

猪血多肽和蚯蚓裂解液对小麦产量及品质的影响

刘静怡, 李俊良, 金圣爱*, 商美新, 王 萌

(青岛农业大学资源与环境学院, 山东 青岛 266109)

摘 要: 为探究猪血多肽和蚯蚓裂解液叶面喷施对小麦产量及品质的影响, 于小麦拔节期、孕穗期、抽穗期喷施不同浓度的叶面肥尿素、猪血多肽、蚯蚓裂解液, 空白和喷清水作为对照。结果表明, 猪血多肽 500 倍液处理可显著提高小麦产量及其构成, 相比清水对照, 每穗粒数、穗数、千粒重、实际产量分别提高 11.2%、13.3%、9.9%、11.3%。猪血多肽处理籽粒蛋白质与湿面筋含量呈现随肥液浓度的升高而升高的现象。蚯蚓裂解液 2000 倍液处理每穗粒数、穗数、千粒重、实际产量相比清水对照分别提高 13.2%、9.7%、7.2%、18.5%。等氮量情况下, 猪血多肽 250 倍液、蚯蚓裂解液 200 倍液处理产量及其构成因素、矿质养分积累量均低于等氮量尿素处理, 并未达到增产效果; 猪血多肽 250 倍液、蚯蚓裂解液 200 倍液处理蛋白质含量显著高于尿素处理, 分别提高约 41.6%、11.1%, 叶面喷施猪血多肽和蚯蚓裂解液对籽粒蛋白质含量的影响主要为含氨基酸功能物质, 而非单纯氮素的影响。综合考虑, 猪血多肽 500 倍液处理对整体优化、提升小麦产量及品质效果最佳; 蚯蚓裂解液 2000 倍液可以有效促进小麦对其他养分的吸收, 实现较高产量。

关键词: 猪血多肽; 蚯蚓裂解液; 小麦; 产量与品质

在粮食生产中化肥投入量不断增加, 但增产效果并不显著, 导致环境压力愈加严峻, 为响应“双减”政策, 有效利用废弃物, 减少环境污染, 开发新型叶面肥, 发展有机农业尤为重要。但大多数研究低估了有机氮对植物营养的意义^[1], 含氨基酸功能肥中含有大量氨基酸态氮, 是理想的有机氮源。

氨基酸是蛋白质的结构成分, 对细胞分裂和植物生长有重要的作用^[2]。氨基酸作为螯合剂, 促进叶片吸收养分, 并以其为配位体, 无光条件下亦可进行蛋白质的合成, 具有更好的增产效果^[3]。相关研究表明氨基酸可被作为速效肥, 利于植株对养分的快速吸收^[4]。相对于土施, 叶面施肥可以快速满足作物对养分的需求, 增强作物抗逆性, 防止养分在土壤中被固定^[5], 王家盛等^[6]研究认为叶面多肽可及时补充小麦根系吸收养分的不足, 有助于提高小麦的矿质养分吸收与成产因素。氨基酸叶面喷施多肽水溶肥可提高小麦的穗结实率, 使每穗结实

粒数增加^[7]。刘德辉等^[8]利用废弃蛋白和工业废料制成的氨基酸微肥可显著提高小麦淀粉含量和蛋白质含量, 李叶^[9]研究表明, 氨基酸可提高小麦千粒重、湿面筋、籽粒蛋白质含量。

猪血是一种高蛋白、微量元素丰富的工业副产品, 目前规模化血液处理方式即加工为初级蛋白供应于饲料, 我国每年待处理血液量达到 40 万 t, 但其利用率不到 20%, 在动物蛋白严重缺乏的情况下, 开发利用猪血资源具有重要意义^[10]。猪血多肽是从废弃猪血中分离、酶解得到富含氨基酸的小分子肽液, 氨基酸约占 80.8%, 还具有植物生长所需的微量元素及生物活性物质, 研究表明生物降解氨基酸叶面喷施, 可以提高草莓、白菜的营养生长^[11-12], 改善作物品质, 降低农药残留, 减少动物血液造成的环境污染, 提高产品附加值, 具有良好的社会效益和环境效益。

