

安麦 13 对微量元素的积累特性研究

薛志伟 周其军 杨春玲
(安阳市农业科学院,河南安阳 455000)

摘要:农作物中微量元素含量与农产品的营养品质密切相关。为科学指导安麦 13 的生产应用,为安阳市小麦安全生产和营养育种提供参考,在安阳市农业科学院永和试验基地开展安麦 13 对微量元素铁、锰、锌、铜的积累特性研究,分析成熟期小麦各器官微量元素含量、富集系数及转移系数。结果表明:安麦 13 成熟期籽粒中微量元素铁、锰、锌、铜含量分别为 28.97mg/kg、31.89mg/kg、17.59mg/kg、3.03mg/kg。安麦 13 成熟期根、叶、籽粒中的铁、锰、锌、铜含量和分布系数高于茎和壳,不同器官对铁、锰、锌、铜的富集转移能力各有不同。铁、锰的生物富集系数较低,锌、铜在根、叶、籽粒中的生物富集系数大于茎、壳。铁的转移能力由强到弱依次是籽粒>叶>茎>壳,锰的转移能力由强到弱依次是叶>籽粒>茎>壳,锌、铜的转移能力由强到弱的顺序是籽粒>叶>壳>茎。植株中微量元素铁、锰、锌、铜含量之间呈正相关关系。

关键词:安麦 13;微量元素;富集系数;转移系数

小麦作为中国重要的粮食作物之一,是北方人民的重要口粮,在农业生产和食品工业中占有十分重要的地位^[1]。随着人们生活水平的不断提高,越来越多的人开始关注食品的营养品质。微量元素铁、锰、锌、铜对植株的生长发育起着十分重要的作用,

是植物生长必需而其功能又不能被其他元素所代替的元素。微量元素含量过低影响植株叶绿素合成和正常生长发育,含量过高则会引起植株细胞内蛋白质含量下降,抑制植株生长发育^[2-3]。目前植物因微量元素摄入不足而发生缺素症的现象十分普遍,严重的会影响植株正常生长发育。

微量元素铁、锰、锌、铜对于人体生长发育和健康非常重要,在人体内具有多方面重要的生理功

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系(CARS-03)

通信作者:杨春玲

- 性鉴定与分类. 辽宁农业科学, 2021 (6): 1-7
- [13] 张志恒, 王玉琴, 任国艳, 李元晓, 赵凌平, 吴秋珏, 张子军. 基于主成分分析和隶属函数分析评价不同添加剂处理的玉米秸秆青贮的发酵品质. 动物营养学报, 2022, 34 (4): 2677-2688
- [14] 何文, 张秀芬, 郭素云, 阳景阳, 李恒锐, 刘连军. 基于主成分分析和聚类分析对 22 份马铃薯种质的综合评价. 种子, 2021, 40 (3): 80-86
- [15] 郭凯, 蒋相国, 李红梅, 蔡金兰. 基于主成分分析和聚类分析的夏播花生综合评价研究. 湖北农业科学, 2021, 60 (14): 24-28
- [16] 葛平珍, 余娟, 何友勋, 赵龙, 余莉, 张时龙. 基于主成分分析小豆种质资源的农艺性状评价与应用. 贵州农业科学, 2021, 49 (9): 1-7
- [17] 罗黎明, 蒋辅燕, 高连彰, 和永昌, 汪燕芬, 吴海兰, 毕亚琪, 尹兴福, 何永健, 包改丽, 姚文华, 徐春霞, 王晶, 陈洪梅. 20 个新选玉米自交系产量和穗部性状配合力及其相关性研究. 西南农业学报, 2021, 34 (10): 2084-2092
- [18] 王益民, 张珂, 许飞华, 王玉, 任晓卫, 张宝琳. 不同品种枸杞子营养成分分析及评价. 食品科学, 2014, 35 (1): 34-38
- [19] 刘永红, 岳丽杰, 杨勤, 李卓, 李奇. 西南地区玉米农作模式的演变与发展. 玉米科学, 2017, 25 (3): 99-104
- [20] 梁庆平, 李体琛, 蒙成, 蒋益敏, 赵广存, 吴地. 施肥与种植密度对玉米品种南校 969 农艺性状及产量的影响. 南方农业学报, 2013, 44 (11): 1856-1860
- [21] 周灵芝. 肥料与密度对玉米农艺性状和产量的影响. 广东农业科学, 2013, 40 (19): 6-8
- [22] 贾晓艳, 朱良佳, 田汉钊, 李依依, 祝丽英. 玉米自交系粒重与品质性状的相关分析. 种子, 2021, 40 (7): 33-38, 44
- [23] 翟翔, 郝琦, 李媛媛, 何仕帆. 施用硅肥对玉米生理代谢、产量及品质的影响. 热带农业科学, 2021, 41 (8): 5-10
- [24] 吕巨智, 范继征, 谢小东, 石达金, 钟昌松, 程伟东. 不同耕作方式对玉米生长发育、产量及品质的影响. 山东农业科学, 2021, 53 (7): 34-38
- [25] 曹家洪, 陈维, 俞玮. 种植密度与施氮量对玉米顺单 6 号干物质积累量及产量的影响. 中国种业, 2021 (1): 57-60

