

伍宏, 朱昌华, 夏凯, 等. 叶面喷施激动素对小麦品种济麦 22 品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 299-304.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.02.010

## 叶面喷施激动素对小麦品种济麦 22 品质的影响

伍宏, 朱昌华, 夏凯, 甘立军  
(南京农业大学生命科学学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 为了探究激动素对小麦籽粒产量和品质的影响, 以中筋小麦品种济麦 22 为材料, 研究了小麦拔节期、扬花期和花后 10 d, 3 次叶面喷施不同浓度 (10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L) 激动素对小麦品质的影响。结果表明, 激动素处理显著增加了小麦穗粒数、千粒质量, 进而显著提高籽粒产量, 但对小麦籽粒淀粉含量及其组分没有明显影响; 提高了籽粒中清蛋白、谷蛋白及总蛋白质的含量, 增加籽粒中 K、Ca、P、Fe 和 Zn 矿质元素的含量, 降低小麦降落值, 提高了小麦出粉率、面团揉混峰值高度和宽度, 从而增加面团强度和延展性。

**关键词:** 小麦; 激动素; 产量; 品质

**中图分类号:** S634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)02-0299-06

## Effect of foliar application of kinetin on quality of *Triticum aestivum* L. Jimai 22

WU Hong, ZHU Chang-hua, XIA Kai, GAN Li-jun  
(College of Life sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** To study the effect of kinetin (KT) on yield and quality of wheat, wheat cultivar (*Triticum aestivum* L. Jimai 22) was used in this study to investigate the influence on wheat grain quality of foliar application different concentrations of KT at three growth stages (heading, flowering and ten days after flowering). The experiment results are as follows: kernels per ear (KPE) and grain yield were increased, however, total starch and its component contents did not obviously affect by KT treatments; KT increased albumin, glutelin and total protein levels, thereby improving nutrition and process quality of grain protein. KT treatment increased K, Ca, P, Fe and Zn contents of wheat grain, increased flour yield and decreased falling number, and increased dough mixing peak height and width and thus increased dough strength and extensibility.

**Key words:** wheat; kinetin; yield; quality

小麦是一种重要的粮食作物, 提供身体所需的一半蛋白质和能量, 世界上 1/3 以上的人口以其为主食<sup>[1]</sup>。小麦籽粒是碳水化合物、蛋白质、氨基酸和矿质元素的重要来源<sup>[2-3]</sup>, 它们决定着小麦的营

养价值和品质特征。尤其是总蛋白质及其组成是影响面包烘焙的重要因素, 矿质元素也是人体生命机能所不可缺少的。在中国, 小麦的种植面积仅次于水稻, 为第二大粮食作物。据统计, 在 2014 年, 全世界的小麦种植面积达到了  $2.18 \times 10^8 \text{ hm}^2$ , 产量达到了  $7.13 \times 10^8 \text{ t}$ , 中国的小麦种植面积有  $2.4 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 产量达到了  $1.21 \times 10^8 \text{ t}$ <sup>[4]</sup>。随着社会的发展, 世界人口的增加、耕地种植面积减少、生态环境的恶化, 以及人们生活水平的提高, 世界小麦产需矛盾加剧, 如何提高小麦产量和品质已成为人们关注的重点。

收稿日期: 2015-07-19

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30300216)

作者简介: 伍宏 (1990-), 男, 江西九江人, 硕士研究生, 从事植物激素生理和生物技术研究。(Tel) 18761869372; (E-mail) wuhong\_123456@163.com

通讯作者: 甘立军, (E-mail) ganlj@njau.edu.cn

植物生长调节剂在小麦上已得到广泛的应用<sup>[5]</sup>。王立秋等<sup>[6]</sup>发现,在春小麦分蘖期叶面喷施 PP<sub>333</sub>,能提高小麦籽粒的蛋白质含量,并可提高沉降值和干面筋含量、湿面筋含量。Shekoofa 等<sup>[7]</sup>研究发现,在不同的施氮水平下,乙烯利和矮壮素处理能降低小麦株高,改变光合作用产物向籽粒中的转移,增加籽粒产量。Xie 等<sup>[8]</sup>对小麦离体试验发现,ABA 处理减少了籽粒质量,增加了蛋白质的含量,ABA 处理可能降低了小麦旗叶的叶片净光合速率和叶绿素含量,促进了 N 的代谢和氨基酸向籽粒中转移。

