如食品、医学、饲料和原料工业等的广泛青睐。当前,随着畜禽、水产及特种经济动物等养殖业的发展,人们在关注动物产品质量、安全与动物福利的同时,对来自天然和有机生产环境食物更为推崇。因此,昆虫性蛋白质饲料资源必将成为畜禽行业生产安全、有机优质动物产品的首选,同时其利用范围和开发深度必将得到全面提升和拓展。蝗虫属直翅目 Orthoptera,蝗总科 Aeridoidea,是直翅目中一个较大类群(夏凯龄,1958)。因其种类多、数量大、分布广、生物量高,对农牧业生产影响严重,长期以来一直是重点监控和防治的对象。近些年来,随着昆虫营养源开发范围和强度的不断扩展,蝗虫作为优质蛋白营养源,对其进一步开发利用具有重大应用价值,已有研究就其营养组成和含量展开大量工作(熊正英等,1999; 许士国等,2000; Wang *et al.*,2007; Anand *et al.*,2008; Sun *et al.*,2010)。但目前有关蝗虫营养研究分析更多侧重于农田生态系统蝗虫种群,有关草地蝗虫种群类似报道较少。

草地作为世界上分布最广的植被类型之一,随着气候变化和人类活动的加剧,草地植被退化严重,蝗虫灾害发生频次和危害面积逐年增加。草地蝗虫的发生,不仅增加牧草损失、引发饲草短缺,而且导致防治成本随之加大。通常控制草地蝗虫的主导思想,是将其看作危害草地害虫进行防控和毒杀,而少有从资源利用的角度,研究与评价其作为优质蛋白源饲料的营养价值(侯丰,1999)。因此,本研究以天然草地蝗虫蛋白质分析数据为基础,参照家禽常用蛋白源饲料(鱼粉和大豆)以及取自农田的蝗虫,采用国际通用化学评价方法对其蛋白质营养进行全面评价,为进一步深入开发利用草地蝗虫作为家禽饲料源提供科学参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

草地蝗虫包括: 亚洲小车蝗 *Oedalius asiaticus*,狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius*、红翅皱膝蝗 *Angaracris rhodopa*,小翅雏蝗 *Ch. fallax*,白纹雏蝗 *Ch. albonemus* 成虫(♀:♂ =1:1),以及以上不同种类蝗虫混合样,各个种类各占 20%。以上样品于 2007 年 8 月采自甘肃省肃南县皇城草原(38°02′N,101°34′E)。鲜活个体带回实验室,待排净粪便后,速冻致死,置 55℃ 真空干燥箱烘干至恒重,研碎过 40 目筛,干粉材料置干燥器备用。

1.2　测定方法

凯氏定氮法测定粗蛋白含量(954.01,AOAC,1999)。氨基酸: 取试样 50 mg 于 5 mL 球形水解管中,用 6 mol/L HCl 在 110℃ 恒温箱中水解 24 h,抽酸,定容,用日立 835 - 50 型氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量,色氨酸用比色法测定。各指标测定均 3 次重复。

1.3　蛋白质评价方法

采用 1975 年 FAO 提出的模式,采用化学法来评价比较草地蝗虫以及其它各种饲料源各自必需氨基酸(essential amino acid, EAA)占总量氨基酸(total amino acid, TAA)的百分比、氨基酸分(amino acid score, AAS)、化学分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI),采用 Bano 和 rajarathram(1982)推荐的方法计算。氨基酸比值系数(Ratio coefficience, RC)依据田秀英和李会会(2010)。

1.4　数据分析

采用 DPS (Data Processing System) 和 Microsoft Excel 软件进行相关数据分析,采用 LSD 进行多重比较。

2　结果与分析

2.1　草地蝗虫氨基酸含量

几种草地蝗虫氨基酸组分及含量见表 1。从表 1 可知,草地蝗虫检测到 18 种氨基酸,属于完全蛋白质,其中家禽必需的 12 种氨基酸占氨基酸总量的 30.30% ~34.26%。EAA 中蛋氨酸和色氨酸含量较低,分别占 TAA 的 0.11% ~0.28% 和 0.27% ~0.43%。结果也表明缬氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、TAA 以及 TEAA 的含量在不同蝗虫之间存在显著差异($P < 0.05$),但草地蝗虫 TEAA/TAA 的比值较为接近,在 0.51% ~0.52% 之间。