(收稿日期: 2022-05-12)

能^[4]。微量元素被人体吸收后,通过与蛋白质或其他有机基团结合,形成酶、激素、维生素等生物大分子,在人体内发挥着重要的生理生化功能^[5]。人体要保持健康,就需要从植物源食物中获取微量元素在内的各种营养。人体一旦缺乏某种微量元素或者营养失衡,就会引发隐性饥饿^[6]。根据联合国粮食及农业组织公布的一项数据显示,全球约20亿人正在遭受隐性饥饿,中国隐性饥饿人口达3亿。小麦籽粒中微量元素含量的适宜范围报道屡见不鲜,但结果略有不同。西北农林科技大学资源环境学院根据我国居民饮食特点,参照中国营养学会公布的成年人微量元素参考摄入量和谷物摄入量、我国现行的农业标准以及多名专家学者提出的小麦籽粒微量元素适宜含量,综合分析推荐得出小麦微量元素适宜含量范围^[7]:小麦籽粒铁为50~140mg/kg,锰为22~50mg/kg,锌为40~50mg/kg,铜为3~10mg/kg。

安麦13是安阳市农业科学院小麦研究所中育9307为母本、周麦22为父本进行杂交配制组合,通过系谱法选育而成的中筋、中熟小麦品种。2021年通过河南省主要农作物品种审定委员会审定(豫审麦20210070),该品种具有高产、稳产、抗倒伏、根系发达、适应性广等优良特性,适宜于黄淮南片冬麦区高肥水地块早中茬种植^[8]。为了科学指导安麦13的生产应用,保证农业生产安全,安阳市农业科学院小麦研究所开展了安麦13对土壤中微量元素铁、锰、锌、铜的积累特性试验,以期可以更好地了解安麦13的微量元素积累特性,为安阳市小麦营养育种提供参考资料,进一步保障农产品安全生产。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试小麦品种为安麦13,由安阳市农业科学院小麦研究所提供。试验地点为安阳县永和乡安阳市农业科学院试验基地。地势平坦,基础设施完善,土质为粉砂质壤土。试验前采集土壤样品进行分析化验,土壤的基本理化性质为:pH值8.07,有机质含量24.05g/kg,全氮1.54g/kg,硝态氮7.11mg/kg,铵态氮4.55mg/kg,速效磷19.53mg/kg,速效钾175.44mg/kg。

1.2 试验方法 试验3次重复,小区长宽为9m×1.6m,周围留保护行。试验地每667m²底施复合肥料(N:P₂O₅:K₂O=17:20:5,总养分≥42%)

50kg。机械深耕25~30cm,圆盘耙1~2次,玉米秸秆粉碎全量还田,同时撒施辛硫磷防治地下害虫,确保地面平整,田间墒情好,苗齐、苗匀、苗壮。

2020年10月15日播种,3叶期人工间苗、定苗,12月24日浇越冬水。2021年2月24日浇返青水同时每667m²追施尿素25kg,3月7日人工结合化控除草,使用麦欢和双氧·氯氟吡防治田间杂草,5月6日用联苯菊酯3%和啉虫脒3%微乳剂30g兑水20L均匀喷雾防治蚜虫,6月9日收获。田间管理和病虫害防治按照当地栽培管理技术模式进行。