激动素(kinetin, KT)属于植物激素细胞分裂素中的一种,可产生对植物的生长发育有显著调节作用的微量生理活性物质<sup>[9]</sup>,它具有促进细胞分裂和分化,诱导营养物质运输等作用。已有研究结果表明,KT 处理能促进小麦种子萌发和幼苗的生长,提高叶片中叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白的含量<sup>[10]</sup>。KT 能增加离体小麦叶片蛋白质的合成,减少蛋白质的降解,延缓叶片的衰老<sup>[11]</sup>。在小麦营养生长阶段(播种后 21 d)叶面喷施处理 25 mg/L 和 50 mg/LKT,能明显增加小麦植株的干质量、旗叶中可溶性蛋白和叶绿素的含量,并且增加小麦千粒质量和产量<sup>[12]</sup>。细胞分裂素处理有增加作物产量和改善作物品质的作用<sup>[13-14]</sup>。刘大林等<sup>[15]</sup>研究发现,单独细胞分裂素叶面喷施处理紫花苜蓿,能明显提高紫花苜蓿叶绿素、粗蛋白和粗纤维的含量。Zahir 等<sup>[16]</sup>研究结果表明,KT、生长素和赤霉素与再利用有机质废弃物结合使用,能够提高小麦的千粒质量和产量,并且 KT 能促进植株对 N、P、K 元素的吸收。Wierzbowska 等<sup>[17]</sup>研究结果表明,植物激素 KT 与磷肥结合处理春小麦,能增加小麦籽粒中 K、Ca 元素的含量,而对 Mg 元素含量影响不大。虽然细胞分裂素类物质在小麦上已有许多研究,但对浓度效应及籽粒品质研究还不多。本研究的主要目的是,通过对小麦叶面喷施不同浓度的激动素,研究其对中筋小麦产量和品质的影响,为针对性地改善小麦品质提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与试验设计

试验于 2013-2014 年在淮安市高教园示范区内进行,试验土壤有机质含量为 20 g/kg、速效磷 30.2 mg/kg、速效钾 160.5 mg/kg、速效氮 160.5

mg/kg。供试品种为示范区内种植的中筋小麦济麦 22,于 2013 年 10 月 20 日播种,2014 年 6 月 7 日收获。试验采用随机组设计,设 3 个 KT 浓度处理,1 个对照处理,每个处理 3 个重复,共计 12 小区。KT 处理浓度分别为:10 mg/L、25 mg/L、50 mg/L,对照为喷施清水。每小区面积为 15 m<sup>2</sup>(5 m×3 m),每小区之间留有 30 cm 的保护行,播种行间距为 18 cm,基本苗为 2.30×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,每小区喷药量为 1.5 L,喷施以小麦叶片湿润不滴水为标准,于小麦生长拔节期、扬花期和花后 10 d 3 个时期喷药。Kinetin 由华通(常州)生化有限公司提供。

### 1.2 测定项目与方法

小麦成熟后,每小区取 2 个点,每个点 2 m<sup>2</sup>,计算产量;每小区选 15 株,计算穗粒数;收获后的籽粒,每小区随机取 1000 粒称质量,5 个重复,计算千粒质量。

籽粒蛋白质含量采用近红外光谱仪测定<sup>[18]</sup>。

蛋白质组分采用连续抽提法提取<sup>[19]</sup>,提取的蛋白质用考马斯亮蓝法测定。反应液包含 100 mg/L G-250、4.5%(体积比)乙醇和 8.5%(质量体积比)磷酸,每 0.1 ml 蛋白质提取液,加入 5 ml 反应液,混匀,3 min 后,在 595 nm 处测吸光值,以牛血清蛋白做标准曲线,计算各蛋白质含量。

籽粒总淀粉含量采用酸水解法<sup>[20]</sup>。

直链淀粉含量采用比色法测定<sup>[21]</sup>,支链淀粉含量为总淀粉含量减去直链淀粉含量。

籽粒矿质元素含量采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)测定<sup>[22]</sup>。