2.2　草地蝗虫蛋白模式

由表 2 可知,与中华稻蝗、鱼粉、大豆和 FAO 蛋白模式相比,草地蝗虫各必需氨基酸模式之间呈现较大差异。草地蝗虫蛋氨酸 + 胱氨酸和色氨酸模式均低于中华稻蝗、鱼粉、大豆和 FAO 模式。

表 1 草地蝗虫氨基酸组成和含量(g·100g^{-1}干重)

Table 1 Amino acid composition and contents of several rangeland grasshoppers(g·100g^{-1}DM)

	亚洲小车蝗 *Oedalius asiaticus*	狭翅雏蝗 *Ch. dubius*	红翅皱膝蝗 *A. rhodopa*	小翅雏蝗 *Ch. fallax*	蝗虫混合样 Grasshoppers	Siginificance of difference
水分 Moisture	71.40	67.20	64.90	70.20	72.30	NS
蛋白 Protein	67.23	65.79	62.42	63.72	65.52	NS
苏氨酸 Thr†	2.60	2.63	2.55	2.36	2.54	NS
缬氨酸 Val†	7.87^{a}	6.03^{b}	5.62^{b}	5.45^{c}	5.77^{c}	*
蛋氨酸 Met†	0.11^{c}	0.52^{b}	0.13^{c}	0.82^{a}	0.53^{b}	*
异亮氨酸 Ile†	2.76	2.74	2.50	2.53	2.54	NS
亮氨酸 Leu†	5.37	5.51	5.11	5.03	5.14	NS
精氨酸 Arg†	3.87	4.01	3.91	3.70	3.64	NS
苯丙氨酸 Phe	2.05	2.05	2.06	1.82	2.04	NS
赖氨酸 Lys†	3.86^{b}	4.03^{a}	3.62^{b}	3.50^{b}	4.03^{a}	*
组氨酸 His†	1.43	1.39	1.44	1.28	1.45	NS
甘氨酸 Gly†	4.07	3.76	3.95	3.50	3.84	NS
胱氨酸 Cys†	0.59	0.61	0.65	0.60	0.65	NS
色氨酸 Try†	0.27^{b}	0.39^{a}	0.43^{a}	0.35^{a}	0.49^{a}	*
天门冬氨酸 Asp	5.09	5.33	4.96	4.79	5.01	NS
丝氨酸 Ser	2.95	3.19	2.75	2.36	2.75	NS
谷氨酸 Glu	7.5	7.98	7.18	6.89	7.36	*
丙氨酸 Ala	6.82	6.32	6.68	6.39	6.52	NS
胱氨酸 Cys	0.59	0.61	0.65	0.60	0.65	NS
脯氨酸 Pro	3.97	3.79	3.79	3.67	3.70	NS
酪氨酸 Tyr	3.64	3.83	3.63	3.56	3.62	NS
TAA (% DM)	64.82^{a}	63.72^{a}	61.34^{b}	59.10^{b}	61.65^{b}	*
TEAA (% DM)	34.26	32.67	31.70	30.30	32.48	*
TEAA/TAA	0.52	0.51	0.51	0.51	0.49	NS

†:为家禽所需必需氨基酸。*:同行肩标字母不同,表示差异显著($P < 0.05$)。†: Essential amino acid for poultry; *: Values within the same raw having different superscripts are significant difference at 0.05 level.

这可能与草地蝗虫体内以上氨基酸含量较低有关。而草地蝗虫苏氨酸与 FAO 和大豆模式相当,高于中华稻蝗,低于鱼粉模式,而草地蝗虫缬氨酸模式则远远高于 FAO、鱼粉和大豆模式,亮氨酸模式分值与对比 4 种蛋白源接近。草地蝗虫和中华稻蝗所含苯丙氨酸+酪氨酸模式均高于家禽饲料最常用蛋白源—鱼粉和大豆所含苯氨酸+酪氨酸模式,总必需氨基酸模式在以上蛋白源间也表现相似变化趋势。蝗虫蛋白源模式总分与中华稻蝗模式总分接近,但远远高于 FAO、鱼粉和大豆模式总分,这也进一步说明蝗虫是一种优质动物蛋白源饲料。

2.3 草地蝗虫必需氨基酸评分(AAS)

