

《多肽复合肥料》团体标准

编制说明

标准编写组

2022年12月

目 录

一、工作简况	3
(一) 任务来源	3
(二) 主要工作过程	3
(三) 主要起草单位和起草人	4
(四) 编写组分工	4
二、标准制定原则	5
(一) 标准研究背景	5
(二) 标准编制原则	7
三、标准主要条文或技术内容的依据；修订标准应说明的新旧标准对比情况	8
(一) 标准的适用范围	8
(二) 术语和定义	8
(三) 指标项目	8
(四) 指标参数的确定	9
(五) 试验方法	10
(六) 标识	10
(七) 修订标准应说明的新旧标准对比情况	10
四、主要试验、验证及试行结果	10
(一) 多肽检测方法分析及确定	10
(二) 多肽在复合肥料中的检测分析	19
(三) 多肽复合肥料市场产品汇总分析	22
(四) 多肽复合肥料田间效果验证	25
(五) 添加量确定原则	28
五、与相关标准的关系分析	29
六、采用国际标准的程度及水平说明	29
七、重大分歧或重难点的处理经过和依据	29
八、标准推广应用措施及预期效果	29
九、其它应说明的事项	30
参考文献	31

一、工作简况

（一）任务来源

多肽是由多个天然氨基酸以不同组成和排列方式构成的，从二肽到复杂的线性或环形结构的不同肽类的总称^[1]，在农业应用上具有提高作物固氮能力、增强光合作用强度、增强作物抗逆能力等功能。早在 20 世纪多肽就被人们发现^[2]，随着研究的深入，多肽在医药、保健食品、饲料等行业应用较为成熟，形成了《GB/T 22492-2008 大豆肽粉》、《GB/T 22729-2008 海洋鱼低聚肽粉》、《NY/T 3801-2020 饲料原料中酸溶蛋白的测定》等相关产品标准或检测标准，但该类国家标准或行业标准与多肽在肥料领域的应用还存在技术壁垒，特别是在检测方法方面，肥料中的多肽含量测定还待进一步研究，不能直接拿来就用；其次，目前还未对多肽复合肥料产品的技术要求进行规定，难以衡量多肽在产品功能上的有效含量，地方标准《DB 22/T 2658-2017 含多肽尿素》中提到的多肽仅代表聚天门冬氨酸，适用范围较窄，限制了多肽在肥料领域的应用。总的来说，目前多肽复合肥料既无国家标准，又无行业标准。

《多肽复合肥料》团体标准由成都云图控股股份有限公司向中国磷复肥工业协会提出立项申请并批复同意立项，成都云图控股股份有限公司作为牵头单位，会同青岛蔚蓝生物股份有限公司、江苏华昌化工股份有限公司、湖北茂盛生物有限公司、襄阳维恩生物科技有限公司、河北协同化学有限公司、华强化工集团股份有限公司、河南心连心化学工业集团股份有限公司、迪斯科化工集团股份有限公司、齐鲁工业大学、辽宁中科生物工程股份有限公司、宁波吉丰生物科技发展有限公司、中化化肥有限公司多家单位起草本标准。本标准为推荐性团体标准。

（二）主要工作过程

1、立项申请：2021 年 7 月 6 日，成都云图控股股份有限公司向中国磷复肥工业协会标委会提出立项申请。

2、标准立项：2021 年 9 月 9 日，中国磷复肥工业协会标委会办公室发出同意立项通知，由成都云图控股股份有限公司牵头《多肽复合肥料》团体标准的编写。

3、参编申请：2021 年 7 月 8 日-11 月 15 日，青岛蔚蓝生物股份有限公司、江苏华昌化工股份有限公司、湖北茂盛生物有限公司、襄阳维恩生物科技有限公司、河北协同化学有限公司、华强化工集团股份有限公司、河南心连心化学工业集团股份有限公司、迪

斯科化工集团股份有限公司、齐鲁工业大学、辽宁中科生物工程股份有限公司、宁波吉丰生物科技发展有限公司、中化化肥有限公司共 12 家单位先后向中国磷复肥工业协会标委会发出参与标准起草的申请。

4、成立编写组：2021 年 9 月 20 日，《多肽复合肥料》标准编写工作组成立。

5、启动会：编写组原定于 2021 年 11 月 3 日-4 日在贵州省遵义召开启动会，由于疫情原因，推迟于 11 月 12 日以视频形式召开。编写组汇报了项目背景、团体标准的框架内容解读、需要讨论议题，以及下一步工作计划。

6、标准编制：2021 年 10 月-2022 年 4 月，制订团体标准验证方案，制备多肽复合肥料，根据实施方案开展产品技术指标分析和效果验证，同时撰写征求意见稿和编制说明。

7、讨论会：2022 年 5 月，编写组内部召开了讨论会，对团标的推动工作进行讨论。

（三）主要起草单位和起草人

标准牵头起草单位：成都云图控股股份有限公司。参与起草单位：青岛蔚蓝生物股份有限公司、江苏华昌化工股份有限公司、湖北茂盛生物有限公司、襄阳维恩生物科技有限公司、河北协同化学有限公司、华强化工集团股份有限公司、河南心连心化学工业集团股份有限公司、迪斯科化工集团股份有限公司、齐鲁工业大学、辽宁中科生物工程股份有限公司、宁波吉丰生物科技发展有限公司、中化化肥有限公司。

标准主要起草人：杨勇、杨凤英、苑伟伟、吕宾、李晓、郭春雷、周义新、黄杰、郑文杰、卢剑、范占权、焦永康、郭卫红、戴黎、郭景丽、李喜凤、陈家辉、张冬慧、赵林、岳秋林、卢宗云、聂宏光、蒋国燕、刘杰。

（四）编写组分工

成都云图控股股份有限公司主要负责牵头标准起草、资料查询、编制说明编写、产品制备分析、效果验证以及组织和协调等工作。青岛蔚蓝生物股份有限公司、江苏华昌化工股份有限公司、湖北茂盛生物有限公司、襄阳维恩生物科技有限公司、河北协同化学有限公司、华强化工集团股份有限公司、河南心连心化学工业集团股份有限公司、迪斯科化工集团股份有限公司、齐鲁工业大学、辽宁中科生物工程股份有限公司、宁波吉丰生物科技发展有限公司、中化化肥有限公司参与标准起草、资料查询、异议讨论处理，协助原料收集和产品化验。

二、标准制定原则

(一) 标准研究背景

1、多肽在农业上的相关研究

蛋白质、多肽、氨基酸不仅是动物所需要的能源，而且是植物所需的精华物质^[3]。通常情况下，我们将 2 个以上，100 个以下肽键相联接的氨基酸称作多肽^[4]，多肽作为已明确有益于动物、植物的营养物质，具有较强的生物活性^[5]，已经在动物饲料、医药食品、作物营养等领域得到广泛应用。作物应用机理研究表明，多肽信号分子在植物的生长、发育、生殖以及对外界环境的响应中具有重要的调节作用^[6]；系统素、植物磺化激动素等植物中发现的多肽参与了植物的防御反应、细胞的分裂、茎端生长点干细胞数目维持和花粉-柱头的识别过程^[7]；植物多肽 PA1b(pea albumin 1b)通过打开 L 型钙通道引起细胞内钙升高^[8]等。在应用效果方面，大豆多肽叶面喷洒和根部灌注对毛麦酸模根中白藜芦醇的产量增加有显著性影响^[9]；施用多聚半胱氨酸的杨梅、桃、李、樱桃糖度都比未施用的得到明显改善，可溶性固形物分别增加 9.6%、0.4%、2.4%、12.9%^[10]；不同多肽能够增强作物高温胁迫^[11]、低温胁迫^[12]、盐胁迫^[13]等抗逆能力。多肽在促进作物生长、提高作物产量、改善果实品质、促进营养元素吸收、缩短作物采收期、缓解逆境胁迫、提高肥料利用率等方面凸显出重要的调控作用^[14]。如表 1 中，列出了与多肽产品相关的行业标准，大都集中在饲料行业，肥料行业尚无行业标准。

表 1 我国现行有效的相关标准目录

序号	标准名称	编号
1	含多肽尿素	DB 22/T 2658-2017
2	大豆肽粉	GB/T 22492-2008
3	海洋鱼低聚肽粉	GB/T 22729-2008
4	淡水鱼蛋白肽	QB/T 4588-2013
5	玉米低聚肽粉	QB/T 4707-2014
6	小麦低聚肽粉	QB/T 5298-2018
7	驼血多肽	T/CAAA 018-2019