面粉揉混能力测定:100 g 小麦籽粒样品加水润湿 16 h,使小麦相对湿度达到 14%,用小型磨粉机进行磨粉,出粉率=面粉质量(g)/小麦籽粒质量(g)。

降落数值是通过降落数值测定仪测定;揉混图谱分析使用 10 g 面粉样品分析。

### 1.3 数据处理

用 Microsoft Excel 软件进行数据计算分析,用 Graphpad primer 5 软件作图,用 SPASS 软件进行差异显著性分析。

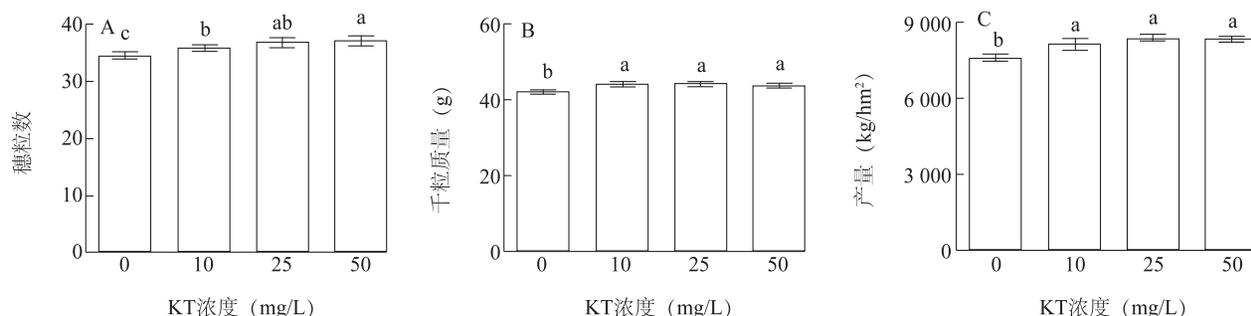
## 2 结果与分析

### 2.1 KT 处理对小麦穗粒数、千粒质量和产量的影响

由图 1 可知,KT 处理增加了小麦穗粒数,10 mg/L、25 mg/L 和 50 mg/L 处理分别比对照增加了

3.8%、6.7% 和 7.8%, 并且差异达到显著。10 mg/L、25 mg/L和 50 mg/L KT 处理后千粒质量分别比对照增加了 3.8%、4.5% 和 3.3%, 差异达到显著。此外,KT 处理也显著增加了小麦籽粒产量,10

mg/L、25 mg/L和 50 mg/L处理分别比对照增加了 7.1%、10.1% 和 9.5%, 差异达到显著。由此可知,KT 主要是通过提高小麦穗粒数和千粒质量来提高小麦的产量。



图中柱上不同小写字母表示差异达到显著 ( $P < 0.05$ )。

图 1 KT 处理对小麦穗粒数(A)、千粒质量(B)和产量(C)的影响

Fig.1 Effect of KT on KPE (A), TKW (B) and grain yield (C) in wheat

## 2.2 KT 处理对小麦籽粒蛋白质及组分含量的影响

由表 1 可知,KT 处理增加了小麦籽粒中清蛋白含量,10 mg/L、25 mg/L和 50 mg/L处理清蛋白含量分别比对照增加了 6.9%、9.4% 和 8.8%,与对照相比差异达到显著,但各处理之间差异不显著;KT 处理还增加了谷蛋白含量,10 mg/L、25 mg/L 和 50

mg/L处理清蛋白含量是对照的 1.11 倍、1.09 倍和 1.06 倍,10 mg/L和 25 mg/L处理与对照差异达到显著;同时 10 mg/L和 25 mg/L KT 处理也增加了籽粒中总蛋白质含量,与对照差异达到显著水平。但对球蛋白和醇溶蛋白含量没有明显影响。因此,KT 处理增加了蛋白的营养和加工品质。

表 1 KT 处理对小麦成熟期籽粒蛋白质及组分含量的影响

Table 1 Effect of KT on grain protein and its component content in wheat

KT 浓度 (mg/L)	清蛋白 (%)	球蛋白 (%)	醇溶蛋白 (%)	谷蛋白 (%)	总蛋白质 (%)
0	1.59±0.02b	0.82±0.02a	3.19±0.19a	4.19±0.12b	13.05±0.25b
10	1.70±0.05a	0.79±0.02a	3.32±0.22a	4.66±0.23a	13.48±0.15a
25	1.74±0.05a	0.82±0.03a	3.19±0.18a	4.58±0.19a	13.63±0.17a
50	1.73±0.04a	0.81±0.04a	3.25±0.18a	4.46±0.20ab	13.17±0.17b