蚯蚓本身含有多种酶类、氨基酸类、微量元素以及其他有效成分, 早期广泛应用于药理及动物饲料^[13], 近年来大量研究表明, 蚯蚓的自溶性可生产供植物吸收的氨基酸及氨基酸类产品^[14-15]。蚯蚓水解液含有多种多肽和氨基酸, 易被植物吸收^[16-17]。适宜浓度的蚯蚓氨基酸肥可使黄瓜蛋白质含量增加 31.2%^[18]。雍海燕等^[19]的研究表明, 蚯蚓发酵液可使番茄产量和单果质量分别提高

收稿日期: 2021-10-11; 录用日期: 2021-12-20

基金项目: 山东省自然科学基金 (ZR2020QC161)。

作者简介: 刘静怡 (1995-), 硕士研究生, 研究方向为水肥利用, E-mail: 1485004791@qq.com。

通讯作者: 金圣爱, E-mail: shengaij@163.com。

10.98% ~ 18.97%、10.97% ~ 38.54%，提高番茄品质。为资源化利用蚯蚓堆肥中遗留的蚯蚓，将尿素作为助溶剂与蚯蚓按一定比例水解，制成蚯蚓裂解液应用于农业生产。蚯蚓裂解液在盆栽、果蔬方面研究较多，但在大田应用方面的研究不足。小麦为世界上最重要的粮食之一，但在小麦种植过程中越来越重视产量的提高，忽视了小麦营养品质，且增产提质过度依赖化肥。相关研究表明，氨基酸与小麦产量、品质有密切关系，但猪血多肽与蚯蚓裂解液对小麦养分、产量及品质的影响研究较少。为此，本研究以小麦为研究对象，分析叶面喷施猪血多肽和蚯蚓裂解液对小麦产量及品质方面的影响，为消纳废弃物以及提高资源利用提供方向，同时为猪血多肽和蚯蚓裂解液的肥料化利用提供理论依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2019年10月至2020年8月在青岛农业大学科技示范园进行。试验地块地势平坦，基础地力较好，试验地土壤为砂壤土。pH值为6.69，土壤有机质含量为12.5 g/kg，全氮含量为0.91 g/kg，碱解氮含量为92.17 mg/kg，有效磷含量为27.48 mg/kg，速效钾含量为123.41 mg/kg。

1.2 试验设计

供试小麦品种为济麦22。供试肥料包括普通尿素(N 46%)；襄阳维恩生物科技有限公司提供的猪血多肽(N 12.05%)，游离氨基酸(6.5%)，氨基酸总量(80.8%)；蚯蚓裂解液(N 9.55%)，游离氨基酸(5.3%)，氨基酸总量(8%)。

试验地前茬作物为甘薯，所有处理基施45%的复合肥(15-15-15)750 kg/hm²，每个小区长18 m，宽3 m，面积为54 m²，设3次重复，于2019年10月~2020年7月进行。采用叶面追肥模式，设8个处理：①空白对照(CK₁)，②清水对照(CK₂)，③尿素(N)：0.31 kg/hm²，④猪血多肽250倍液(ZA)：1.19 kg/hm²，⑤猪血多肽500倍液(ZB)：0.6 kg/hm²，⑥猪血多肽1000倍液(ZC)：0.3 kg/hm²，⑦蚯蚓裂解液200倍液(QA)：1.5 kg/hm²，⑧蚯蚓裂解液2000倍液(QB)：0.15 kg/hm²，其中，处理N、QA与ZA叶喷处理溶液含氮量相同。分别于小麦拔节期、孕穗期、抽穗期各喷施1次，除叶喷肥料浓度不同，其他管理措施均