通常情况下，我们可以根据来源不同将多肽分为：植物源多肽、动物源多肽、微生物代谢多肽和有机合成多肽。植物源多肽是大豆、小麦、玉米等植物来源的蛋白质通过

物理、化学或生物加工后形成的肽链片断，我国是一个农业大国，农作物种类多、产量大，植物源多肽具有下游原料资源丰富、生产成本和工艺相对容易和廉价的优势；动物源多肽是牛乳、猪血、动物骨骼、蹄角、毛发、羽毛等动物来源的蛋白质加工获取的肽链片段，动物蛋白质含量丰富、氨基酸组成平衡，动物源多肽具有含量高、组分均衡的优势；微生物代谢多肽是微生物菌利用培养基底物合成代谢而来的，也存在于腐熟发酵陈化过程中^[15]；有机合成多肽则是将单聚有机物原材料进行缩聚、水解、中和制得。

2、多肽含量测定方法的研究

在医药学、生物学、饲料等领域以蛋白质分析法研究较多，比如徐娟先用 10%浓度的三氯乙酸将大分子蛋白质沉淀后加入双缩脲试剂测定乳蛋白水解液中多肽含量^[16]，唐开永采用紫外分光光度法测定低浓度小分子多肽含量，其相对标准偏差 RSD 均小于 5%^[17]，刘扬将双缩脲法、OPA 法等多肽含量测定方法进行系统性的比较^[18]等，同时在各自领域也形成了相应的检测标准，包括《NY/T 3801-2020 饲料原料中酸溶蛋白的测定》、药典《含量测定法 0704 氮测定法》等；在功能性食品、酵母蛋白酶解物等领域以氨基酸分析法研究较多，比如阚微娜采用氨基酸分析仪，以外标法定量测定游离氨基酸与酸水解后总氨基酸的含量，以总氨基酸与游离氨基酸的差值作为肽的含量，RSD 小于 2.0%(n=9)^[19]，Michael L.G.Gardner 研究了盐酸和巯乙基磺酸不同水解液对蛋白质和多肽完全水解后氨基酸分析的影响^[20]，张微分析了马鹿茸不同分子量肽段中水解及游离氨基酸的含量^[21]等；在农业化肥领域，彭兴军、付冬梅、王瑞菲等探讨了尿素中多肽的测定方法^[22-24]等，其中也形成了《NY/T 2878-2015 水溶肥料 聚天门冬氨酸含量的测定》、《NY/T 3039-2016 水溶肥料 聚谷氨酸含量的测定》等相关测定标准。

3、多肽肥料生产工艺及相关产品标准

多肽作为肥料增效剂已得到广泛应用。从多肽肥料生产工艺授权专利分析，CN 103204735 B 公开了一种活性多肽水溶肥及其制备方法，按重量百分数计，添加 10%~20%的水解活性多肽，可制成液体肥、粉状肥或固体不规则颗粒肥。CN 102503687 B 公开了一种熔体造粒多肽稳定性肥料及其制备方法，以 0.2 份多肽增效剂与尿素、磷酸一铵、氯化钾、滑石粉等为原料，按比例配料，经原料加热、混合搅拌、喷淋造粒、冷却、筛分、计量、包装即得成品。CN 103724130 B 公开了一种聚肽酶素肥料增效剂，将 55-60 份多肽液与控释剂、中微量元素、改性淀粉、腐植酸钾、生物酶等按特定比例严格控温投料，加工形成液态产品。CN 103332970 B、CN 104803793 B、CN 106146151 B 等授权专利说

明了多肽作为肥料增效剂不仅有益于土壤、作物，而且可以解决腐植酸肥料在硬水中沉淀的问题；从现有产品标准技术要求分析，地方标准《DB 22/T 2658-2017》多肽尿素中的多肽是聚天门冬氨酸，要求多肽含量 $\geq 0.06\%$ ；潍坊绿威特生物工程有限公司《Q/370784LWT003-2015》、吉林宇源肥业科技有限公司《Q/JLYY 01-2020》、沈阳四兄弟肥业有限公司《Q/SYSXD 06-2021》等单位现行有效的多肽复合肥料企业标准中多肽含量在 0.2%以上。

综上所述，多肽是“减肥增效”政策下实现有效养分高效化应用的重要增效物质，建议加快研究其作用机理及农业应用。与此同时，农业上对多肽物质的检测方法尚未完全统一，存在分歧，也应加快研究并作出规范。而在产品技术指标中多肽含量指标呈现“百花齐放”，“众说纷纭”，也应加快研究并作出相应规范。

（二）标准编制原则

标准编制遵循“统一性、规范性、适用性、协调性、一致性”的原则，注重标准的适用性和可操作性，标准的编写原则是按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编写和表述。以综合标准化思想为指导，以近现代科学研究成果为依据，以规范多肽复合肥料产品的生产和质量监督，促进产业健康发展，确保标准的统一性、科学性、系统性与实用性。

本标准规范性引用文件

GB/T 3597	肥料中硝态氮含量的测定 氮试剂重量法
GB/T 6682	分析实验室用水规格和检验方法
GB/T 8170	数值修约规则与极限数值的表示和判定
GB/T 8569	固体化学肥料包装
GB/T 8571	复混肥料 实验室样品制备
GB/T 8572	复混肥料中总氮含量的测定 蒸馏后滴定法
GB/T 8573	复混肥料中有效磷含量的测定
GB/T 8574	复混肥料中钾含量的测定 四苯硼酸钾重量法
GB/T 8576	复混肥料中游离水含量的测定 真空烘箱法
GB/T 8577	复混肥料中游离水含量的测定 卡尔·费休法
GB/T 14540	复混肥料中铜、铁、锰、锌、硼、钼含量的测定
GB/T 15063-2020	复合肥料

GB 18382	肥料标识 内容和要求
GB/T 19203-2003	复混肥料中钙、镁、硫含量的测定
GB/T 22923	肥料中氮、磷、钾的自动分析仪测定法
GB/T 22924	复混肥料（复合肥料）中缩二脲含量的测定
GB/T 24890	复混肥料中氯离子含量的测定
GB/T 24891	复混肥料粒度的测定
GB/T 34764	肥料中铜、铁、锰、锌、硼、钼的测定 等离子体发射光谱法
GB 38400	肥料中有毒有害物质的限量要求
HG/T 2843	化肥产品 化学分析常用标准滴定溶液、标准溶液、试剂溶液和指示剂溶液
NY/T 1975	水溶肥料 游离氨基酸含量的测定
NY/T 1977-2010	水溶肥料 总氮、磷、钾含量的测定
NY/T 2540-2014	肥料 钾含量的测定

三、标准主要条文或技术内容的依据；修订标准应说明的新旧标准对比情况

（一）标准的适用范围

本标准规定了多肽复合肥料的术语和定义、技术要求、取样、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。

本标准适用于以氮、磷、钾为基础养分，添加适量植物源多肽、动物源多肽、微生物代谢多肽和（或）有机合成多肽生产的三元或二元复合肥料。

（二）术语和定义

本标准对多肽和多肽复合肥料的定义予以了规定。

多肽：可溶于15%三氯乙酸溶液、分子量约在5000道尔顿以下的肽链及肽链片段，其来源分为植物源多肽、动物源多肽、微生物代谢多肽以及有机合成多肽。

多肽复合肥料：含有适量植物源多肽、动物源多肽、微生物代谢多肽、有机合成多肽的复合肥料。

（三）指标项目

1、外观

粒状、条状或片状产品，无杂质。

2、技术指标

为满足市场需求，参考《GB/T 15063-2020 复合肥料》，综合国内外生产企业的企业标准以及其他相关标准的基础上，根据国内复合肥料的生产工艺特点，设立了9个技术指标项目，分别为总养分（N+P₂O₅+K₂O）、水溶性磷占有有效磷百分率（适用时）、硝态氮（适用时）、水分、粒度、多肽含量、氯离子、中量元素含量（适用时）、微量元素含量（适用时）。与常规复合肥料相比，多肽复合肥料规定了多肽的含量要求。详见表2。同时应符合包装容器上的标明值。

表2 多肽复合肥料的技术指标

项目	高浓度	中浓度	低浓度
总养分 ^a (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)的质量分数, %	≥ 40.0	30.0	25.0
水溶磷占有有效磷百分率 ^b , %	≥ 60	50	40
硝态氮 ^c , %	1.5		
水分 ^d (H ₂ O)的质量分数, %	≤ 2.0	2.5	5.0
粒度 ^e (1.00mm~4.75mm 或 3.35mm~5.60mm), %	≥ 90		
多肽含量, %	≥ 0.5		
氯离子 ^f , %	未标“含氯”的产品	≤ 3.0	
	标识“含氯（低氯）”的产品	≤ 15.0	
	标识“含氯（中氯）”的产品	≤ 30.0	
单一中量元素 ^g （以单质计）, %	有效钙	≥ 1.0	
	有效镁	≥ 1.0	
	总硫	≥ 2.0	
单一微量元素 ^h （以单质计）, %	≥ 0.02		
^a 组成产品的单一养分含量不应小于4.0%，且单一养分测定值与标明值负偏差的绝对值不应大于1.5%。 ^b 以钙镁磷肥等枸溶性磷肥为基础磷肥并在包装容器上注明为“枸溶性磷”时，“水溶性磷占有有效磷百分率”项目不做检验和判定。若为氮、钾二元肥料，“水溶性磷占有有效磷百分率”项目不做检验和判定。 ^c 包装容器上标明“含硝态氮”时检测本项目。 ^d 水分以生产企业出厂检验数据为准。 ^e 特殊形状或更大颗粒产品的粒度可由供需双方协议确定。 ^f 氯离子的质量分数大于30.0%的产品，应在包装袋上标明“含氯（高氯）”，标识“含氯（高氯）”字样的产品氯离子的质量分数可不作检验和判定。 ^g 包装容器上标明含钙、镁、硫时检测本项目。 ^h 包装容器上标明含铜、铁、锰、锌、硼、钼时检测本项目，钼元素的质量分数不高于0.5%。			

