜂群势呈现下降趋势,这可能是饲料蛋白质水平过高,营养失衡,导致蜂群群势发展缓慢。

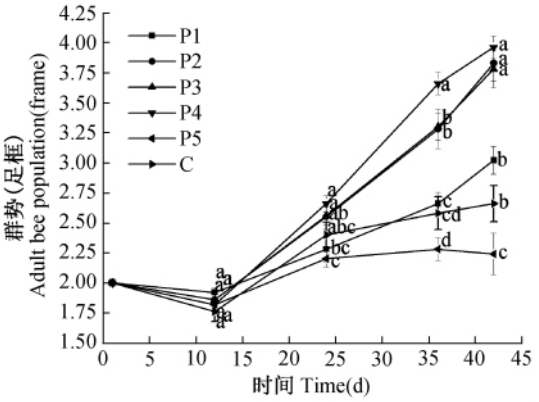

图 1　不同蛋白质水平的饲料对蜂群群势的影响

Fig. 1　The adult bee population of *Apis mellifera ligustica* fed diets with different protein levels

P1 ~ P5: 饲喂蛋白质水平分别为 20%、25%、30%、35%、40% 的饲料;C:饲喂油菜花粉。不同小写字母表示不同时期在 0.05 水平上差异显著。下图同。

P1—P5: The dietary protein levels in diets: P1, 20%; P2, 25%; P3, 30%; P4, 35%; P5, 40%. C, the rape pollen. Different letters indicate significantly different at 0.05 level. The same below.

2.3　工蜂初生重比较

由图 2 可知,饲喂蛋白质水平为 20% 饲料的工蜂初生重最小为(96.5 ±7.0) mg,饲喂蛋白质水平为 35% 饲料的工蜂初生重最大为(111.9 ± 2.2) mg,二者差异显著($P < 0.05$)。工蜂初生重的变化总趋势为:当饲料蛋白水平为 20% ~ 35% 时,工蜂初生重会随着饲料蛋白质水平的增加而增大,但蛋白质含量超过 35% 时,工蜂初生重随蛋白质水平的增加反而下降。饲喂蜜蜂含粗蛋白过高的代用花粉饲料,工蜂的出生重反而下降,说明过高的粗蛋白可能会抑制工蜂幼虫的生长发育。

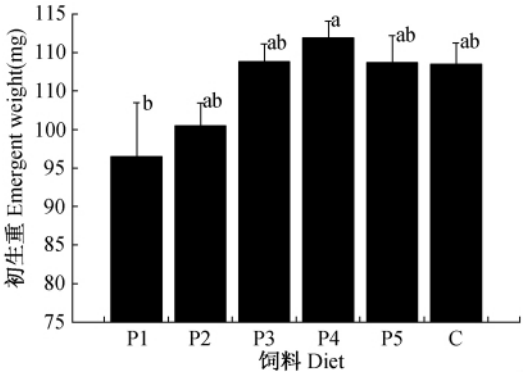

图 2　不同蛋白质水平的饲料对工蜂初生重的影响

Fig. 2　The emergent weight of worker bee fed diets with different protein levels

2.4　蜜蜂体组织成分比较

不同蛋白质水平的饲料对工蜂体组织的影响见表 3。工蜂干重:饲喂花粉的对照组工蜂干重最大,饲喂蛋白质水平为 20%、25% 饲料的工蜂干重显著低于对照组($P < 0.05$),饲喂蛋白质水平为 30%、35%、40% 饲料的工蜂干重与对照组差异不显著($P > 0.05$)。总体表现为随着饲料蛋白质含量的增加干重呈逐渐上升趋势。

水分:试验各处理组与对照组之间的水分含量均差异不显著($P > 0.05$)。

粗蛋白:饲喂蛋白质水平为 40% 饲料的工蜂体粗蛋白含量显著高于其他各组($P < 0.05$),其他处理组均与对照组体蛋白差异不显著($P > 0.05$)。

3　讨论

3.1　饲料蛋白质水平对采食量的影响

虽然国内外对于代用花粉对蜜蜂的饲喂效果进行了长期、大量的研究(Haydak,1967;郭海坤等,2009),但却很少有研究蜜蜂代用花粉中蛋白质的适宜添加量。目前代用花粉依然无法完全替代自然花粉,其主要原因可能是人工配制的代用

表 3 不同蛋白质水平的饲料对工蜂体组织的影响(湿重基础)

Table 3 Carcass proximate composition (wet weight basis) of worker bees fed on diets

饲料 Diet	干重(mg) Dry weight (mg)	水分(%) Moisture content(%)	粗蛋白(%) Crude protein(%)
P1	17.40 ± 0.09b	66.92 ± 0.29a	23.94 ± 0.21b
P2	17.45 ± 0.23b	67.26 ± 0.26a	24.02 ± 0.21b
P3	17.78 ± 0.17ab	67.69 ± 0.19a	23.78 ± 0.18b
P4	17.76 ± 0.07ab	67.11 ± 0.23a	24.64 ± 0.17a
P5	17.82 ± 0.24ab	67.32 ± 0.28a	24.21 ± 0.25ab
C	18.04 ± 0.13a	66.92 ± 0.19a	23.77 ± 0.14b