氨基酸评分是指测试蛋白中第一限制性氨基酸的得分。表 3 表明,不同蛋白源 AAS 不尽相同,这说明不同蛋白源间第一限制性氨基酸不同,鱼粉和草地蝗虫的第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸,而苏氨酸和缬氨酸分别为中华稻蝗和大豆的第一限制性氨基酸。第二限制性氨酸酸在以上蛋白源之间也有不同,色氨酸、异亮氨酸、缬氨酸和赖氨酸依次分别为草地蝗虫、大豆、鱼粉和中华稻蝗的第二限制性氨基酸。但不论第一还是第二限制性氨基酸,不同草地蝗虫之间均未呈现差异,但与中华稻蝗有所不同,这说明蝗虫生活栖境和食物来源对其限制性氨基酸有较大影响。除第一和第二限制性氨基酸之外,其它氨基酸在不同蛋白源也表现较大差异,大豆和中华稻蝗色氨酸 AAS 最高,而缬氨酸和赖氨酸分别在草地蝗虫和鱼粉中含有最高 AAS。此外,草地蝗虫几种氨基酸 AAS 高于或接近鱼粉和大豆。尽管中华稻蝗和草

表 2　草地蝗虫与常用饲料蛋白源及 1973 年 FAO 蛋白质模式比较(mg · g^{-1}蛋白质)

Table 2　The comparison of several rangeland grasshoppers, common feed protein sources and FAO protein model (mg · g^{-1}protein)

氨基酸 Amino acid	FAO 模式 FAO Model	鱼粉† Fish	大豆† Bean	中华稻蝗* *Oxya* chinemsis	亚洲小车蝗 *Oedalius asiaticus*	狭翅雏蝗 *Ch. dubius*	红翅皱膝蝗 *A. hodopa*	小翅雏蝗 *Ch. fallax*	蝗虫混合样 Grasshoppers
异亮氨酸 Ile	40	43.0	36.1	86.1	42.5	43.0	40.8	42.8	41.2
亮氨酸 Leu	70	80.4	76.6	82.7	82.6	86.5	83.1	85.1	83.4
赖氨酸 Lys	55	72.3	62.0	48.6	59.4	63.2	59.0	59.2	59.0
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	35	16.4	35.5	42.9	10.8	11.6	19.1	24.0	19.1
苯氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	60	72.9	58.0	95.0	87.5	92.3	92.8	91.0	91.8
苏氨酸 Thr	40	46.9	39.7	33.7	40.0	41.3	41.6	39.9	41.2
色氨酸 Trp	10	11.2	12.7	27.9	7.1	6.1	7.0	5.9	7.9
缬氨酸 Val	50	51.8	42.3	59.6	121.1	94.6	91.6	92.2	93.6
合计 Total	360	394.5	363.2	476.4	450.9	438.6	435.0	440.3	437.3
占 A 总数(%)		39.5	36.3	47.6	45.1	43.9	43.5	44.0	43.7

*: 数据来自乔太生等(1992) 。Data are from Qiao *et al.*, 1992.

†: 数据来自王成章和王恬(2003) 。Data are from Wang and Wang, 2003.

表 3　蝗虫和常用饲料蛋白源必需氨基酸分比较

Table 3　The comparison of AAS several rangeland grasshoppers and common feed protein sources

基酸 Amino acids	鱼粉 Fishs	大豆 Beans	中华稻蝗 *Oxya chinemsis*	亚洲小车蝗 *Oedalius asiaticus*	狭翅雏蝗 *Ch. dubius*	红翅皱膝蝗 *A. hodopa*	小翅雏蝗 *Ch. fallax*	蝗虫混合样 Grasshoppers
异亮氨酸 Ile	1.07	0.90	2.15	1.06	1.08	1.02	1.07	1.03
亮氨酸 Leu	1.15	1.09	1.18	1.18	1.24	1.19	1.22	1.19
赖氨酸 Lys	1.32	1.13	0.88	1.08	1.15	1.07	1.08	1.07
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.47	1.01	1.23	0.31	0.33	0.54	0.69	0.55
苯氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	1.21	0.97	1.58	1.46	1.54	1.55	1.52	1.53
苏氨酸 Thr	1.17	0.99	0.84	1.00	1.03	1.04	1.00	1.03
色氨酸 Trp	1.12	1.27	2.79	0.71	0.61	0.70	0.59	0.79
缬氨酸 Val	1.04	0.85	1.19	2.42	1.89	1.83	1.84	1.87

地蝗虫均为昆虫蛋白源,但是它们 AAS 之间的存有较大差异,这可能与中华稻蝗的食性、生存微环境以及生长发育历经的气候等条件可能有关。

2.4　草地蝗虫化学评分(CS) 和必需氨基酸指数(EAAI)