（四）指标参数的确定

1、基础指标

总养分（N+P₂O₅+K₂O）、水溶性磷占有有效磷百分率（适用时）、硝态氮（适用时）、

水分、粒度、氯离子、中量元素含量（适用时）、微量元素含量（适用时）参考了《GB/T 15063-2020 复合肥料》，并应符合《GB/T 15063-2020 复合肥料》的相关要求。

2、多肽含量

综合参考返回意见、多肽复合肥料化验结果、多肽梯度添加的田间试验及成本情况，设定多肽含量 $\geq 0.5\%$ 。

3、有毒有害物质

包装容器或使用说明中标明适用于种肥同播的产品缩二脲含量应 $\leq 0.8\%$ ，其他有毒有害物质的限量要求执行 GB 38400。

（五）试验方法

多肽含量的测定：按团体标准附录 A 的规定执行（采用差减法测定，即总氨基酸-游离氨基酸）。

游离氨基酸含量的测定：按 NY/T 1975 的规定执行。

依据：本标准在参考了地方标准《DB 22/T 2658-2017 含多肽尿素》、国家标准《GB/T 18246-2019 饲料中氨基酸的测定》、《NY/T 1975-2010 水溶肥料游离氨基酸含量的测定》、《NY/T 2878-2015 水溶肥料 聚天门冬氨酸含量的测定》、《NY/T 3039-2016 水溶肥料 聚谷氨酸含量的测定》等行业标准以及多肽测定方法文献的基础上，根据试验验证，制定了复合肥料中多肽含量的测定方法。

（六）标识

产品外包装袋上应标明多肽含量，不应将多肽含量计入总养分。

依据：本标准参照《GB 18382-2021 肥料标识 内容和要求》、《GB/T 20001.10-2014 标准编写规则 第 10 部分：产品标准》等国家标准要求，明确添加物质及有效含量，坚决防范虚假标识误导消费者。

（七）修订标准应说明的新旧标准对比情况

本标准为首次发布。

四、主要试验、验证及试行结果

（一）多肽检测方法分析及确定

1、多肽检测方法比较

多肽，其来源包含了由植物源、动物源蛋白质水解过程中的中间产物、微生物发酵代谢过程中的中间产物以及有机化学合成产物等，其本质是有多个或多种氨基酸构成，通过 α 肽键相连的氨基酸小分子聚合物，其都带有的特性是具有茚三酮显色反应且溶于三氯乙酸。

在医药学、生物学、饲料等领域，一般采用蛋白质分析法（凯氏定氮法、双缩脲法）测定粗蛋白或蛋白质，一般采用氨基酸分析法测定氨基酸或氨基酸聚合物。对于多肽这种氨基酸小分子聚合物，文献报告及相关标准中大体有如下几种检测方法：①双缩脲法；比如徐娟利用三氯乙酸将蛋白质沉淀后加入双缩脲试剂测定乳蛋白水解液中多肽含量；唐开永采用考马斯亮蓝、双缩脲显色法测定低浓度小分子多肽含量；刘扬将双缩脲法、OPA法进行系统性的比较等；②凯氏定氮法；相关行业标准有《NY/T 3801-2020 饲料原料中酸溶蛋白的测定》、《GB/T22492-2008 大豆肽粉》等；③氨基酸差减分析法；在功能性食品、酵母蛋白酶解物等领域以氨基酸分析法研究较多，比如阚微娜采用测定游离氨基酸与酸水解后总氨基酸的含量，以总氨基酸与游离氨基酸的差值作为肽的含量，Michael L.G.Gardner分析了不同水解液对蛋白质和多肽完全水解后氨基酸含量差异，张微分析了马鹿茸不同分子量肽段中水解及游离氨基酸的含量等。

结合表3可以看出，与凯氏定氮法、双缩脲显色法相比，多数文献及标准的检测方法更趋向于采用氨基酸差减分析法。主要原因：①试样中极大可能含无机氮、氨基残基又或者额外加入了三聚氰胺、脲醛、双缩脲、尿素等物质，则容易造成凯氏定氮法的总氮偏高，从而导致检测结果偏高；②试样中极大可能含小肽、寡肽或活性肽段又或者这部分占比较高，则容易造成双缩脲显色法结果偏低。

表3 不同标准之间检测原理对比

编号	标准名称	原理
①	GB/T 6432-2018 饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法	试样在催化剂作用下，经硫酸消解，含氮化合物转化成硫酸铵，加碱蒸馏使氨逸出，用硼酸吸收后，再用盐酸标准滴定溶液滴定，测出氮含量，乘以6.25，计算出粗蛋白质含量。
②	NY/T 3801-2020 饲料原料中酸溶蛋白的测定	①试验用三氯乙酸溶液提取，经离心后，用凯氏定氮法提取液中粗蛋白质含量。 ②试验用三氯乙酸溶液提取，经离心后，用氨基酸分析仪测定含量（IEC法）。
③	NY/T 3493-2019 农业生物质原料 粗蛋白测定	凯氏定氮法。
④	NY/T 1678-2008 乳与乳制品	利用三氯乙酸沉淀样品中的蛋白质，将沉淀物与双缩脲试剂进行

	中蛋白质的测定 双缩脲比色法	显色,通过分光光度计测定显色液的吸光度值,采用外标法定量,计算样品中蛋白质含量。
⑤	GB/T22492-2008 大豆肽粉	高分子蛋白质在酸性条件下易被沉淀,相对分子质量较小的蛋白质水解物(酸溶蛋白质)可溶于酸性溶液(其中包含肽及游离氨基酸)。样品经酸化后,滤液中的酸溶蛋白质含量(凯氏定氮法)减去游离氨基酸含量(IEC法)即为肽含量。
⑥	GB/T18246-2019 饲料中氨基酸的测定	饲料中蛋白质在 110°C、6mol/L 盐酸溶液作用下,经离子交换色谱分离和茚三酮柱后衍生化(IEC法),脯氨酸于 440nm 波长处测定,其他氨基酸于 570nm 波长测定。
⑦	NY/T 2878-2015 水溶肥料 聚天门冬氨酸含量的测定	试样中的聚天门冬氨酸经盐酸溶液水解后,用氨基酸自动分析仪测定(IEC法),得到水解天门冬氨酸和游离天门冬氨酸的总含量,同时测定试样中的游离天门冬氨酸含量,两者之差即为聚天门冬氨酸含量。
⑧	NY/T 3039-2016 水溶肥料 聚谷氨酸含量的测定	分别测定试样中经盐酸溶液水解后的和未经水解的游离谷氨酸的含量(IEC法),两者之差即为聚谷氨酸含量。

如表 3 所示,《NY/T 2878-2015 水溶肥料 聚天门冬氨酸含量的测定》、《NY/T 3039-2016 水溶肥料 聚谷氨酸含量的测定》、《DB 22/T 2658-2017 含多肽尿素》三个相关标准均是采用水解法将氨基酸聚合物变为游离氨基酸测定其水解氨基酸总量,再减去未水解前的游离氨基酸总量,此差值即为氨基酸聚合物含量,这与我们多肽的定义及检测原理大致相符。我们采用氨基酸差减分析法,既能够通过该法中茚三酮定量分析反映出绝大多数多肽的氨基酸属性,又能通过该法的差减值得到绝大多数多肽中的氨基酸聚合物真实值。

如表 4 所示,我们选取了植物源、动物源、微生物源、有机合成四个类别的 8 组多肽试样,数据显示氨基酸分析法与凯氏定氮法、双缩脲法含量之间差异较大,主要是①试样中可能含有较多的无机氮以及换算系数带来的误差;②试样中可能含有较多的小肽无法发生双缩脲反应带来的误差;由此可见凯氏定氮法、双缩脲法并不能反映试样的真实含量。

表 4 不同试样三种检测方法结果对比

种类	氨基酸分析法	凯氏定氮法	双缩脲法
植物源多肽①	28.0%	93.8%	2.2%
植物源多肽②	42.2%	51.9%	1.1%
植物源多肽③	25.3%	84.4%	2.4%
微生物源多肽	61.4%	73.8%	3.2%
动物源多肽①	62.7%	72.5%	12.9%
动物源多肽②	55.8%	64.4%	14.0%
动物源多肽③	60.1%	75.0%	10.7%