同一列数据后的不同小写字母表示差异达 5% 显著水平。

## 2.3 KT 处理对小麦籽粒直链、支链和总淀粉含量的影响

由表 2 可知,虽然 KT 对小麦籽粒中总淀粉和支链淀粉的含量有所降低,但各处理与对照之间差异不显著,对直链淀粉和直/支比也没有明显的影响。这说明 KT 处理对总淀粉含量及组成没有显著影响。

## 2.4 KT 处理对小麦籽粒矿质元素含量的影响

由表 3 可知,KT 处理增加了小麦籽粒中大量元

素 K、Ca 和 P 的含量,其中,10 mg/L KT 处理 K 元素的含量比对照增加了 2.3%, 差异达到显著 ( $P < 0.05$ )。25 mg/L和 50 mg/L处理 Ca 元素和 P 元素含量与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ )。KT 处理也同时增加了小麦籽粒微量矿质元素 Fe 的含量,25 mg/L和 50 mg/L处理 Fe 元素的含量比对照分别增加了 12.4% 和 13.1%, 差异显著。25 mg/L处理 Zn 元素的含量比对照显著增加了 24.0%。KT 处理对 Mg、Mn 和 Cu 元素含量无明显影响。

表2 KT处理对小麦成熟期籽粒淀粉含量的影响

Table 2 Effect of KT on grain starch content in wheat

KT 浓度 (mg/L)	总淀粉 (%)	直链淀粉 (%)	支链淀粉 (%)	直/支
0	66.02±1.23a	13.95±0.61a	52.07±0.95a	0.27
10	64.07±1.62a	13.68±0.83a	50.39±1.14a	0.27
25	63.49±1.71a	13.35±0.78a	50.14±1.25a	0.27
50	64.74±1.67a	13.97±0.91a	50.77±1.08a	0.28

同列数据后的不同小写字母表示差异达5%显著水平。

表3 KT处理对小麦成熟期籽粒矿质元素含量的影响

Table 3 Effect of kinetin on grain mineral elements content in wheat

元素含量 (mg/kg)	KT 浓度 (mg/L)			
	0	10	25	50
K	4 650.5±32.2b	4 755.8±25.3a	4 698.1±15.1ab	4 670.3±40.2ab
Ca	554.1±7.8b	565.4±8.6ab	586.4±7.1a	594.7±13.8a
P	4 205.5±38.5b	4 275.8±37.1ab	4 314.8±45.2a	4 359.8±23.5a
Mg	1 403.5±20.9a	1 402.4±16.2a	1 414.6±12.5a	1 429.8±30.2a
Fe	54.1±1.2b	56.4±2.6b	60.8±1.9a	61.2±1.4a
Mn	40.7±2.9a	44.1±2.6a	43.1±1.5a	43.9±4.1a
Zn	25.4±1.7bc	27.1±1.4b	31.5±1.5a	23.5±1.5c
Cu	5.9±0.1a	5.9±0.1a	5.9±0.1a	5.9±0.1a

同行数据后的不同小写字母表示差异达5%显著水平。

### 2.5 KT处理对小麦出粉率、降落值及流变学特性的影响

由表4可知,KT处理能增加小麦的出粉率,25 mg/L和50 mg/L处理在对照基础上提高了1.1%和1.9%,差异显著,也显著降低了降落值,10 mg/L、25 mg/L和50 mg/L处理分别为对照的0.94倍、0.91

倍和0.90倍,与对照相比差异显著。对照小麦面粉揉混图谱分析发现,KT处理增加了峰值高度和峰值宽度,25 mg/L和50 mg/L处理与对照相比,峰值高度增加了3.1%和3.5%,峰值宽度增加了7.4%和8.4%,都达到显著差异。

表4 KT对小麦出粉率、降落值和面团流变学特性的影响

Table 4 Effect of KT on flour yield, falling number and flour rheological properties