相同。于小麦收获期采样，对小麦籽粒进行考种，测其氮、磷、钾养分含量及蛋白质、淀粉含量。

1.3 测定方法

1.3.1 产量及考种

于成熟期，每小区采1 m单行小麦，剪去根部，分茎叶和穗两部分，分别测其鲜重，并数穗数，换算单位面积穗数。在105℃下杀青0.5 h，再于75℃下烘干，称穗、茎叶干重，计算植株干物质积累总量。每小区随机选取3个穗计算穗粒数，重复3次操作，计算平均穗粒数。每小区另取1 m²长势均匀的样风干后脱粒测产，利用千粒重计数板数1000粒小麦籽粒称重计数，并测定含水量，换算千粒重，每小区重复3次。

1.3.2 小麦植株全氮、全磷、全钾含量测定

采用H₂SO₄-H₂O₂消煮法分别消煮植株茎叶及穗，采用凯氏定氮法测定全氮含量，钒钼黄比色法测定全磷含量，火焰光度法测定全钾含量，计算植株整体氮、磷、钾积累量。

1.3.3 品质指标测定

采用考马斯亮蓝法(Bradford法)测蛋白质含量^[20]，采用双波长法测面粉中支链淀粉含量与直链淀粉含量^[21]，湿面筋含量按GB/T 5506.2-2008标准测定。

1.4 数据分析

利用Excel 2020进行数据整理，通过DPS 2006对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同叶面肥对小麦产量及其产量要素的影响

对小麦产量及其构成要素的影响如表1所示，猪血多肽和蚯蚓裂解液在各项指标中均显示ZB > ZC > ZA、QB > QA。不同浓度梯度的猪血多肽处理中，ZB处理实际产量达到6716 kg/hm²，相比CK₁、CK₂处理增幅分别为14%、12.1%，穗数、穗粒数、千粒重均最高，相比CK₂分别提高13.3%、11.2%、9.9%，说明猪血多肽可优化小麦产量构成，提高小麦产量。蚯蚓裂解液处理下，QB实际产量相比CK₁、CK₂处理分别增加20.8%、18.5%。200倍液处理下各产量要素无显著提高。等氮量的情况下，ZA、QA处理各项指标均低于N处理，浓度过高影响植株对养分的吸收甚至产生一定的抑制作用。在各施肥处理中ZB和QB在产量构成要素水平中较高，对小麦的保产增产具有显著效果。

表 1 不同叶面肥对小麦产量及产量因素的影响

处理	穗粒数 (粒)	穗数 (万穗/hm ²)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm ²)	实际产量 (kg/hm ²)
CK ₁	30.3 ± 1.8a	487.4 ± 20.3b	41.2 ± 0.4c	6222.1 ± 317.4d	5916.6 ± 290.6c
CK ₂	30.3 ± 2.3a	514.2 ± 41.0ab	41.4 ± 1.5c	6391.1 ± 266.3d	6033.3 ± 383.3bc
N	32.3 ± 1.3a	563.8 ± 27.6ab	42.7 ± 0.5bc	7767.1 ± 356.4bc	6600.0 ± 202.1abc
ZA	30.3 ± 3.9a	521.3 ± 44.4ab	42.2 ± 0.7bc	6526.0 ± 213.5d	6250.0 ± 60.1bc
ZB	33.7 ± 2.7a	582.8 ± 9.8a	45.5 ± 0.8a	8920.3 ± 357.9a	6716.6 ± 304.1ab
ZC	31.0 ± 2.9a	530.5 ± 23.0ab	43.7 ± 1.3abc	7120.7 ± 412.4cd	6200.0 ± 260.3bc
QA	32.0 ± 0.6a	511.0 ± 25.7ab	41.9 ± 0.4bc	6849.0 ± 350.4cd	5983.3 ± 231.5bc
QB	34.3 ± 1.0a	564.0 ± 16.2ab	44.4 ± 0.8ab	8579.3 ± 167.3ab	7150.0 ± 173.2a