有机合成多肽	42.6%	65.7%	8.5%
--------	-------	-------	------

2、酸溶氨基酸与水解氨基酸方法比较

同样地，一些未经过水解（酸解、碱解、酶解等方式）的角蛋白以及仍含有较大分子的粗蛋白等是可以通过检测环节中的盐酸水解步骤化验出水解氨基酸总量。我们可以利用多肽在三氯乙酸溶液中均具有的溶解性，以酸溶蛋白氨基酸总量来表征，提前去除大蛋白质的影响。如表 5 所示，选取了市面上比较常见的含有角蛋白、粗蛋白以及发酵蛋白的 10 组供试材料，数据显示水解氨基酸总量与酸溶蛋白氨基酸总量两组数据之间差异较大，主要是供试材料中未水解蛋白、粗蛋白的影响，由此可见水解氨基酸总量并不代表其原来就含有多肽或小分子蛋白，而是在检测环节中出现的偏差。

表 5 不同试样间酸溶蛋白氨基酸总量法与水解氨基酸总量法检测结果对比

种类	水解氨基酸总量% (GB/T 18246)	酸溶蛋白氨基酸总量 (NY/T 3801-2020②)
豆粕（干）	41.2%	5.1%
菜籽粕（干）	32.4%	3.5%
纳豆（鲜）	16.2%	2.0%
大豆（鲜）	16.5%	2.2%
麻鸭羽毛（干）	78.2%	<0.1%
海水鱼肌浆（鲜）	14.6%	7.8%
海水鱼肉质（鲜）	19.3%	<0.1%
胶原蛋白（干）	75.5%	13.9%
动物血粉（干）	80.2%	9.5%
酪蛋白胨（厚氏消化液）	19.7%	18.9%

紧接上文，我们选取了植物源、动物源、微生物源及有机合成四个来源中具有代表性的 4 个试样进一步分析酸溶蛋白氨基酸总量、水解氨基酸总量、三氯乙酸沉淀物氨基酸总量的差异。由表 7 分析可知，植物源供试材料酸溶蛋白氨基酸总量为（28.22%），水解氨基酸总量为（36.19%），三氯乙酸沉淀物氨基酸总量为（6.93%）；动物源供试材料酸溶蛋白氨基酸总量为（52.43%），水解氨基酸总量为（62.72%），三氯乙酸氨基酸总量为（9.69%）；微生物源供试材料酸溶蛋白氨基酸总量为（54.06%），水解氨基酸总量为（61.44%），三氯乙酸氨基酸总量为（6.99%）；有机合成供试材料酸溶蛋白氨基酸总量为（42.09%），水解氨基酸总量为（42.61%），三氯乙酸氨基酸总量为（0.54%）；大体上酸溶蛋白氨基酸总量与三氯乙酸沉淀物氨基酸总量之和符合水解氨基酸总量。

如表 6 所示，酸溶蛋白氨基酸总量的各个氨基酸组份比重与水解氨基酸总量的各个氨基

酸组份比重大致相当，由此可见酸溶蛋白氨基酸各个组份并不受三氯乙酸处理的影响，也不会损失某几类氨基酸。综上，由酸溶蛋白氨基酸总量来表征多肽试样的氨基酸总量更为准确。

表 6 多肽中酸溶蛋白氨基酸总量与水解氨基酸总量检测结果

组分	植物源多肽			动物源多肽			微生物源多肽			有机合成多肽		
	酸溶蛋白AA	水解AA	酸沉淀物AA									
Asp (天门冬氨酸), %	2.31	2.33	-	4.07	5.16	1.02	5.38	6.72	1.28	42.08	42.56	0.53
Thr (苏氨酸), %	1.22	1.5	0.25	1.62	2.13	0.4	2.89	3.05	0.17	-	-	-
Ser (丝氨酸), %	1.38	1.55	0.08	2.7	3.36	0.6	2.63	2.91	0.25	-	-	-
Glu (谷氨酸), %	4.78	5.86	1.03	6.85	8.67	2.55	10.24	11.37	1.06	-	-	-
Pro (脯氨酸), %	2.71	5.45	2.46	5.43	5.61	-	1.28	2.29	0.87	-	-	-
Gly (甘氨酸), %	1.61	1.85	0.18	11	12.28	1.1	2.16	2.9	0.68	-	-	-
Ala (丙氨酸), %	3.28	3.75	0.34	5.08	5.91	0.75	5.37	5.56	0.21	-	-	-
Cys (胱氨酸), %	0.48	0.81	0.15	0.19	0.13	-	0.05	0.03	-	-	-	-
Val (缬氨酸), %	1.62	1.88	0.15	1.45	2.02	-	3.05	3.7	0.57	-	-	-
Met (蛋氨酸), %	0.47	0.33	-	2.02	1.57	-	0.92	0.88	-	0.01	0.04	0.01
Ile (异亮氨酸), %	0.97	1.26	0.18	0.95	1.44	0.49	3.05	3.41	0.38	-	-	-
Leu (亮氨酸), %	2.31	2.62	0.32	2.13	2.97	0.79	4.28	4.57	0.27	-	-	-
Tyr (酪氨酸), %	0.72	1.01	0.31	0.54	0.82	0.32	1.67	2.1	0.51	-	-	-
Phe (苯丙氨酸), %	0.94	1.23	0.25	1.19	1.56	-	2.26	2.34	0.07	-	-	-
Lys (赖氨酸), %	1.18	1.36	0.14	2.74	3.51	0.72	4.21	4.69	0.42	-	-	-
His (组氨酸), %	0.72	1.45	0.81	0.61	0.88	-	1.2	1.37	0.16	-	0.01	-
Arg (精氨酸), %	1.52	1.95	0.28	3.86	4.7	0.75	3.42	3.55	0.09	-	-	-
合计, %	28.22	36.19	6.93	52.43	62.72	9.69	54.06	61.44	6.99	42.09	42.61	0.54

注：彩色横条为第 i 种氨基酸含量与总量的比重。

3、IEC 法与 HPLC 法对比

由前文所述，多肽含量采用氨基酸差减分析法。即通过测定酸溶蛋白氨基酸总量与游离氨基酸总量，两者的差值即为多肽含量。

目前，氨基酸分析法按其分离和检测方法的不同可分为两种类别。第一类是基于阳离子交换柱分离、柱后茚三酮衍生、光度法测定的离子交换色谱法，即 IEC 法。此方法由 Stein 和 Moore 两人 1958 年发明，并于 1972 年获诺贝尔奖，是当今国际标准和国家标准以及仲裁和涉外的方法。第二类是所有基于反相色谱分离、柱前衍生、荧光或紫外检测的高效液相法，即 HPLC 法。通过查阅现行的行业标准，如表 7 所示，肥料、饲料等农业领域应用 IEC 法较多，大体上是分析指定氨基酸和 17 种常用氨基酸等形式，多见于饲料制品和肥料制品等；食药品、检验检疫等其他领域应用 HPLC 法较多，大体上是分析结构明确的多肽，多见于多肽营养制品、多肽抗生素制品等。造成这种差异，我们分析认为有以下两个主要原因：①两种氨基酸分析法应用面不同。HPLC 法主要应用于高灵敏度检测，在食品、药品、抗生素、检验检疫等营养安全领域应用较多，与这些领域需要高精度的检测来指导食用、药用及防疫是强相关的，同时这部分多肽 HPLC 法检测标准多数是限制型标准；IEC 法主要应用于高稳定性检测需求，所以在饲料、肥料等农业生产领域应用，与这些领域需要准确可靠的检测来指导饲料配方生产及肥料配方生产是强相关的，同时这部分多肽 IEC 法检测标准多数是规范型标准。②两种氨基酸分析法分析对象不同，HPLC 法主要应用于结构明确、成分清楚、有具体品名的多肽或蛋白质，绝大多数这些物质的氨基酸组成结构已经非常清晰，能通过现有的生物合成、有机合成、提取纯化等手段获得，但这样的标样并不常见也不适用于农业肥料领域；IEC 法主要应用于结构复杂多样、成分不尽相同的各种来源多肽或蛋白质，绝大多数这些物质是各种肽段的混合物，其氨基酸组成大都没有明确的定式，基本上利用 17 种常用氨基酸标样即可开展测试分析和对比分析，是完全能够满足农业肥料领域。

表 7 不同标准之间检测原理对比

编号	标准名称	检测分析方法	优点与不足
①	GB/T18246-2019 饲料中氨基酸的测定	IEC 法；18 种氨基酸标样；	优点：仪器稳定、结果可靠、干扰因素少； 不足：检测成本偏高，可能部分氨基酸灵敏度不如 HPLC。
②	GB/T22492-2008 大豆肽粉	IEC 法；17 种氨基酸标样；	
③	NY/T 2878-2015 水溶肥料 聚天门冬氨酸含量的测定	IEC 法；1 种氨基酸标样；	
④	NY/T 3039-2016 水溶肥料 聚谷氨酸含量的测定	IEC 法；1 种氨基酸标样；	
⑤	DB 22/T 2658-2017 含多肽尿	IEC 法；1 种氨基酸标样；	