KT 浓度 (mg/L)	出粉率 (%)	降落值 (s)	峰值时间 (min)	峰值高度 (%)	峰值宽度 (%)
0	65.08±0.11b	381±15a	1.87±0.06a	45.66±0.50c	18.48±0.13b
10	65.48±0.25b	356±5b	1.62±0.05b	46.30±0.47bc	19.19±0.74ab
25	66.16±0.53a	347±12b	1.70±0.18a	47.09±0.47ab	19.84±0.20a
50	67.01±1.01a	344±9b	1.85±0.23a	47.25±0.40a	20.04±0.95a

同列数据后的不同小写字母表示差异达5%显著水平。

## 3 讨论

小麦籽粒灌浆过程与千粒质量和产量密切相关,文廷刚等<sup>[23]</sup>研究表明,不同的植物调节剂

可对小麦的灌浆特性和粒质量产生影响,GA<sub>3</sub>能提高渐增期灌浆速率、延长快增期持续时间和缓增期持续时间,从而达到增加粒质量的目的。有研究报道,内源细胞分裂素能够提高小麦籽粒的灌浆强度,

提高小麦的千粒质量<sup>[24]</sup>;本试验结果显示,KT 处理能增加小麦穗粒数和千粒质量,从而达到增加小麦产量的目的,增加籽粒中清蛋白、谷蛋白和总的蛋白质含量,其中以 25 mg/L KT 处理效果最好,分别比对照增加了 9.4%、9.3% 和 4.4%;籽粒中总淀粉、直连淀粉和支链淀粉的含量与对照相比较没有显著差异。蛋白质含量的增加可能是由于 KT 处理增加了小麦对氮素的代谢,提高籽粒中谷氨酰胺转氨酶活性,促进氨基酸的转化,增加了籽粒中蛋白质的积累<sup>[25]</sup>,与张敏等<sup>[26]</sup>研究 6-BA 能提高蛋白质含量结果基本一致。但吴进东等<sup>[21]</sup>研究氮肥施用时期推迟与花后喷施 6-BA 能显著增加总淀粉、支链淀粉含量以及支/直比。孙振元等<sup>[27]</sup>研究籽粒充实前期花后喷施 6-BA,抑制了营养器官氮素向籽粒中的运输,降低了籽粒中蛋白质含量,与本试验结果不一致,可能由于细胞分裂素类物质、小麦品种、处理时期以及环境因素等差异导致结果的变化。

矿质元素对人体的生命活动是必不可少的,而人体自身并不能合成,因此研究小麦中矿质元素含量的变化尤为重要。Wierzbowska 和 Bowszys<sup>[17]</sup>研究发现,植物调节剂 KT 与 P 肥混合使用,能增加小麦籽粒中 K 和 Ca 元素含量,本试验发现,KT 处理能显著增加小麦籽粒中 Ca、P、K 的含量,并且也能增加矿质元素 Fe 和 Zn 的含量。所以可看出,KT 处理不仅对小麦籽粒中大量元素含量产生影响,而且对人体必不可少的微量元素的积累也有明显作用。

面粉流变学特性是小麦加工品质中的一项指标,它体现了面团的柔性和粘性等综合指标。小麦降落数值与  $\alpha$ -淀粉酶活性呈负相关性,降落数值越低,则  $\alpha$ -淀粉酶活性越高。在本试验中,KT 处理增加了小麦的出粉率,使面粉产率增加。降低了小麦降落值,从而提高了小麦籽粒中  $\alpha$ -淀粉酶活性。增加了小麦揉混的峰值高度和峰值宽度,从而增强了面团的强度和延展性,一定程度上提高了面粉的加工品质。