1.3 样品采集 小麦成熟时采集植株样品,用蒸馏水洗净,每个样品分成根、茎、叶、壳、籽粒5部分,恒温80℃烘干至恒重后装入自封袋中,分别进行测试。

1.4 微量元素含量检测及指标 微量元素铁、锰、锌、铜由农业农村部环境保护科研检测所按照国家标准规定的检测方法进行检测。

生物富集系数(BCF)=小麦地上部位元素含量/土壤元素含量

生物转移系数(TF)=小麦地上部位元素含量/小麦根部元素含量

1.5 数据处理 采用Excel 2017软件对所获得的样品数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 微量元素铁的分布特征 铁作为植物正常生命活动所必需的微量矿质元素,是叶绿素合成重要且必需的微量元素之一。铁是光合作用、生物固氮和呼吸作用中细胞色素和非血红素铁蛋白的重要组成部分,并在诸多生理代谢方面的氧化还原过程中起着电子传递作用^[9]。植物源食物中的铁是人类获取铁的主要途径,植物对铁吸收和代谢机制方面的相关研究一直是研究的热点^[10]。

安麦13根、茎、叶、壳、籽粒中微量元素铁含量差别较大(表1)。根中铁含量最高,籽粒和叶中铁含量次之,茎和壳中铁含量较低。根中铁含量(75.73mg/kg)远远大于壳中铁含量(0.48mg/kg)。安麦13地上各部分(茎、叶、壳、籽粒)的生物富集系数均低于0.01。安麦13茎、叶、壳、籽粒对微量元素铁的生物转移系数分别为0.04、0.21、0.01、0.38,转移能力由强到弱的顺序是籽粒>叶>茎>壳。

表1 铁元素的含量和分布

样品	含量(mg/kg)	分布系数(%)	BCF	TF
根	75.73	61.26	0.01	1.00
茎	2.85	2.31	-	0.04
叶	15.59	12.61	-	0.21
壳	0.48	0.38	-	0.01
籽粒	28.97	23.44	-	0.38

分布系数即植株某器官中金属含量占植株中该重金属总含量的百分比。当表格中数值小于0.01时用“-”表示,下同

2.2 微量元素锰的分布特征 锰是一种重要的植物必需微量元素,植物体内的锰直接参与光合作用、呼吸作用、蛋白质合成等多种生命活动^[11]。锰在植物体内是多种酶的活化剂,它控制着植物体内许多氧化-还原体系,可促进植株生长并增强抗病性^[12]。

对安麦13根、茎、叶、壳、籽粒中微量元素锰含量和分布系数分析如表2所示,叶中微量元素锰含量最高(155.35mg/kg),其次是根(76.14mg/kg)、籽粒(31.89mg/kg)、茎(26.13mg/kg),壳中锰含量最低(22.99mg/kg)。根和叶从土壤中吸收到的锰生物富集系数仅为0.01,茎、壳和籽粒从土壤中吸收的锰生物富集系数则小于0.01。安麦13茎、叶、壳、籽粒对微量元素锰的生物转移系数分别为0.34、2.04、0.30、0.42,转移能力由强到弱的顺序是叶>籽粒>茎>壳。

表2 锰元素的含量和分布

样品	含量(mg/kg)	分布系数(%)	BCF	TF
根	76.14	24.36	0.01	1.00
茎	26.13	8.36	-	0.34
叶	155.35	49.71	0.01	2.04
壳	22.99	7.36	-	0.30
籽粒	31.89	10.21	-	0.42

2.3 微量元素锌的分布特征 微量元素锌在植物体内具有重要的营养功能,是植物细胞中多种酶和重要蛋白结构的辅助因子和活化剂^[13]。锌参与生长素的合成和氮素同化,具有促进蛋白质代谢、生殖器官的发育和提高植株抗性等重要功能^[14]。

对安麦13根、茎、叶、壳、籽粒中微量元素锌含量和分布系数分析见表3,安麦13植株籽粒(17.59mg/kg)、根(16.98mg/kg)和叶(13.61mg/kg)中微量元素锌含量高于壳(7.08mg/kg)和茎(5.39mg/kg)。安麦13根、茎、叶、壳、籽粒对微量元素锌的生物富集系数分别为1.36、0.43、1.09、0.57、1.41,富集

能力由强到弱的顺序是籽粒>根>叶>壳>茎。安麦13茎、叶、壳、籽粒对微量元素锌的生物转移系数分别为0.32、0.80、0.42、1.04,转移能力由强到弱的顺序是籽粒>叶>壳>茎。