花粉比自然蜂花粉对蜜蜂的吸引力低(Doull, 1975;Keller *et al.*,2005)。在本实验中,蜜蜂对于各组代用花粉饲料的采食量均低于花粉饲料,说明蜜蜂更倾向于取食蜂花粉,这与郭海坤等(2009)研究结果相一致。代用花粉饲料对于蜜蜂低吸引力的问题将是未来研发蜜蜂饲料的重点。目前代用花粉饲料中一般会加入一定量的新鲜花粉或蜂蜜,用于增加对蜜蜂的吸引力(Doull,1974;Schmidt and Buchmann,1985)。

3.2 饲料蛋白质水平对蜜蜂群势的影响

蜜蜂在春季增长阶段为了快速恢复和发展蜂群需要大量蛋白质营养,Mattila 和 Otis(2006a)研究发现在春季饲喂蜂花粉或代用花粉的蜂群培育出的工蜂数量要远远多于不饲喂的蜂群。Farrar(1936)认为秋季蜂群花粉储存量与春季蜂群的群势大小有明确相关联系,蜂群拥有越多的花粉储备,春季繁殖时期蜂群增长越快。由于春季蜂群中花粉储存往往不足,可以为蜂群饲喂代用花粉饲料。但是 Keller 等(2005)总结发现,饲喂代用花粉对于蜂群春季群势的增长往往得不到预想的效果,蜂群中工蜂数量增长并不显著。Cook 和 Wilkinson(1986)认为补充饲喂可能不会影响工蜂的总数量,但是会影响蜂群中工蜂的年龄结构。他们认为补充饲喂的蜂群中的年轻工蜂要比没有补充饲喂的蜂群多。在本试验条件下,饲喂油菜花粉的对照组蜂群群势增长较为缓慢,可能是油菜花粉因保存期间营养素缺损,或者花粉所含有的氨基酸对于蜜蜂的营养需要不平衡。例如,Hagedorn 和 Burger(1968)研究发现花粉中维生素 C、维生素 B6 等含量不稳地,容易衰减。

3.3 饲料蛋白质水平对工蜂初生重的影响

不同的饲料营养成分会直接影响工蜂的发育状况,而初生重在一定程度上反映了蜜蜂幼虫期的营养吸收及发育状况。大量研究发现蜂体的大小可反映出蜜蜂食物的蛋白质水平(Ribeiro, 1994; Nguyen, 1999; Roulston and Cane, 2002)。Kunert 和 Crailsheim(1988)认为刚出房工蜂的体重和体蛋白含量随着营养的变化而波动。同时,工蜂初生重也是衡量其采集力等生产性能的重要指标(王志等,2005)。王志等(2005)比较饲喂蜜蜂花粉、花粉 +20% 豆粉、豆粉对工蜂初生重的影响发现,饲喂花粉蜂群的工蜂初生体重均明显高于饲喂其他花粉代用品的蜂群。本研究发现,适宜蛋白质添加量的饲料可以明显提高工蜂的初生重,这说明蜜蜂饲料的质量在一定程度上取决于蛋白质的添加量。饲喂蜜蜂含粗蛋白过高的代用花粉饲料,工蜂的出生重反而下降,可能是饲料中蛋白质含量过高,导致营养物质代谢失衡。

3.4 饲料蛋白质水平对工蜂体成分的影响

蜂房中的大量的花粉被哺育蜂消耗(Crailsheim *et al.*,1992),然后哺育蜂饲喂幼虫富含蛋白质的腺体分泌物。缺少蛋白质饲料的蜂群中,哺育蜂虽然能够继续哺育幼虫 1 周,但这些幼虫不能发育成熟,同时哺育蜂蜂体蛋白质含量也会降低(Crailsheim,1990)。因此应该在春季增长阶段饲喂蜜蜂高质量的蜜蜂饲料,而且高质量的蜜蜂饲料也是工蜂正常生长和咽腺正常发育所必须的(王志,2006)。不同的饲料营养必然会直接影响工蜂王浆腺的发育,从而间接影响王浆的产量(汪礼国,1992)。同时,工蜂体蛋白含量与工蜂的寿命直接相关,体蛋白含量高的蜜蜂寿命要比体蛋白含量低的寿命长(Crailsheim,1990)。蜜蜂寿命越长,越有利于提高蜂产品的产量,进而产生更高的经济效益。因此,哺育蜂的体蛋白在一定

程度上反映整个蜂群的营养状况。通过饲喂蜜蜂对 5 种不同蛋白质水平的代花粉饲料发现,蜜蜂在蛋白质添加量为 35% 时获得最大的体蛋白含量。Roulston 和 Cane(2002)也曾提出,蜜蜂饲料在蛋白质水平为 20% ~37% 的范围内,后代的体型大小会增加 25%,但是,再提高饲料蛋白质浓度,蜜蜂的体型没有再增大。

参考文献(References)

Burgett M, Burikam I, 1985. Number of adult honey bees (Hymenoptera: Apidae) occupying a comb: a standard for estimating colony populations. *J. Econ. Entomol.*, 78(5):1154—1156.