	素		
⑥	QB/T 5298-2018 小麦低聚肽粉	IEC 法； 17 种氨基酸标样；	
⑦	GB/T 40486-2021 蜂毒干粉中蜂毒溶血肽含量的测定 高效液相色谱法	HPLC 法； 蜂毒溶血肽标样；	优点：对部分氨基酸有很高的灵敏度，分析时间短； 不足：可分析氨基酸种类少，稳定性易受干扰，对操作技术要求高。现行标准中多应用于结构明确的多肽检测。
⑧	NY/T 3946-2021 动物源性食品中肌肽、鹅肌肽的测定 高效液相色谱法	HPLC 法； 肌肽标样； 鹅肌肽标样；	
⑨	NY/T 3480-2019 饲料中那西肽的测定 高效液相色谱法	HPLC 法； 那西肽标样；	
⑩	SN/T 4807-2017 进出口食用动物、饲料中杆菌肽的检测方法	HPLC 法串联质谱； 杆菌肽 A 标样	

我们选取了植物源、动物源、微生物源及有机合成四个来源中具有代表性的 4 个试样进行 IEC 法和 HPLC 法分析。由表 9 分析可知，植物源试样中多肽含量为（IEC 法 17.52%，HPLC 法 17.92%），动物源试样中多肽含量为（IEC 法 48.63%，HPLC 法 40.98%），微生物源多肽含量为（IEC 法 28.36%，HPLC 法 25.75%），有机合成多肽含量为（IEC 法 41.93%，HPLC 法 41.98%）。以动物源多肽含量相差最大。从酸溶蛋白氨基酸总量来看，动物源相对相差为 18.59%；从游离氨基酸总量来看，有机合成相对相差 46.15%，动物源相对相差为 40.13%，植物源相对相差 14.97%。多肽含量的差异以游离氨基酸总量的影响较多。

结合表 8，在酸溶蛋白氨基酸含量分析中 IEC 法和 HPLC 法测得各氨基酸含量大致相当，某些氨基酸差异较大，比如动物源多肽中天门冬氨酸含量为（IEC 法 4.07%、HPLC 法 2.58%）、赖氨酸含量为（IEC 法 2.74%、HPLC 法 0.92%），微生物源多肽中蛋氨酸含量为（IEC 法 0.92%、HPLC 法 0%）、组氨酸含量为（IEC 法 1.2%、HPLC 法 0%）、精氨酸含量为（IEC 法 3.42%、HPLC 法 0%）；在游离氨基酸含量分析中 IEC 法和 HPLC 法测得各氨基酸含量相差较明显，比如动物源、植物源中多种氨基酸 HPLC 法并未检出。这是因为 HPLC 柱前衍生会受到氨基酸种类的影响，当某种氨基酸含量偏低时会造成结果失真，稳定性不好，其在面向不同来源多肽时，适用性不如 IEC 法。

表 8 两种方法对活性多肽中氨基酸的检测结果

项目	植物源多肽				动物源多肽				微生物源多肽				有机合成多肽			
	IEC		HPLC		IEC		HPLC		IEC		HPLC		IEC		HPLC	
	游离AA	酸溶蛋白AA	游离AA	酸溶蛋白AA	游离AA	酸溶蛋白AA	游离AA	酸溶蛋白AA	游离AA	酸溶蛋白AA	游离AA	酸溶蛋白AA	游离AA	酸溶蛋白AA	游离AA	酸溶蛋白AA
Asp (天门冬氨酸), %	0.32	2.31	0.28	3.09	0.19	4.07	-	2.58	1.38	5.38	1.36	5.16	0.13	42.08	-	41.89
Thr (苏氨酸), %	0.31	1.22	0.35	1.05	0.21	1.62	0.13	1.24	1.81	2.89	1.72	2.46	-	-	-	-
Ser (丝氨酸), %	0.51	1.38	0.43	1.27	0.21	2.7	-	2.06	1.09	2.63	0.76	2.38	-	-	-	-
Glu (谷氨酸), %	0.59	4.78	0.37	3.79	0.31	6.85	-	5.12	4.12	10.24	4.28	12.55	-	-	-	-
Pro (脯氨酸), %	1.32	2.71	1.48	3.42	0.19	5.43	-	5.81	0.63	1.28	0.42	2.47	-	-	-	-
Gly (甘氨酸), %	0.28	1.61	0.15	1.54	0.39	11	-	10.23	0.68	2.16	0.57	1.87	-	-	-	-
Ala (丙氨酸), %	2.01	3.28	1.74	3.09	0.58	5.08	-	4.58	3.61	5.37	3.57	5.26	-	-	-	-
Cys (胱氨酸), %	0.09	0.48	-	0.32	0.19	0.19	-	-	-	0.05	0.02	-	0.02	-	0.02	0.09
Val (缬氨酸), %	0.71	1.62	0.52	1.55	0.29	1.45	0.32	0.75	1.89	3.05	1.73	3.14	-	-	-	-
Met (蛋氨酸), %	0.21	0.47	-	0.31	0.1	2.02	0.13	1.87	0.58	0.92	0.43	-	0.01	0.01	0.03	0.06
Ile (异亮氨酸), %	0.37	0.97	0.29	0.82	0.08	0.95	0.42	0.52	1.43	3.05	1.52	2.76	-	-	-	-
Leu (亮氨酸), %	1.47	2.31	1.34	2.35	0.32	2.13	0.77	1.69	2.87	4.28	3.16	4.13	-	-	-	-
Tyr (酪氨酸), %	0.57	0.72	0.49	0.78	0.21	0.54	0.43	0.47	1.21	1.67	1.28	1.54	-	-	-	-
Phe (苯丙氨酸), %	0.78	0.94	0.72	0.84	0.11	1.19	0.12	1.06	1.13	2.26	1.24	2.23	-	-	-	-
Lys (赖氨酸), %	0.52	1.18	0.53	1.26	0.21	2.74	0.21	0.92	1.42	4.21	1.37	4.51	-	-	-	-
His (组氨酸), %	0.07	0.72	-	0.28	-	0.61	-	0.52	0.28	1.2	-	-	-	-	0.05	0.04
Arg (精氨酸), %	0.57	1.52	0.52	1.37	0.21	3.86	-	4.09	1.57	3.42	1.28	-	-	-	-	-
合计, %	10.7	28.22	9.21	27.13	3.8	52.43	2.53	43.51	25.7	54.06	24.71	50.46	0.16	42.09	0.1	42.08
多肽含量, %	17.52		17.92		48.63		40.98		28.36		25.75		41.93		41.98	

注：彩色横条为第 i 种氨基酸含量与总量的比重。

4、多肽检测方法的确定

如上文所述，农业生产领域的多肽来源有植物源、动物源以及微生物发酵、有机化学合成，有水解法产生、也有代谢过程产生，资源丰富且易于获取，所以我们认为其检测方法也应具有广泛性及普适性，IEC 法是我们当前的最佳选择。当然，随着多肽研究的深入和发展，如果我们从中发现了几种来源清晰、结构明确、机理稳定的活性多肽，也可以将其独立命名，开发特定多肽 HPLC 法。

(二) 多肽在复合肥料中的检测分析

多肽按来源不同分为植物源多肽、动物源多肽、微生物代谢多肽和有机合成多肽，本方法结合现有聚天门冬氨酸、聚谷氨酸等化学合成多肽行业检测标准，对方法的适用范围进行研究完善，本方法以①多肽含量梯度、②硝态氮为单一变量因素，进行不同复合肥料中多肽测定值与理论值相对偏差分析。

1、不含硝态氮复合肥料中多肽含量检测结果分析

将多肽物料分别与氮源（不含硝态氮）、磷源、钾源、中微量元素、辅料按组分滚筒造粒，烘干制成多肽复合肥料产品。分析不同浓度多肽（0.1%、0.3%、0.5%、1.0%）在复合肥料中测定值与理论值的相对偏差，并进行平行样间的允许差分析。

由前面方法分析可知，活性多肽中多肽含量为酸溶蛋白与游离氨基酸的差值，即 48.63%，本方法以 48.63%为基础数据，计算出①、②、③、④号肥料试样理论多肽有效含量分别为 0.24%、0.49%、0.97%、1.46%，进行测定值与理论值的允许差分析。

由表 9-10 检测结果分析，肥料试样中多肽含量的测定值与理论值存在 2.0%-30.0%的相对偏差，且随着多肽含量的增加，相对偏差逐渐减小，主要原因可能是定量限（检出限）的影响。平行样间的相对相差在 1.9%~28.6%，当多肽含量在 0.2%以上时，相对相差在 10%以内，且随着多肽有效含量的增加，允许差越小，具有可靠性。