注: 同一列不同小写字母表示不同处理间差异在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。

2.2 不同叶面肥对小麦干物质积累量及氮、磷、钾积累总量的影响

由表 2 可知, 各施肥处理氮素吸收总量均高于 CK₁, 各施肥处理表现为 QB>N>ZB>ZA>ZC>QA, 猪血多肽处理下, 干物质积累量、磷钾积累量表现为 ZB>ZA>ZC, ZB 处理氮、磷、钾素积累量均显著高于 CK₂ 处理, 分别高 14.4%、26.9%、9.8%, 而钾素积累量呈随叶喷浓度降低而降低的趋势, 表现为 ZA>

ZB>ZC。蚯蚓裂解液处理下 QB 干物质积累总量, 氮、磷、钾素积累量均显著高于 CK₁ 和 CK₂ 处理, 而 QA 处理各项指标与 CK₁ 和 CK₂ 处理相比均无显著差异, 说明蚯蚓裂解液浓度过高影响小麦植株对氮、磷、钾元素的吸收及积累。等氮量情况下, QA 干物质积累量显著低于 N、ZA, 为 9915 kg/hm², 与 CK₂ 处理相比降低约 3.8%, 说明 QA 影响小麦干物质的正常积累。ZA、QA 处理均低于 N 处理的植株氮素积累量。

表 2 不同叶面肥对小麦干物质总量与氮、磷、钾积累总量的影响

(kg/hm²)

处理	干物质总量	氮素积累量	磷素积累量	钾素积累量
CK ₁	9857.9 ± 101.2d	201.5 ± 5.9e	41.7 ± 1.8cd	149.1 ± 6.4e
CK ₂	10304.2 ± 309.7cd	218.6 ± 9.7cde	36.1 ± 1.0d	166.1 ± 2.4de
N	12370.0 ± 514.0b	265.8 ± 11.1ab	48.2 ± 2.6ab	215.1 ± 3.0ab
ZA	11118.8 ± 512.6c	242.6 ± 14.9bcd	42.1 ± 3.3bcd	200.2 ± 2.7bc
ZB	11233.0 ± 121.6c	250.5 ± 3.7abc	45.8 ± 2.8abc	182.3 ± 17.4cd
ZC	10373.4 ± 340.9cd	218.1 ± 9.5cde	40.3 ± 0.6cd	166.9 ± 8.3de
QA	9915.0 ± 413.9d	211.9 ± 5.5de	38.4 ± 1.7d	158.4 ± 6.1de
QB	13845.8 ± 271.4a	282.3 ± 13.2a	50.6 ± 2.1a	235.5 ± 13.7a

2.3 不同叶面肥对小麦品质的影响

淀粉是小麦籽粒的重要组成部分, 对小麦产量的高低和品质的优劣有着重要的影响。施用不同叶面肥对小麦总淀粉含量具有不同程度的提高 (表 3)。具体表现为 ZB > ZC > N > ZA > QB > QA > CK₂ > CK₁。猪血多肽处理中, ZB 处理总淀粉含量最高, 为 68.1%, 相比 CK₂ 处理提高 5.4%, 各浓度猪血多肽处理间总淀粉含量无显著差异, ZA、ZB、ZC 处理支链淀粉含量显著高于 CK₁ 和 CK₂ 处

理, 而直链淀粉含量显著低于 CK₁ 和 CK₂ 处理。在蚯蚓裂解液处理中, QA 处理直链淀粉含量高于 QB 处理, 为 24.5%, QA、QB 处理直链淀粉含量相比 CK₂ 处理分别提高 18.9%、16.0%, 蚯蚓裂解液处理支 / 直显著低于猪血多肽处理。等氮量处理中, N、ZA 处理淀粉组成差异不显著, QA 处理相比 N 处理具有高直链、低支链淀粉的特点。支链淀粉变异系数为 7.87%, 直链淀粉达到 17.08%, 即直链淀粉对支 / 直的影响更大。