表3 锌元素的含量和分布

样品	含量(mg/kg)	分布系数(%)	BCF	TF
根	16.98	28.00	1.36	1.00
茎	5.39	8.89	0.43	0.32
叶	13.61	22.44	1.09	0.80
壳	7.08	11.67	0.57	0.42
籽粒	17.59	29.00	1.41	1.04

2.4 微量元素铜的分布特征 微量元素铜在植物体内的功能是多方面的。铜是多种酶的组成成分,在生物系统中起着独特的催化作用。植物中的铜对蛋白质代谢及叶绿素的形成有重大影响,具有参与体内氧化还原反应,构成铜蛋白并参与光合作用的电子传递和光合磷酸化,促进花器官发育等重要功能^[15]。当土壤中有有机质含量较高或者氮有效性较高的情况下,会影响植株吸收铜元素^[16]。

安麦13植株根、茎、叶、壳、籽粒中微量元素铜含量差别不大(表4),根(3.84mg/kg)、籽粒(3.03mg/kg)和叶(2.92mg/kg)中含量略高于壳(1.40mg/kg)和茎(1.12mg/kg)。安麦13根、茎、叶、壳、籽粒对微量元素铜的生物富集系数分别为0.90、0.26、0.69、0.33、0.71,富集能力由强到弱的顺序是根>籽粒>叶>壳>茎。安麦13茎、叶、壳、籽粒对微量元素铜的生物转移系数分别为0.29、0.76、0.37、0.79,转移能力由强到弱的顺序是籽粒>叶>壳>茎。

表4 铜元素的含量和分布

样品	含量(mg/kg)	分布系数(%)	BCF	TF
根	3.84	31.16	0.90	1.00
茎	1.12	9.11	0.26	0.29
叶	2.92	23.74	0.69	0.76
壳	1.40	11.41	0.33	0.37
籽粒	3.03	24.59	0.71	0.79

2.5 铁、锰、锌、铜含量的相关性分析 对安麦13不同器官中微量元素铁、锰、锌、铜含量进行相关分析(表5),结果表明,安麦13植株根、茎、叶、壳、籽粒中铁含量与锰、锌、铜含量呈正相关关系;锰含量与锌、铜含量呈正相关关系;锌含量与铜含量($r=0.96^*$)呈显著正相关关系。

表5 微量元素含量相关系数

微量元素	铁	锰	锌	铜
铁	1.00			
锰	0.21	1.00		
锌	0.76	0.38	1.00	
铜	0.87	0.52	0.96 [*]	1.00

^{*}表示在0.05水平上显著相关

3 结论与讨论

微量元素的含量高低直接影响小麦籽粒的品质和营养^[17-18]。安麦13对微量元素的积累特性试验结果表明:安麦13植株中微量元素铁、锰、锌、铜含量之间呈正相关关系,其中锌含量与铜含量之间呈显著正相关关系。安麦13籽粒中微量元素铁、锰、锌、铜含量分别为28.97mg/kg、31.89mg/kg、17.59mg/kg、3.03mg/kg,其中铁、锌含量偏低,未达到推荐范围,锰、铜含量在推荐范围内,与褚宏欣等^[7]对全国1000余份样品的研究结果相同。微量元素铁、锌、铜在根和籽粒中含量要高于其他器官,微量元素锰在根和叶中含量要高于其他器官。目前生产上常见提高小麦籽粒产量和营养品质措施是在生育后期喷施不同微量元素^[19-20]。

安麦13成熟期根和叶对土壤中的微量元素锰有很强的吸收富集作用,锰在根和叶中分布系数分别为24.36%、49.71%。安麦13成熟期根和籽粒对土壤中的微量元素铁、锌、铜有很强的吸收富集作用,铁在根和籽粒中分布系数分别为61.26%、23.44%;锌在根和籽粒中分布系数分别为28.00%、29.00%,生物富集系数分别为1.36、1.41;铜在根和籽粒中分布系数分别为31.16%、24.59%,生物富集系数分别为0.90、0.71。