表 9 复合肥料中多肽检测值与理论值分析

多肽类别	试样编号	理论值%	测定值%	相对偏差
动物源多肽	1	0.1	0.08	20.0%
	2	0.3	0.23	23.3%
	3	0.5	0.55	10.0%
	4	1.0	1.05	5.0%

植物源多肽	5	0.1	0.12	20.0%
	6	0.3	0.35	16.7%
	7	0.5	0.46	8.0%
	8	1.0	0.98	2.0%
微生物源多肽	9	0.1	0.11	10.0%
	10	0.3	0.34	13.3%
	11	0.5	0.53	6.0%
	12	1.0	1.03	3.0%
有机合成多肽	13	0.1	0.07	30.0%
	14	0.3	0.32	6.7%
	15	0.5	0.48	4.0%
	16	1.0	1.02	2.0%

注：相对偏差为差值（测定值与理论值之差）与理论值之比；

表 10 多肽复合肥料允许差分析

多肽类别	试样编号	理论值%	平行样 1	平行样 2	相对相差%
动物源多肽	1	0.1	0.09	0.07	25.0%
	2	0.3	0.24	0.22	8.7%
	3	0.5	0.56	0.54	3.6%
	4	1.0	1.06	1.04	1.9%
植物源多肽	5	0.1	0.13	0.11	16.7%
	6	0.3	0.36	0.34	5.7%
	7	0.5	0.47	0.45	4.3%
	8	1.0	0.97	0.99	2.0%
微生物源多肽	9	0.1	0.1	0.12	18.2%
	10	0.3	0.33	0.35	5.9%
	11	0.5	0.52	0.54	3.8%
	12	1.0	1.02	1.04	1.9%
有机合成多肽	13	0.1	0.08	0.06	28.6%
	14	0.3	0.33	0.31	6.3%

	15	0.5	0.49	0.47	4.2%
	16	1.0	1.01	1.03	2.0%

注：相对偏差为差值（测定值与理论值之差）与理论值之比。

2、含硝态氮复合肥料中多肽含量检测结果分析

将4类多肽物料分别与氮源（含硝态氮）、磷源、钾源、中微量元素、辅料按组分滚筒造粒，烘干制成以下多肽含量为0.5%的复合肥料产品。试样硝态氮含量分别为0%、1.5%、3%、8%，并进行测定值与理论值的允许差分析。

由以下表12-13分析，肥料试样中多肽的测定值与理论值存在2.0%~12.0%的相对偏差，平行样间的相对相差在3.6%~7.8%，均在20%以内，符合检测要求。

表 11 复合肥料中多肽检测值与理论值分析

多肽类别	试样编号	硝态氮%	多肽理论值%	测定值%	相对偏差%
动物源多肽	17	0	0.5	0.55	10.0%
	18	1.5	0.5	0.54	8.0%
	19	3	0.5	0.51	2.0%
	20	8	0.5	0.56	12.0%
植物源多肽	21	0	0.5	0.46	8.0%
	22	1.5	0.5	0.47	6.0%
	23	3	0.5	0.52	4.0%
	24	8	0.5	0.54	8.0%
微生物源多肽	25	0	0.5	0.53	6.0%
	26	1.5	0.5	0.51	2.0%
	27	3	0.5	0.56	12.0%
	28	8	0.5	0.54	8.0%
有机合成多肽	29	0	0.5	0.48	4.0%
	30	1.5	0.5	0.51	2.0%
	31	3	0.5	0.53	6.0%
	32	8	0.5	0.46	8.0%

注：相对偏差为差值（测定值与理论值之差）与理论值之比。

表 12 多肽复合肥料中多肽允许差分析

多肽类别	试样编号	硝态氮%	平行样 1	平行样 2	相对相差%
动物源多肽	17	0	0.56	0.54	3.6%
	18	1.5	0.53	0.55	3.7%
	19	3	0.5	0.52	3.9%
	20	8	0.58	0.54	7.1%
植物源多肽	21	0	0.47	0.45	4.3%
	22	1.5	0.46	0.48	4.3%
	23	3	0.51	0.53	3.8%
	24	8	0.52	0.56	7.4%
微生物源多肽	25	0	0.52	0.54	3.8%
	26	1.5	0.53	0.49	7.8%
	27	3	0.57	0.55	3.6%
	28	8	0.53	0.55	3.7%
有机合成多肽	29	0	0.49	0.47	4.2%
	30	1.5	0.52	0.50	3.9%
	31	3	0.55	0.51	7.5%
	32	8	0.47	0.45	4.3%

注：相对相差为两次测量值的绝对差值与均值之比。

（三）多肽复合肥料市场产品汇总分析

以下为收集的国内多肽复合肥料产品，按照本方法对这些样品进行了测定，依据检测结果，合理制定产品技术指标，数据汇总如下：

1、多肽含量

由以下表 14 分析可知，多肽有效含量 0.5%及以上的国内多肽复合肥料产品占 80%，且平行样间相对相差小于 10%，多肽有效含量低于 0.5%的检测值平行样相对相差较大为 14.3%~15.4%。

表 13 多肽复合肥料中多肽含量

样品编号	多肽复合肥料配比	多肽含量标识%	平行 1	平行 2	相对相差

F-1	27-8-6	0.5	0.59	0.57	3.4%
F-2	28-0-5	1.0	1.06	0.98	7.8%
F-3	15-15-15	0.5	0.52	0.48	8.0%
F-4	15-5-25	1.0	1.29	1.23	4.8%
F-5	30-5-5	1.0	1.11	1.05	5.6%
F-6	17-17-17	0.5	0.51	0.53	3.8%
F-7	25-8-6	0.2	0.45	0.39	14.3%
F-8	15-15-15	0.2	0.24	0.28	15.4%
F-9	17-5-25	0.5	0.57	0.55	3.6%
F-10	18-6-18	0.5	0.57	0.53	7.3%
F-11	15-15-15	1.0	0.81	0.77	5.1%
F-12	15-15-15	1.0	0.78	0.74	5.3%
F-13	21-0-0	0.5	0.48	0.52	8.0%
F-14	18-8-18	0.5	0.55	0.56	1.8%
F-15	17-7-17	0.5	0.49	0.51	4.0%
F-16	28-6-6	0.5	0.54	0.52	3.8%
F-17	16-7-23	1.0	1.02	1.06	3.8%
F-18	18-6-9	1.0	1.05	1.03	1.9%
F-19	15-15-15	0.2	0.28	0.25	11.3%
F-20	22-10-8	1.0	1.21	1.23	1.6%

注：相对相差为两次测量值的绝对差值与均值之比。

2、产品中氮磷钾及重金属含量检测

由表 14-15 检测结果显示，多肽复合肥料中各检测指标符合技术要求，重金属元素符合《GB 38400》中无机肥料有毒有害物质含量的限量要求。

表 14 多肽复合肥料中养分指标

样品编号	GB/T 15063-2020			
	N%	P%	K%	总养分%
F-1	27.18	7.92	6.2	41.30
F-2	28.09	0	5.13	33.22

F-3	15.26	15.08	15.04	45.38
F-4	15.18	4.96	24.96	45.10
F-5	30.52	5.18	5.26	40.96
F-6	17.48	17.36	16.85	51.69
F-7	25.19	8.15	6.09	39.43
F-8	15.24	14.86	15.16	45.26
F-9	17.15	5.23	25.13	47.51
F-10	18.12	6.24	17.68	42.04
F-11	15.31	15.24	15.03	45.58
F-12	15.28	15.16	15.11	45.55
F-13	21.05	0	0	21.05
F-14	18.23	7.95	18.12	44.30
F-15	17.02	7.16	17.06	41.24
F-16	28.09	6.15	5.97	40.21
F-17	15.96	7.24	23.01	46.21
F-18	18.14	6.15	9.01	33.30
F-19	15.06	15.14	15.02	45.22
F-20	22.13	10.12	8.01	40.26

表 15 多肽复合肥料中有毒有害物质含量

样品 编号	汞(mg/kg)	砷(mg/kg)	镉(mg/kg)	铅(mg/kg)	铬(mg/kg)	铊(mg/kg)
F-1	-	0.2	-	-	-	-
F-2	-	-	-	-	-	-
F-3	-	12.3	-	-	2.8	-
F-4	-	-	-	-	-	-
F-5	-	-	-	-	-	-
F-6	-	2.6	0.08	2.5	20.3	-
F-7	-	-	-	-	-	-
F-8	-	2.8	-	1.8	5.9	-

F-9	-	-	-	3.5	10.3	-
F-10	-	-	-	-	3.4	-
F-11	-	3.6	-	1.5	2.1	-
F-12	-	3.1	-	1.2	2.6	-
F-13	-	-	-	-	-	-
F-14	-	1.2	0.11	2.5	2.5	-
F-15	-	0.8	0.12	-	1.8	-
F-16	-	-	-	-	-	-
F-17	-	-	0.38	2.3	-	-
F-18	-	-	-	-	4.8	-
F-19	-	2.3	0.16	0.4	2.6	-
F-20	-	0.5	-	-	-	-