表3 不同叶面肥对小麦淀粉及其组分的影响

处理	总淀粉含量 (%)	支链淀粉 (%)	直链淀粉 (%)	支/直
CK ₁	60.9 ± 1.1e	40.8 ± 0.4d	20.1 ± 0.5bc	2.0 ± 0.1c
CK ₂	64.6 ± 0.6d	43.9 ± 0.6c	20.6 ± 0.1b	2.1 ± 0.0c
N	65.3 ± 1.0cd	48.6 ± 1.7b	16.6 ± 0.8d	2.9 ± 0.3ab
ZA	66.1 ± 0.6bcd	48.4 ± 1.0b	17.7 ± 0.7cd	2.7 ± 0.2b
ZB	68.1 ± 0.7abc	52.1 ± 1.4a	15.9 ± 0.9d	3.3 ± 0.3a
ZC	66.9 ± 0.3abcd	50.2 ± 0.3ab	16.7 ± 0.1d	3.0 ± 0.1ab
QA	69.0 ± 2.1ab	44.5 ± 0.2c	24.5 ± 2.1a	1.8 ± 0.2c
QB	69.4 ± 1.3a	45.4 ± 0.3c	23.9 ± 1.1a	1.9 ± 0.1c
平均数	66.3	46.8	19.5	2.6
变异系数 (%)	4.2	7.9	17.1	23.9

不同施肥处理相比 CK₂ 处理, 对小麦籽粒蛋白质的含量均有不同程度地提高 (图 1), 表现为 ZA > ZB > ZC > QA > N > QB, 在两种叶面肥处理中, 均呈现浓度高则籽粒蛋白质含量高的现象, 猪血多肽处理籽粒蛋白质含量均高于其他叶喷处理。同等含氮量的条件下, ZA、QA 处理蛋白质含量显著高于 N 处理, 分别提高 41.6%、11.1%, 说明叶喷猪血多肽和蚯蚓裂解液有利于小麦籽粒蛋白质含量的积累。

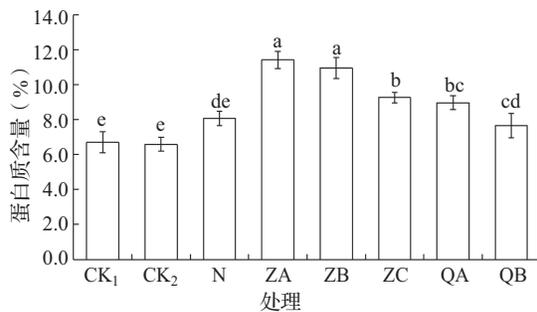


图1 不同叶面肥对小麦籽粒蛋白质含量的影响

注: 不同小写字母表示在 0.05 水平下差异显著。下同。

湿面筋由麦谷蛋白与麦醇溶蛋白组成, 是影响小麦和小麦粉品质的重要因素。由图 2 可知, 喷施肥料对小麦湿面筋含量的影响不同, 相比 CK₁ 处理, 各施肥处理湿面筋含量均有不同程度地提高。猪血多肽处理表现为 ZA > ZB > ZC, 呈现随浓度的升高湿面筋含量随之提高的趋势。相比 CK₁ 分别提高 15.1%、10.4%、2.6%, ZC 相对对照无显著差异。蚯蚓裂解液处理中, QA 处理可显著提高湿面筋含量, 相比 CK₂ 处理提高 28.9%。等氮量情况下, ZA、QA 处理湿面筋均高于 N 处理, 分别提高 3.5%、19.1%。