#### 参考文献:

- [1] YASMEEN A, BASRA S M, AHMAD R, et al. Performance of late sown wheat in response to foliar application of *Moringa Oleifera* lam. leaf extract [J]. Chilean Journal of Agricultural Research, 2012, 72(1): 92-97.
- [2] HOGY P, BRUNNBAUER M, KOEHLER P K, et al. Grain quality characteristics of spring wheat (*Triticum aestivum*) as affected by free-air CO<sub>2</sub> enrichment [J]. Environmental and Experimental Botany, 2013, 88: 11-18.
- [3] SHEWRY P R. Wheat [J]. Journal of Experimental Botany, 2009, 60(6): 1537-1553.
- [4] FAOSTAT. Core production data base [EB/OL]. <http://faostat.fao.org/>, 2014-11-05.
- [5] 王连臻,杜小凤,吴传万,等.小麦抗低温胁迫复配植物生长调节剂研发[J].江苏农业科学,2015,43(3):67-69.
- [6] 王立秋,曹敬山,靳占忠. PP<sub>333</sub> 和施肥对春小麦品质和产量的影响 [J]. 国外农学——麦类作物, 1996 (1): 51-53.
- [7] SHEKOOFA A, EMAM Y. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2010, 10: 101-108.
- [8] XIE Z J, JIANG D, DAI T B, et al. Effects of exogenous ABA and cytokinin on leaf photosynthesis and grain protein accumulation in wheat ears cultured *in vitro* [J]. Plant Growth Regulation, 2004, 44(1): 25-32.
- [9] 刘 萍,刘旭丹,丁义峰,等.激动素对菊花花瓣衰老生理的影响[J].南方农业学报,2014,45(1):80-84.
- [10] 陈怡平,李 丽,王勋陵,等. He-Ne 激光和 KT 对小麦种子萌发与幼苗生长的影响 [J]. 激光生物学报, 2002, 11(6): 412-416.
- [11] LAMATTINA L, ANCHOVERRI V, CONDE R D, et al. Quantification of the Kinetin effect on protein-synthesis and degradation in senescing wheat leaves [J]. Plant Physiology, 1987, 83(3): 497-499.
- [12] SANAA A, MOSTAFA M, SHEHATA S. Physiological studies on the effect of kinetin and salicylic acid on growth and yield of wheat plant [J]. Annals of Agricultural Science (Cairo), 2006, 51(1): 41-55.
- [13] 顾克余,周蓓蓓,宋长年,等.植物生长调节剂及其在葡萄生产上的应用综述[J].江苏农业科学,2015,43(7):13-16.
- [14] 郭 瑾,薛永来,杜道林.植物激素调控拟南芥根系发育的研究进展[J].江苏农业科学,2014,42(5):7-10.
- [15] 刘大林,谷文英,秦玉玲,等.外源细胞分裂素对紫花苜蓿生长及品质的影响 [J]. 草业科学, 2005, 22(10): 36-40.
- [16] ZAHIR Z A, IQBAL M, ARSHAD M, et al. Effectiveness of IAA, GA<sub>3</sub> and kinetin blended with recycled organic waste for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Pak J Bot, 2007, 39(3): 761-768.
- [17] WIERZBOWSKA J, BOWSZYS T. Effect of growth regulators applied together with different phosphorus fertilization levels on the content and accumulation of potassium, magnesium and calcium in spring wheat [J]. Journal of Elementology, 2008, 13(3): 411-422.
- [18] FERNANDO N, PANOZZO J, TAUSZ M, et al. Elevated CO<sub>2</sub> alters grain quality of two bread wheat cultivars grown under different environmental conditions [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2014, 185: 24-33.

- [19] OSBORNE T B. The proteins of the wheat kernel [M]. Washington: Carnegie institution of Washington, 1907.
- [20] GB/T 5009.9-2008 食品中淀粉的测定[S].
- [21] MOHAMMADKHANI A, STODDARD F L, MARSHALL D R, et al. Starch extraction and amylose analysis from half seeds [J]. Starch-Starke, 1999, 51(2-3): 62-66.
- [22] ZHAO F, MCGRATH S, CROSLAND A. Comparison of three wet digestion methods for the determination of plant sulphur by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP - AES) [J]. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 1994, 25, 407-418.
- [23] 文廷刚,陈昱利,杜小凤,等. 不同植物生长调节剂对小麦籽粒灌浆特性及粒重的影响[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(1): 84-90.
- [24] 李秀菊,职明星,鲁玉贞. 不同粒型小麦籽粒发育过程中细胞分裂素含量的变化[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(2): 42-45.
- [25] 吴进东,丁广礼,朱旺生,等. 氮肥后移与花后叶面喷施 6-BA 对冬小麦产量和品质的影响 [J]. 核农学报, 2014, 28(2): 343-349.
- [26] 张敏,戴廷波,姜东,等. 6-BA 对小麦花后 C/N 物质运转和籽粒品质的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(4): 6-10.
- [27] 孙振元,韩碧文,刘淑兰,等. 小麦籽粒充实期氮素的吸收和再分配及 6-氨基嘌呤的调节作用 [J]. 植物生理学报, 1996, 22(3): 258-264.

(责任编辑:陈海霞)