注：-表示未检出。

（四）多肽复合肥料田间效果验证

1、不同含量多肽复合肥料效果验证（脲基 16-16-16，动物多肽）

试验背景：2022年6~7月，以小白菜为供试作物，以不同含量多肽复合肥为供试肥料（动物多肽浓度：0%、0.2%、0.5%、1%、2%），作基肥翻入土中，亩用量40kg，在成都市新都区新繁镇进行小区验证试验，本试验每个处理设置3个重复，小区面积150m²，土壤背景为有机质1.3%、碱解氮45.3mg/kg、速效磷35.7mg/kg、速效钾60.8mg/kg、pH6.5。

调查项目：生物量、根重、株高、叶绿素、效益。

试验结果：由表22可知，施用多肽复合肥料的小白菜，各生长指标均较普通复肥处理一（0%）好，叶绿素spad提高1.28~3.14，株高提高2%~12%，根重增加5%~48%，生物量提高3%~15%。当多肽浓度在0%~1%时，随着有效含量浓度的提高，小白菜生物量及根重递增，在多肽浓度达1%时生物量最高为5.67kg/m²，较处理一（0%）增收15%，当多肽浓度在1%~2%时，生物量及根重随着多肽浓度的上升而下降。按小白菜市售价格1.45元/kg，普通复合肥料4.2元/kg进行产投比计算，由表23可以看出，产投比随着多肽浓度的增加，先提高后减小，投入与产出符合报酬递减规律。

表16 多肽复合肥料对小白菜生物性状的影响

处理	SPAD值	株高/cm	根重/g	生物量/kg	较0%增产
----	-------	-------	------	--------	-------

处理一（0%）	28.10±0.67b	21.62±0.38b	1.93±0.03c	4.93±0.21c	-
处理二（0.2%）	29.38±0.58a	22.15±0.32ab	2.27±0.09b	5.27±0.24b	7%
处理三（0.5%）	30.81±0.95a	24.18±0.23a	2.80±0.05a	5.52±0.27ab	12%
处理四（1%）	31.24±1.11a	24.12±0.31a	2.86±0.08a	5.67±0.24a	15%
处理五（2%）	30.52±0.57a	21.37±0.37b	2.03±0.03c	5.07±0.18c	3%

注：同列不同小写字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。

表 17 多肽复合肥料对小白菜经济效益的影响

处理	产量 公斤/亩	增产量 公斤/亩	增产值 元/亩	成本 元/亩	产投比
处理一（0%）	3288.31	-	-	-	-
处理二（0.2%）	3515.09	226.78	328.83	170.4	1.93
处理三（0.5%）	3681.84	393.53	570.62	174	3.28
处理四（1%）	3781.89	493.58	715.69	180	3.98
处理五（2%）	3381.69	93.38	135.40	192	0.71

2、不同含量多肽复合肥料（硝硫基 15-5-25，植物多肽）

试验背景：于 2022 年 5 月-2022 年 7 月，以不同浓度多肽复合肥料为供试肥料（植物多肽浓度：0%、0.2%、0.5%、1%、2%），以番茄为供试作物，在开花坐果期-膨果期用肥，每亩用量 10 公斤/亩/次，共 3 次，滴灌，其他用肥农户统一操作（底肥脲基 15-15-15 40 公斤/亩），多肽复合肥料由眉山市新都化工复合肥有限公司提供，在四川成都市新都区新繁镇进行小区试验，本试验每个处理种植面积为 133.4m²，土壤背景为有机质 2.8%、碱解氮 102.34mg/kg、速效磷 53.68mg/kg、速效钾 92.85mg/kg、pH6.5。

调查项目：挂果数、产量、单果重、果茎、效益。

试验结果：由表 24 数据可以看出，施用多肽复合肥料的番茄各生理指标具有显著优势，对比未添加多肽处理一（0%），果实果茎增大 5.25%~15.08%，单果重增加 1.11%~21.85%，产量增加 3.11%~9.78%。当多肽浓度在 0%~1%时，随着有效含量浓度的提高，番茄产量递增，在多肽浓度达 1%时产量最高为 247kg/30m²，较处理一（0%）增收 9.78%，当多肽浓度在 1%~2%时，产量随着多肽浓度的上升而下降。按番茄市售价格 3 元/kg，普通复合肥料 15-15-15 4.2 元/kg，15-5-25 4.8 元/kg 进行产投比计算，由表 25 可以看出，产投比随着多肽浓度的增加，先提高后减小，投入与产出符合报酬递减规律。

表 18 多肽复合肥料对番茄农艺性状及产量的影响

处理编号	果茎 mm	单果重/g	挂果数/株	产量 (kg) /30m ²	较 0% 增产
处理一（0%）	65.5±1.23c	150.68±2.47c	40.3±0.89c	225±3.25c	-
处理二（0.2%）	70.23±1.37b	168.34±2.65b	42.6±1.08b	236±2.47b	4.89%
处理三（0.5%）	72.51±1.08b	172.56±3.12ab	43.5±1.27ab	241±2.56a	7.11%

处理四（1%）	75.38±1.56a	183.6±3.24a	45.2±0.95a	247±3.18a	9.78%
处理五（2%）	68.94±1.37bc	152.35±1.5c	41.8±1.24bc	232±3.02b	3.11%

注：同列不同小写字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。

表 19 多肽复合肥料对番茄经济效益的影响

处理	产量 公斤/亩	增产量 公斤/亩	增产值 元/亩	成本 元/亩	产投比
处理一（0%）	5002.50	-	-	-	-
处理二（0.2%）	5247.07	244.57	733.70	312.24	2.35
处理三（0.5%）	5358.23	355.73	1067.20	312.6	3.41
处理四（1%）	5491.63	489.13	1467.40	313.2	4.69
处理五（2%）	5158.13	155.63	466.90	314.4	1.49

3、不同含量多肽复合肥料（脲基 15-15-15，有机合成多肽）

试验背景：2021 年 12~3 月，以小白菜为供试作物，以不同含量多肽复合肥料为供试肥料（多肽浓度：0%、0.1%、0.2%、0.3%），作基肥翻入土中，亩用量 40kg，在成都市新都区新繁镇进行小区验证试验，本试验每个处理设置 3 个重复，小区面积 150m²，土壤背景为有机质 1.2%、碱解氮 43.88mg/kg、速效磷 37.6mg/kg、速效钾 59.8mg/kg、pH6.5。

调查项目：生物量、根重、株高、叶绿素、效益。

试验结果：由表 21 可知，施用多肽复合肥料的小白菜，各生长指标均较普通复肥处理一（0%）好，叶绿素 SPAD 提高 0.71~2.81，株高提高 0.95%~1.51%，根重增加 6%~16%，生物量提高 3.31%~7.51%。当多肽浓度在 0%~0.3%时，随着有效含量浓度的提高，小白菜生物量及根重递增，在多肽浓度达 0.3%时生物量最高为 4.87kg/m²，较处理一（0%）增收 7.51%。按小白菜市售价格 1.45 元/kg，普通复合肥料 4.2 元/kg 进行产投比计算，由表 22 可以看出，产投比随着多肽浓度的增加逐渐提高。

表 20 多肽复合肥料对小白菜生物性状的影响

处理	SPAD 值	株高/cm	根重/g	生物量/kg	较 0%增产
处理一（0%）	28.12±0.11b	21.13±0.10a	2.00±0.07b	4.53±0.11b	-
处理二（0.1%）	28.32±0.22b	21.45±0.07a	2.12±0.04b	4.68±0.11ab	3.31
处理三（0.2%）	28.58±0.13ab	21.33±0.17a	2.12±0.07b	4.79±0.08ab	5.74
处理四（0.3%）	28.91±0.13a	21.43±0.35a	2.32±0.05a	4.87±0.07a	7.51

注：同列不同小写字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。

表 21 多肽复合肥料对小白菜经济效益的影响

处理	产量 公斤/亩	增产量 公斤/亩	增产值 元/亩	成本 元/亩	产投比
处理一（0%）	3021.51	-	-	-	-
处理二（0.1%）	3121.56	100.05	145.07	170.4	0.85

处理三 (0.2%)	3194.93	173.42	251.46	174	1.45
处理四 (0.3%)	3248.29	226.78	328.83	180	1.83

注：同列不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)。

4、不同含量多肽复合肥料（硝基 18-8-18，微生物源多肽）

试验背景：2021 年 3~5 月，以小白菜为供试作物，以不同含量多肽复合肥为供试肥料（多肽浓度：0%、0.5%、1%、1.5%），作基肥翻入土中，亩用量 40kg，在成都市新都区新繁镇进行小区验证试验，本试验每个处理设置 3 个重复，小区面积 150m²，土壤背景为有机质 1.3%、碱解氮 46.78mg/kg、速效磷 38.92mg/kg、速效钾 61.4mg/kg、pH6.5。