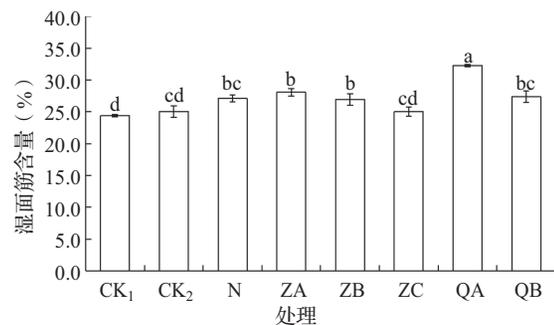


图2 不同叶面肥对小麦湿面筋含量的影响

3 讨论

3.1 叶面喷施不同浓度的猪血多肽对小麦产量及品质的影响

由表 1 可知, 猪血多肽处理相比 CK₂ 各产量要素均有不同程度地提高, 从产量构成上看, 苗期施用含氨基酸功能水溶肥可增加小麦穗数, 扬花期主要影响穗粒数和千粒重^[22]。各施肥处理间穗粒数、穗数无显著差异, 而 ZB 处理千粒重显著高于 CK₁ 和 CK₂ 处理, 与孙娟^[23]研究的小麦喷施叶面肥可通过调节千粒重实现增产结论相同, 即氨基酸多肽叶喷对千粒重影响显著。各施肥处理支链淀粉呈现 ZB > ZC > ZA, 均高于 CK₁ 和 CK₂ 处理, 直链淀粉均低于 CK₂ 处理, 说明猪血多肽可以显著提高籽粒支链淀粉含量, 降低直链淀粉水平, 有助于改善淀粉构成。生长条件对籽粒蛋白质含量的影响远大于品种本身的影响^[24], 叶喷猪血多肽对小麦籽粒蛋白质含量影响较大, 表现为含量随浓度的降低而降低的规律; 这可能由于猪血多肽含有较高氨基酸, 可以参与氮代谢与蛋白质的合成, 在植株体内能够积

累较高氨基酸与蛋白质^[25]。综上,叶喷猪血多肽500倍液可显著提高蛋白质及湿面筋含量,优化籽粒淀粉结构特性,提高千粒重,从而提高产量。

3.2 叶面喷施不同浓度的蚯蚓裂解液对小麦产量及品质的影响

不同浓度的蚯蚓裂解液处理中, QB处理产量显著高于CK₂, QA处理实际产量相比CK₂处理略有减产,说明不同浓度的功能肥处理对作物有促进与胁迫两种机制^[26]。干物质积累量是衡量肥效重要指标之一,研究表明,含氨基酸功能水溶肥料对小麦植株的干物质积累具有显著的促进作用,从而促进小麦籽粒产量的形成^[27]。矿质元素是人体必需的营养元素,研究小麦的矿质元素有十分重要的意义,蚯蚓裂解液2000倍液干物质积累量、植株氮磷钾养分积累量较高,由于蚯蚓裂解液中含有可供植物直接吸收的大量氨基酸态氮和中微量元素^[28],促进植物对其他养分的吸收,提高植物对元素的利用率^[29],促进植株的生长、养分吸收及运转。蚯蚓裂解液处理蛋白质与湿面筋含量均表现为叶喷肥液浓度高其含量高的特点。

3.3 等氮量情况下小麦产量及品质的表现

等氮量情况下, ZA与QA处理并未增产,甚至低于N处理,说明高浓度含氨基酸功能水溶肥具有一定的抑制现象。这可能由于高浓度含氨基酸功能水溶肥会形成氨基酸胁迫^[30],抑制相关酶促反应,导致植株新陈代谢失衡,影响作物产量。从矿质养分及干物质积累量方面看,由于高浓度含氨基酸功能肥使植物体聚集大量的氨基酸分子,这些氨基酸分子回流到根部,抑制植株对NO₃⁻的吸收^[31-32],阻碍植株对养分的积累,本研究中QA处理的干物质积累量,氮、磷、钾素积累量均显著低于尿素处理。在品质方面,两种含氨基酸功能水溶肥均优于尿素处理,说明两种含氨基酸功能水溶肥中氨基酸类物质对小麦的生长生产、提质增效起主要作用,而非单纯氮素的影响,适宜浓度的含氨基酸功能水溶肥有利于促进植株对环境中的养分的吸收。

4 结论

在不同浓度的猪血多肽处理中,猪血多肽500倍液产量最高、产量构成最佳。猪血多肽250倍液和500倍液蛋白质、湿面筋水平较高。综合来看,猪血多肽500倍液处理对整体优化、提升小麦产量

及品质效果最佳。在不同浓度的蚯蚓裂解液处理中,蚯蚓裂解液2000倍液处理可以有效促进小麦对矿质养分的吸收,提高产量。在氮含量相同的情况下,蚯蚓裂解液200倍液和猪血多肽250倍液并未达到增产效果,而对品质的提高有显著影响。