根据国际通用的方法进行蛋白质化学分和必需氨基酸指数评价(表 4) 。结果表明,草地蝗虫大多数必需氨基酸的化学分均大于 0.75,且缬氨酸化学分含量远远高于其它蛋白源,但蛋氨酸 + 胱氨酸、色氨酸的化学分较低,其中色氨酸化学分显著小于中华稻蝗、鱼粉和大豆化学分。不同草地蝗虫之间,亚洲小车蝗和狭翅雏蝗的蛋氨酸 + 胱氨酸化学分低于其它草地蝗虫种类,而缬氨酸在亚洲小车蝗中的化学分则高于其它蝗虫种类。其它氨基酸在不同草地蝗虫之间没有明显不同。

必需氨基酸指数值以中华稻蝗最高，亚洲小车蝗和狭翅雏蝗较低，且小于鱼粉和大豆。而红翅皱膝蝗、小翅雏蝗以及蝗虫混合样的必需氨基酸指数均高于鱼粉和大豆。因此从营养价值角度来讲它们都属于优质蛋白质饲料。

表 4 蝗虫和常用饲料蛋白源化学分和必需氨基酸指数比较

Table 4 The comparison of CS and EAAI in grasshoppers and common feed protein sources

氨基酸 Amino acids	鱼粉 Fish	大豆 Bean	中华稻蝗 *Oxya chinemsis*	亚洲小车蝗 *Oedalius asiaticus*	狭翅雏蝗 *Ch. dubius*	红翅皱膝蝗 *A. hodopa*	小翅雏蝗 *Ch. fallax*	蝗虫混合样 Grasshoppers
异亮氨酸 Ile	0.82	0.69	1.64	0.81	0.82	0.78	0.82	0.82
亮氨酸 Leu	0.96	0.91	0.98	0.98	1.03	0.99	1.01	1.00
赖氨酸 Lys	1.11	0.95	0.75	0.91	0.97	0.91	0.91	1.02
蛋氨酸 + 胱氨酸 Net + Cys	0.26	0.57	0.68	0.17	0.19	0.30	0.38	0.33
苯氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	0.76	0.61	0.99	0.92	0.97	0.97	0.95	0.94
苏氨酸 Thr	0.87	0.74	0.62	0.74	0.77	0.77	0.74	0.78
色氨酸 Trp	0.69	0.78	1.72	0.44	0.38	0.43	0.37	0.44
缬氨酸 Val	0.90	0.73	1.03	2.10	1.64	1.59	1.60	1.59
EAAI	74.48	73.70	98.89	72.70	71.71	75.85	76.68	78.36

2.5 草地蝗虫氨基酸比值系数(RC)

表 5 表明，草地蝗虫中含硫氨基酸(蛋氨酸 + 胱氨酸)和色氨酸严重不足(RC < 1)，而苯丙氨酸 + 酪氨酸和缬氨酸相对过剩，其 RC 远大于 1。尽管中华稻蝗和鱼粉氨基酸也存在过剩和不足，但其氨基酸种类不同于草地蝗虫，中华稻蝗中赖氨酸和苏氨酸明显不足，而鱼粉的不足氨基酸与草地蝗虫类似，均为蛋氨酸 + 胱氨酸。色氨酸和异亮氨酸为中华稻蝗的过剩氨基酸，而鱼粉中没有特别明显过剩氨基酸。色氨酸同样表现为在大豆中含量相对过剩。

表 5 蝗虫和常用饲料蛋白源氨基酸比值系数

Table 5 RC of amino acid scores in grasshoppers and common feed protein sources

氨基酸 Amino acids	鱼粉 Fish	大豆 Bean	中华稻蝗 *Oxya chinemsis*	亚洲小车蝗 *Oedalius asiaticus*	狭翅雏蝗 *Ch. dubius*	红翅皱膝蝗 *A. hodopa*	小翅雏蝗 *Ch. fallax*	蝗虫混合样 Grasshoppers
异亮氨酸 Ile	1.00	0.88	1.46	0.88	0.97	0.93	0.95	0.91
亮氨酸 Leu	1.07	1.06	0.80	0.98	1.11	1.08	1.08	1.05
赖氨酸 Lys	1.23	1.09	0.60	0.90	1.04	0.98	0.96	0.95
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.44	0.98	0.83	0.26	0.30	0.50	0.61	0.48
苯氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	1.14	0.94	1.07	1.22	1.39	1.41	1.35	1.35
苏氨酸 Thr	1.10	0.96	0.57	0.83	0.93	0.94	0.89	0.91
色氨酸 Trp	1.05	1.23	1.89	0.59	0.55	0.64	0.53	0.70
缬氨酸 Val	0.97	0.82	0.81	2.02	1.71	1.67	1.64	1.65