调查项目：生物量、根重、株高、叶绿素、效益。

试验结果：由表 23 可知，施用多肽复合肥料的小白菜，各生长指标均较普通复肥处理一(0%)好，叶绿素 SPAD 提高 0.65~3.7，株高提高 5.45%~9.61%，根重增加 10.82%~12.37%，生物量提高 5.61%~6.44%。当多肽浓度在 0%~1.0%时，随着有效含量浓度的提高，小白菜生物量及根重递增，在多肽浓度达 1.0%时生物量最高为 5.12kg/m²，较处理一（0%）增收 10.81%。当多肽浓度在 1%~1.5%时，生物量及根重随着多肽浓度的上升而下降。按小白菜市售价格 1.45 元/kg，普通复合肥料 4.2 元/kg 进行产投比计算，由表 24 可以看出，产投比随着多肽浓度的增加，先提高后减小，投入与产出符合报酬递减规律。

表 22 多肽复合肥料对小白菜生物性状的影响

处理	SPAD 值	株高/cm	根重/g	生物量/kg	较 0%增产
处理一 (0%)	27.87±0.16a	19.46±0.43b	1.94±0.06b	4.81±0.08b	-
处理二 (0.5%)	28.05±0.13a	20.52±0.45ab	2.15±0.03a	5.08±0.05ab	5.61
处理三 (1.0%)	28.90±0.57a	21.33±0.17a	2.31±0.03a	5.33±0.05a	10.81
处理四 (1.5%)	27.87±0.32a	20.83±0.44a	2.18±0.07a	5.12±0.14a	6.44

注：同列不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)。

表 23 多肽复合肥料对小白菜经济效益的影响

处理	产量 公斤/亩	增产量 公斤/亩	增产值 元/亩	成本 元/亩	产投比
处理一 (0%)	3208.27	-	-	-	-
处理二 (0.5%)	3335	126.73	183.76	174	1.06
处理三 (1.0%)	3555.11	346.84	502.92	180	2.79
处理四 (1.5%)	3415.04	206.77	299.82	186	1.61

注：同列不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)。

（五）添加量确定原则

本标准参考了《NY/T 2878-2015 水溶肥料 聚天门冬氨酸含量的测定》、《NY/T 3039-2016 水溶肥料 聚谷氨酸含量的测定》以及《Q/370784LWT003-2015 多肽复合肥料》、《Q/JLYY 01-2020 聚源多肽 52 复合肥料》、《Q/SYSXD 06-2021 聚源多肽 52 复合肥料》、《Q/320582HCH1-2019 多肽增效复合肥料》等相关标准，并结合了国内市场上不同工艺类型、不同多肽来源的多肽复合肥料产品检测结果（多肽有效含量 0.5%及以上占 80%），同时也根据不同多肽来源、不同添加量的农化试验验证结果（大多数最佳添加比例在 0.5%左右），我们把多肽复合肥料中的多肽含量定为 $\geq 0.5\%$ 。

五、与相关标准的关系分析

本标准的制定遵循了与其相关的国家标准或行业标准的规定，与现行的法律、法规及其他行业标准没有矛盾。

六、采用国际标准的程度及水平说明

目前尚未发现有国际及国外有多肽复合肥料的标准颁布。此标准填补国内外空白的。本团体标准的建立，在规范行业发展的同时，将会进一步扩大产品应用面，促进多肽复合肥料的进一步规范推广和使用。

七、重大分歧或重难点的处理经过和依据

本标准起草过程中广泛征求各研究单位、技术推广部门、生产企业和基地的意见和建议，将充分吸收合理的意见建议。无重大分歧意见。

八、标准推广应用措施及预期效果

推广措施：推动多肽复合肥料由团体标准转为行业标准或国家标准，更加规范多肽在肥料中的生产应用和指标检测，推进化肥零增长和化肥减施增效，促进高效肥产业健康发展。随着现有复合肥料减能增效的需求，生产多肽复合肥料产品，推广高效肥，避免产品同质化造成的无序竞争和产能过剩，打造多肽复合肥料单品，根据多肽的特性，有效调节作物生长、促进作物生长和抗逆功能，推广多肽复合肥料在果树、蔬菜和粮食作物上的应用，推广农牧

业资源在作物营养和植物保护上的应用。

预期效果：现有工作基础上，通过标准的建立，扩大生产点，布置田间效果试验，发挥高效肥在提高肥料利用率、改良土壤、提高作物产量和品质上的作用，提高产量。形成多肽系列产品，建立完善销售渠道。推动多肽复合肥料升级成行业标准，更好地与化肥工业、农药、绿色及有机食品生产等行业的技术人员、应用群体交流合作，在土壤修复、农作物种植、食品安全及环境保护等领域做出新贡献，形成良好的社会、环境、经济效益。

九、其它应说明的事项

无。

参考文献

- [1] 朱艳华.玉米多肽的制备、理化性质及生物活性的研究[D]. 华中农业大学硕士学位论文.2007.
- [2] 陈彤,廖祥儒,牛建章.多肽类植物激素[J].生物学通报,2002年第37卷第12期.
- [3] 吴英.氨基酸-多肽叶面肥料的研制与使用效果研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学硕士学位论文.2006.
- [4] 盛树力.多肽的基本知识和研究范畴[J].分析化学,2005(5): 23.
- [5] 冯怀蓉,张慧涛,茆军.多肽简介及应用[J].新疆农业科学,2002,39(1): 38-39.
- [6] Ryan C A,Pearce G,Polypeptide hormones[J].Plant Physiol,2001,125(1):65-67.
- [7] 李琛,宋秀芬,刘春明. 高等植物中的多肽激素[J]. 植物学通报.2006,23(5): 584—594.
- [8] 胡志涛,顿新鹏,张铭,等. 植物多肽 PA1b 打开胰腺β细胞 L 型钙通道促使钙内流和细胞分泌[J]. 中国科学(C 辑: 生命科学),2007(3): 280—286.
- [9] 门敬菊. 大豆多肽与植物生长调节剂对毛脉酸模生长及根中生物活性成分的影响[D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学硕士学位论文. 2006.
- [10] 严得胜,陈道茂,李方许,等. 绿丰源在杨梅等四种果树上试验的效果[J]. 浙江柑桔,2004(2): 35-36.
- [11] 安佳佳,李新国,李茂富,黄绵佳,李绍鹏.大豆多肽对高温胁迫下巴西蕉幼苗生理特性的影响[J].中国农学通报,2010,26(19): 387-391.
- [12] 李效超,王蕊,李新国,黄绵佳,李绍鹏,李茂富.大豆多肽对巴西蕉幼苗抗冷性的影响[J].热带作物学报,2009,30(5): 570-574.
- [13] 刘金龙.鱼蛋白多肽的制备及其在农业生产中的应用[D]. 山东农业大学硕士学位论文. 2017.
- [14] 周兆禧,杜中军,陈业渊,等.多肽在农作物生长发育中的作用研究进展[J].广东农业科学,2008,11: 145-147.
- [15] 薛文杰.蛋白肽对土壤微生物和植物生长的调控效应研究[D]湖北大学硕士学位论文.2014.
- [16] 徐娟, 吕嘉栎.乳蛋白水解液中多肽含量测定方法的研究[J].食品科技,2010年第35卷第12期.
- [17] 唐开永,周鸿翔,田娅玲,等.低浓度小分子多肽含量测定方法的比较研究[J].食品研究与开发,2018年8月第39卷第16期.
- [18] 刘扬,张占雄.多肽含量的测定方法的比较[J].内蒙古石油化工,2008年第5期.
- [19] 阚微娜,滕艳坤,杨宏伟.脾氨肽口服冻干粉中游离氨基酸及肽的含量测定[J].中国药师,2014年第17卷第8期.
- [20] Michael L.G.Gardner.半胱氨酸是蛋白质和多肽的盐酸或巯乙基磺酸水解液氨基酸分析误差的潜在原因[J].氨基酸杂质,3,34-35,1986.

- [21] 张微,张振秋,李瑞海,等.马鹿茸不同分子量肽段中水解及游离氨基酸的含量分析[J].中华中医药学刊,第35卷第8期2017年8月.
- [22] 彭兴军,刘昌敏,胡桂萍.多肽尿素中微量聚天门冬氨酸检测方法探讨[J].大氮肥,2016年2月第39卷第1期.
- [23] 付冬梅.多肽尿素中微量聚天门冬氨酸检测方法探讨[J].合成氨与尿素,第43卷第7期2017年7月.
- [24] 王瑞菲,孟园园,饶飞,等.高效液相色谱法测定尿素中多肽的含量[J].第二届环渤海色谱学会报告会,论文汇编2012年9月.