参考文献:

- [1] Farrell M, Macdonald L M, Hill P W, et al. Amino acid dynamics across a grassland altitudinal gradient [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2014, 76: 179-182.
- [2] Bonner C A, Jensen R A. Recognition of specific patterns of amino acid inhibition of growth in higher plants, uncomplicated by glutamine-reversible 'general amino acid inhibition' [J]. *Plant Science*, 1997, 130 (2): 133-143.
- [3] Nsholm T, Kielland K, Ganeteg U. Uptake of organic nitrogen by plants. [J]. *New Phytologist*, 2009, 182 (1): 31-48.
- [4] 王莹, 史振声, 王志斌, 等. 植物对氨基酸的吸收利用及氨基酸在农业中的应用 [J]. *中国土壤与肥料*, 2008 (1): 6-11.
- [5] 郭瑞, 齐学礼, 王会伟, 等. 叶面追肥对强筋小麦产量和品质的效应分析 [J]. *湖北农业科学*, 2018, 57 (12): 40-43.
- [6] 王家盛, 邢利庆, 魏秀华, 等. 不同种类叶面肥对小麦产量的影响 [J]. *安徽农学通报*, 2009, 15 (19): 75-75, 118.
- [7] 姜丽娜, 岳影, 李金娜, 等. 施氮量对小麦花后氮素分配及氮素利用的影响 [J]. *作物杂志*, 2018 (2): 80-86.
- [8] 刘德辉, 田蕾, 邵建华, 等. 氨基酸螯合微量元素肥料在小麦和后作水稻上的效果 [J]. *土壤通报*, 2005, 36 (6): 917-920.
- [9] 李叶. 叶面喷施含硫氨基酸对小麦籽粒品质的调控研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [10] 陈力力, 马美湖, 谭周进. 猪血蛋白在农畜业生产上的开发利用 [J]. *广西农业生物科学*, 2006 (S1): 123-126.
- [11] 魏启舜, 郭成宝, 周影, 等. 增施不同氨基酸水溶肥对白菜生长的影响 [J]. *江苏农业科学*, 2020, 48 (22): 160-164.
- [12] 魏启舜, 赵荷娟, 郭成宝, 等. 羽毛生物降解氨基酸肥对草莓生长和果实品质的影响 [J]. *中国农学通报*, 2019, 35 (32): 46-52.
- [13] 涂清波, 林颖, 苏鹏亮, 等. 蚯蚓的化学成分与应用价值研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2017, 45 (34): 109-111.
- [14] 区家秀, 黄庶识, 黄在猛, 等. 蚯蚓基氨基酸叶面肥酶解条件优化的初步探索 [J]. *轻工科技*, 2020, 36 (11): 64-66, 68.
- [15] 黄宇, 李国雷, 廖敏, 等. 蚯蚓水解液对草莓白粉病的抑制效果初探 [J]. *浙江农业科学*, 2016, 57 (12): 2067-2070.
- [16] 李娟, 吴永胜, 杨雪, 等. 蚯蚓抗菌肽的研究进展 [J]. *安*