3　讨论

本研究首次对我国草地蝗虫蛋白质营养价值进行全面评价，结果发现草地蝗虫作为一种昆虫蛋白源饲料，具有蛋白含量高(62.4% ~67.3%，DM)，氨基酸组分丰富(含 18 种氨基酸)、必需氨基酸含量高(包含家禽生长发育所需所有必需氨基酸(约占总干重的 30.3% ~34.2%)，总氨基酸中必需氨基酸约占一半(TEAA/TAA 范围: 0.49 ~ 0.52)。

为进一步比较草地蝗虫作为家禽饲料的蛋白质营养性能，选择取自农田的中华稻蝗、家禽饲料中通常摄取的蛋白源鱼粉和大豆作为参照对象，采用 1973FAO 模式以及多种蛋白质营养的化学评价法，其中 FAO 模式评价试验蛋白与 FAO 模式蛋白中氨基酸组成及其含量大小、化学评分(CS)、氨基酸评分(AAS)、必需氨基酸指数(EAAI)均是与蛋白质质量有关的参数，氨基酸比值系数(RC)则主要是评价试验蛋白与比较模式蛋白中氨基酸组成相似性以及试验蛋白氨基酸的不足和过剩情况(彭智华和龚敏方，1996; 李怡彬等，2010)。现代营养学研究认为，氨基酸不足将影响蛋白质的营养价值，同样某种氨基酸的过剩也限制蛋白质的营养价值。若氨基酸比值系数(RC) = 1，则表明食物蛋白质氨基酸含量比例与模式氨基酸一致; 若 RC > 1，表明该氨基酸相对过剩; RC < 1，则表明该必需氨基酸相对不足; RC 最小者为第一限制性氨基酸(钱爱萍等，2008)。草地蝗虫除蛋氨酸 + 胱氨酸和色氨酸之外，其余必需氨基酸和氨基酸总量均高于 FAO 模式、中华稻蝗、鱼粉和大豆模式。这说明草地蝗虫中蛋氨酸 + 胱氨酸，色氨酸的含量较少，可能会成为其作为家禽饲料的限制性氨基酸。而草地蝗虫的化学评分进一步证实草地蝗虫的第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸，色氨酸则为第二限制性氨基酸。乔太生等(1992)在中华稻蝗的蛋白质评价中则发现，苏氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸、色氨酸为其第一限制性氨基酸，本试验研究结果与其研究结果基本相符。草地蝗虫中的大多数必需氨基酸化学分均大于 0.75，与其它 3 种对照蛋白源相比，除限制性氨基酸外，其它均高于或接近对照氨基酸化学分。但必需氨基酸指数表现为中华稻蝗最高，草地蝗虫则与鱼粉和大豆比较接近。而必需氨基酸比值系数的结果从另一个角度证实草地蝗虫中含硫氨基酸(蛋氨酸 + 胱氨酸)和色氨酸严重不足。而中华稻蝗赖氨酸和苏氨酸也有不足(乔太生等，1992)。

尽管草地蝗虫和中华稻蝗皆为优质昆虫蛋白源，但其蛋白质营养价值却有一定差异，其原因可能与以下因素有关。其一，食性不同。草地植物多样性丰富，不同植物物候差异较大，能提供草地蝗虫不同种类、不同时间尺度的多种食物选择，因此导致其食性源较杂。草地蝗虫可取食禾本科、豆科、莎草科以及杂类草等多种植物(李鸿昌等，1983; 黄春梅，1995)，而中华稻蝗主要采食禾本科植物，尤喜食物水稻(冯祥和等，1994)，而本试验对照中华稻蝗取自稻田，因此其食性主要以水稻为主。两者食性和营养源的不同可能导致其体内氨基酸含量不同，进而造成各自限制性氨基酸的差异。其二，遗传特性。不同种类蝗虫营养组分也有较大差异，即使在同一生境栖息生活的蝗虫，其氨基酸含量也有差异(表 1)，而熊正英等(1999)，Sun 等(2010)分析发现不同蝗虫品种之间其氨基酸、脂肪酸和矿质元素均有不同，黄琼等(2007)在不同种类天牛中也证实了这点，因此不同蝗虫的遗传结构的差异极有可能导致其氨基酸组分及含量不同。