安麦13成熟期各器官对微量元素铁、锰、锌、铜的转移能力各有不同。转移系数代表植株从根吸收元素后向其他地上部器官转移的能力。铁的转移能力由强到弱的顺序是籽粒>叶>茎>壳,锰的转移能力由强到弱的顺序是叶>籽粒>茎>壳,锌和铜的转移能力由强到弱的顺序是籽粒>叶>壳>茎。

由于区域地理、人为因素和栽培管理的差异性,本研究的结果会存在一定的局限性和片面性,可能是由于土壤理化性质、元素背景含量、化学形态及生物有效性的不同造成的。为了更好地满足食品安全和农业高质量发展,建议对作物在不同种

植环境的元素积累特性展开研究,为农业的安全生产提供理论依据。

参考文献

- [1] 韩一军,韩亭辉. “十四五”时期我国小麦增产潜力分析与实现路径. 农业经济问题, 2021 (7): 38-46
- [2] 韩秀萍,马彦平,黄灿灿. 微量元素铁与植物营养和人体健康的关系解析. 磷肥与复肥, 2020, 35 (12): 33-35
- [3] 朱盼盼,马彦平,周忠雄,石磊. 微量元素锌与植物营养和人体健康. 肥料与健康, 2021, 48 (5): 16-18, 23
- [4] 马彦平,石磊,何源. 微量元素铁、锰、硼、锌、铜、钼营养与人体健康. 肥料与健康, 2020, 47 (5): 12-17
- [5] 牛芸民,杨天林. 若干重要微量金属元素的生物化学功能及其与人体健康的关系. 微量元素与健康研究, 2014, 31 (2): 78-80
- [6] 吕爱清. 贫困农村土壤—植物—儿童人体必需微量元素的研究进展. 中国食物与营养, 2019, 25 (5): 5-10
- [7] 褚宏欣,牟文燕,党海燕,王涛,孙蕊卿,侯赛宾,黄婷苗,黄倩楠,石美,王朝辉. 我国主要麦区小麦籽粒微量元素含量及营养评价. 作物学报, (2022-03-16) [2022-05-09]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1809.S.20220314.1745.004.html>
- [8] 宋志均,周其军,董军红,郜峰,刘国涛,侯军红. 高产小麦新品种安麦13的选育. 中国种业, 2021 (3): 84-85
- [9] 李俊成,于慧,杨素欣,冯献忠. 植物对铁元素吸收的分子调控机制研究进展. 植物生理学报, 2016, 52 (6): 835-842
- [10] 张文静,程建峰,刘婕,何萍,王紫璇,张祖健,蒋海燕. 植物铁素(Fe)营养的生理研究进展. 中国农学通报, 2021, 37 (36): 103-110
- [11] 赵秋芳,马海洋,贾利强,陈曙,金辉. 植物锰转运蛋白研究进展. 热带作物学报, 2019, 40 (6): 1245-1252
- [12] 迟超,金喜军,赵云娜,栗文霞,张玉先. 简述锰营养对作物生产的影响. 现代化农业, 2016 (8): 13-15
- [13] 张素清. 植物锌获得及转运研究进展. 北京农业, 2015 (6): 101-102
- [14] 张莉,任媛媛,张岁岐. 锌缺乏对植物生长发育的影响. 现代农业研究, 2020, 26 (5): 54-55
- [15] 唐孟泉,黄佳欢,陈瑾元,王琪,许志茹. 植物的铜稳态研究综述. 江苏农业科学, 2019, 47 (10): 305-311
- [16] 王子诚,陈梦霞,杨毓贤,方项,刘众杰,王令宇,葛孟清,张川,房经贵,上官凌飞. 铜胁迫对植物生长发育影响与植物耐铜机制的研究进展. 植物营养与肥料学报, 2021, 27 (10): 1849-1863
- [17] 徐立新,毛凤梧. 微量元素对小麦品质和产量的影响. 中国种业, 2006 (6): 41
- [18] 文涛,李廷亮,曾建国,王伟华,安兴业,左玉环,郭凯,李佳. 微量元素对旱地冬小麦产量及品质的影响. 山西农业科学, 2016, 44 (11): 1622-1626
- [19] 胡玉香,翟长庚,于聚然. 锌铁微肥对小麦良种的增产作用. 中国种业, 2003 (2): 25
- [20] 李泽鹏. 小麦花期喷施不同微量元素对产量和品质的影响. 南方农业, 2018, 12 (3): 106-110

(收稿日期: 2022-05-09)