Cook VA, Wilkinson PD, 1986. Pollen feeding boosts brood in colonies. *Brit. Bee J.*, 114(49):223—226.

Crailsheim K, 1990. The protein balance of the honey bee worker. *Apidologie*, 21(5):417—429.

Crailsheim K, Schneider LHW, Hrassnigg N, Bühlmann G, Brosch U, Gmeinbauer R, Schöffmann B, 1992. Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): dependence on individual age and function. *J. Insect Physiol.*, 38(6):409—419.

Doull KM, 1974. Effects of attractants and phagostimulants in pollen and pollen supplement on the feeding behaviour of honeybees in the hive. *J. Apicult. Res.*, 13(1):47—54.

Doull KM, 1975. Pollen supplements - I. Relationships between supplements, pollen and broodrearing. *Apiacta*, 9(4):14—15.

Farrar CL, 1936. Influence of pollen reserves on the surviving populations of over-wintered colonies. *Am. Bee J.*, 76: 452—454.

Goodwin RM, Ten Houten A, Perry JH, 1994. Effect of feeding pollen substitutes to honey bee colonies used for kiwifruit pollination and honey production. *New Zeal. J. Crop Hort.*, 22(4):459—462.

Hagedorn HH, Burger M, 1968. Effect of age of pollen used in pollen supplements on their nutritive value for the honeybee. II. Effect of vitamin content of pollens. *J. Apicult. Res.*, 7:97—101.

Haydak MH, 1967. Bee nutrition and pollen substitutes. *Apiacta*, 1:3—8.

Haydak MH, 1970. Honey bee nutrition. *Annu. Rev. Entomol.*, 15:143—156.

Keller I, Fluri P, Imdorf A, 2005. Pollen nutrition and colony development in honey bees: part II. *Bee World*, 86(2):27—34.

Kunert K, Crailsheim K, 1988. Seasonal changes in carbohydrate, lipid and protein content in emerging worker honeybees and their mortality. *J. Apicult. Res.*, 27(1): 13—21.

Mattila HR, Otis GW, 2006a. Effects of pollen availability and Nosema infection during the spring on division of labour and survival of worker honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Environ. Entomol.*, 35(3):708—717.

Mattila HR, Otis GW, 2006b. Influence of pollen diet in spring on development of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. *J. Econ. Entomol.*, 99(3):604—613.

Nguyen VN, 1999. Effect of protein nutrition and pollen supplementation of honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies on characteristics of drones with particular refernece to sexual maturity. *Aust. Beekeeper (Mar)*, 101(9):374—376.

Oliveira GV, Serrão JE, Message D, 2009. Digestibility of pollen of grains by worker honeybees, *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae, Apini) in the microregion of Viçosa, MG, Brazil. *Rev. Bras. Zoociências*, 4(2):193—201.

Ribeiro M, 1994. Growth in bumble bee larvae: relation between development time, mass, and amount of pollen ingested. *Can. J. Zool.*, 72(11):1978—1985.

Roulston TH, Cane JH, 2002. The effect of pollen protein concentration on body size in the sweat bee *Lasioglossum zephyrum* (Hymenoptera: Apiformes). *Evol. Ecol.*, 16(1): 49—65.

Schmidt JO, Buchmann SL, 1985. Pollen digestion and nitrogen utilization by *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, 82A(3):499—503.

程艳华,刘亚男,胡福良,郑火青,金水华,2008. 蛋白质营养水平对蜂王浆产量和成分的影响. 蜜蜂杂志,28(4):7—9.

郭海坤,彭秋玫,林法俊,纪旭光,贺茜,段晓峰,张会杰,方文富,2009. 不同配比油菜花粉与黄豆粉饲料对意蜂工蜂适口性影响的研究. 中国蜂业,60(5):12—13.

胡福良,李英华,朱威,2004. 影响蜂王浆质量的因素—兼析春季油菜王浆质优的原因. 蜜蜂杂志,(6):28—29.

汪礼国,1992. 不同营养素对蜂王浆增产效果的研究. 中国养蜂,(6):6—9.

王志,李杰銮,丁艳波,韦召凯,王欢,2005. 不同营养对蜜蜂初生重的影响. 吉林畜牧兽医,(9):5—7.

王志,李杰銮,薛运波,韦召凯,2006. 花粉及其代用品对蜂王质量的影响研究初探. 吉林畜牧兽医,(1):12—14.

肖培新,胥保华,2010. 不同人工代花粉对蜂群群势和生

产性能的影响. 昆虫知识，47(5):900—903.
余林生，孟祥金，汪时佳，宋晓明，丁健，2007. 九州意蜂品系选育及生产性能试验的研究. 中国蜂业，58(1):9—12.
余林生，孟祥金，2002. 安徽两种蜜蜂种群的春季繁殖及数量动态特征. 应用生态学报，13(9):1127—1130.
周冰峰，2002. 蜜蜂饲养管理学. 厦门:厦门大学出版社. 80—81,167—168.