草地蝗虫作为蛋白源饲料，其氨基酸组成符合家禽营养需要，部分氨基酸营养价值超过或接近家禽通常利用的蛋白源大豆和鱼粉，显示作为家禽饲料较高的开发和利用潜能。尽管草地蝗虫作为家禽饲料时可能会有蛋氨酸、胱氨酸和色氨酸不足的问题，但这些可通过在家禽的日粮添加相应氨基酸而得到妥善解决。

参考文献(References)

Anand H, Ganguly A, Haldar P, 2008. Potential value of Acridids as high protein supplement for poultry feed. *International Journal of Poultry Science*, 7(7): 722—725.

AOAC, 1999. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Wahington, DC (930.15).

Bano Z, Rajarathram S, 1982. Pleurotus mushroom as a nutritious food // Chang ST, Quimio TH (eds.). Tropical Mushrooms-Biological Nature and Cultivation Methods. Hong Kong: Chinese University Press. 363—380.

Barker D, Fitzpatrick MP, Dierenfeld ES, 1998. Nutrient

composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*,17(2):123—134.

陈晓鸣,1999. 中国资源昆虫利用现状及前景. 世界林业研究,12(1):46—53.

冯祥和,杨俊德,牛泽民,1994. 中华稻蝗在水稻上危害损失及防治指标研究的商榷. 昆虫知识,31(4):198—200.

Finke MD, Defoliart GR, Benevenga NJ, 1987. Use of a four-parameter logistic model to evaluate the protein quality of mixtures of Mormon cricket meal and corn gluten meal in rats. *Journal of Nutrition*,117:1740—1750.

侯丰,1999. 牧鸡防治草地蝗虫技术与效果研究. 中国草地,4:40—42.

黄春梅,1995. 新疆巴里坤草原优势种蝗虫食性与蝗科中亚科分类系统关系的研究. 昆虫分类学报,17(增刊):128—134.

黄琼,周祖基,周定刚,胡杰,杨伟,杨春平,2007. 两种天牛的营养成分分析. 东北林业大学学报,35(1):49—52.

李鸿昌,席瑞华,陈永林,1983. 内蒙古典型草原蝗虫食性的研究. 罩笼供食下的取食特性. 生态学报,3(3):214—228.

李怡彬,沈恒胜,汤葆莎,郑恒光,吴俐,陈君琛,2010. 灰树花与白灰树花子实体蛋白质营养评价. 中国农学通报,26(22):71—76.

马惠钦,裴素俭,1999. 用做饲料的昆虫资源. 昆虫知识,36(5):303—306.

Onifade AA, Oduguwa OO, Fanimo AO, 2001. Effects of supplemental methionine and lysine on the nutritional value of housefly larvae meal (*Musca domestica*) fed to rats. *Bioresource Technology*, 78(12):191—194.

彭智华,龚敏方,1996. 蛋白质的营养评价及其在食用菌评价上的应用. 食用菌学报,3(3):56—64.

钱爱萍,林虬,颜孙安,林香信,吴立强,2008. 乌饭叶蛋白质中的氨基酸含量和营养价值评价. 福建农业学报,23(3):306—309.

乔太生,唐华澄,刘景希,1992. 中华稻蝗的营养成分分析及其蛋白质评价. 昆虫知识,29(2):113—117.

Sun T, Shang ZH, Long RJ, 2010. Nutrient compositions of four species of grasshoppers from Tibetan grasslands in Western region of China. *The Philippine Agricultural Scientist*,93:55—61.

田秀英,李会会,2010. 苦荞籽粒蛋白质营养评价及其对硒的响应. 食品科学,31:105—108.

王成章,王恬,2003. 饲料学. 北京:中国农业出版社. 408—411.

Wang D, Zhai SW, Zhang CX, 2007. Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. *Animal Feed Science Technology*,135:66—74.

吴福中,林华峰,刘志红,刘志红,胡萃,2005. 中国黄粉虫产品开发利用的现状及其对策. 中国农学通报,19(8):72—74.

夏凯龄,1958. 中国蝗科分类概要. 北京:科学出版社. 1—239.

熊正英,席碧侠,张昆茹,何地平,1999. 四种蝗虫营养成分的分析与评价. 营养学报,21(4):474—477.

许士国,林育真,战新梅,2000. 三种昆虫蛋白质氨基酸和脂肪酸的比较研究. 营养学报,22(4):353—355.