- 徽农业科学, 2016, 44 (3): 62-63.
- [17] Maguy L, Milochau A, François D, et al. Sequence and expression of an Eisenia-fetida-derived cDNA clone that encodes the 40-kDa fetidin antibacterial protein [J]. *Febs Journal*, 2010, 246 (3): 756-762.
- [18] 李建生, 赵海涛, 李天鹏, 等. 叶面喷施蚯蚓氨基酸肥对黄瓜品质的影响 [J]. *南方农业学报*, 2017, 48 (6): 1042-1047.
- [19] 雍海燕, 张燕, 曹云娥. 蚯蚓发酵液对番茄品质、产量及土壤养分的影响 [J]. *江苏农业科学*, 2019, 47 (1): 142-146.
- [20] 蒋大程, 高珊, 高海伦, 等. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题 [J]. *实验科学与技术*, 2018, 16 (4): 143-147.
- [21] 戴双, 程敦公, 李豪圣, 等. 小麦直、支链淀粉和总淀粉含量的比色快速测定研究 [J]. *麦类作物学报*, 2008, 28 (3): 442-447.
- [22] 王学君, 董晓霞, 董亮, 等. 含氨基酸水溶肥对盐碱地小麦产量和经济效益的影响 [J]. *山东农业科学*, 2016, 48 (6): 78-80.
- [23] 孙娟. 小麦不同氮素水平下叶面肥喷施效应研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2016.
- [24] Benizian B, Lane P W. Protein concentration of grain in relation to some weather and soil factors during 17 years of english winter-wheat experiments [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 37 (5): 435-444.
- [25] 马庆旭. 植物对氨基酸的吸收及 pH 和 Cd 胁迫对其吸收的影响机制 [M]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- [26] 苑婧娴. 氨基酸对小麦幼苗生长及生理特性的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [27] 庞庆阳, 宣毓龙, 蔡旭, 等. 基于棉粕的氨基酸肥对小麦生长及产量的影响 [J]. *干旱地区农业研究*, 2017, 35 (2): 21-24, 113.
- [28] Wang J, Liu Z, Wang Y, et al. Production of a water-soluble fertilizer containing amino acids by solid-state fermentation of soybean meal and evaluation of its efficacy on the rapeseed growth [J]. *Journal of Biotechnology*, 2014, 187: 34-42.
- [29] 蔡明才, 艾娜, 张梁, 等. 蚯蚓蛋白质的自溶与开发应用 [J]. *生物学通报*, 2004, 39 (4): 23-24.
- [30] 李乃新. 强筋小麦产量及蛋白组分的肥料调控效应研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.
- [31] 王平, 陈举林. 植物氮素吸收过程研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2016, 44 (1): 33-35.
- [32] 田由甲. 甲硫氨酸和无机硫对小麦籽粒谷蛋白积累与加工品质的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2015.

Effect of foliar spraying of two functional water soluble fertilizers containing amino acids on yield and quality of wheat

LIU Jing-yi, LI Jun-liang, JIN Sheng-ai*, SHANG Mei-xin, WANG Meng (College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao Shandong 266109)

Abstract: To investigate the effect of foliar spraying of pig blood peptide and earthworm lysate on wheat yield and quality, different concentrations of foliar fertilizers, i.e., urea, pig blood peptide and earthworm lysate, were sprayed on wheat at the nodulation, gestation and tasseling stages, and blank and water were used as controls. The results showed that porcine blood polypeptide 500 times solution significantly improved wheat yield and its composition, compared with the water control, the number of spike grains, number of spikes, thousand grain weight and actual yield increased by 11.2%, 13.3%, 9.9% and 11.3%, respectively. The protein and wet gluten content of pig blood polypeptide treated seeds showed an increasing trend with increasing fertilizer concentration. The number of grains per spike, number of spikes, thousand grain weight and actual yield were increased by 13.2%, 9.7%, 7.2% and 18.5%, respectively, the earthworm lysate diluted 2000 times compared with the water control. In the case of equal nitrogen, the yield and its constitutive factors and mineral nutrient accumulation of pig blood polypeptide 250 times solution and earthworm lysate 200 times solution treatments were lower than that of equal nitrogen urea treatment, and did not increase the yield. The protein content of porcine blood polypeptide 250 times solution and earthworm lysate 200 times solution was significantly higher than that of urea treatment by 41.6% and 11.1%, respectively. The effects of foliar spraying pig blood polypeptide and earthworm lysate on the protein content of seeds were mainly amino acid-containing functional substances rather than the effect of nitrogen alone. With all things considered, pig blood polypeptide diluted 500 times solution had the best effect on overall optimization and improvement of wheat yield and quality; earthworm lysate 2000 times solution treatment could effectively promote the absorption of other nutrients in wheat and achieve higher yield.

Key words: pig blood polypeptide; earthworm lysate; wheat; yield and quality