

王彦辉,韩燕丽,樊永强,等. 叶面喷施尿素对谷子郑农谷 09-6 光合特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):92-96.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.019

叶面喷施尿素对谷子郑农谷 09-6 光合特性及产量的影响

王彦辉, 韩燕丽, 樊永强, 刘劲哲, 董亚南

(郑州市农林科学研究所, 河南郑州 450005)

摘要:同土壤施肥相比,叶面喷施尿素具有作物吸收速度快、针对性强、应用成本较低等优点。为了确定郑农谷 09-6 喷施尿素的最佳用量及其对谷子肥害及产量的影响,以郑农谷 09-6 为试验材料,采用田间试验,设定 0.5%、0.75%、1.5%、3%、6% 共 5 个浓度的尿素溶液在谷子扬花期进行叶面喷施,测定谷子旗叶叶绿素含量(SPAD 值)、旗叶叶面积、光合参数、叶片硝酸还原酶活性、穗部性状以及产量。结果显示,在喷施氮肥浓度为 0.5%、0.75%、1.5% 时能促进叶片的光合作用,提高旗叶叶面积、SPAD 值以及叶片硝酸还原酶活性,当浓度为 1.5% 时促进作用最强,当喷施浓度为 3% 时,则表现为抑制作用且其抑制作用随浓度增大而增强。喷施尿素浓度对谷子产量有显著影响,当浓度为 1.5% 时增产作用最强,较对照增产 15.5%。谷子的产量变化趋势与上述指标趋势一致。

关键词:谷子;尿素;SPAD 值;光合作用;硝酸还原酶;产量

中图分类号: S515.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)05-0092-05

谷子(*Setaria italica* Beauv)被列为小杂粮之首,起源于我国的黄河流域,谷子具有抗旱耐瘠薄的特点,并且对水利用效率较高、适应性广、化肥农药用量少等优点,是典型的环境友好型作物^[1-3]。我国谷子种植面积约 100 万 hm^2 ,占世界谷子种植面积的 80%,产量占世界谷子总产量的 90%,谷子在我国主要集中在华北、东北、西北干旱和半干旱地区^[4]。

传统的土壤施肥的吸收速度比叶面喷施尿素较慢,而且叶面喷施尿素的针对性较强、应用成本低且利用率较高等^[5]。作物叶面喷施叶面肥可以在较短的时间内被作物利用,研究表明,在不到 24 h 内作物对肥料的利用率已超过 70%,而且使用适当浓度的叶面肥可减少土壤基肥施用量^[6]。谷子苗期适度干旱有利于蹲苗,有几个时期是需要肥料和水源的重要时期,比如抽穗期、扬花期和灌浆期,所以在这几个时期保证谷子所需肥料以及水的充足

对其农艺性状、生理结构的生长和发育以及产量的提高具有关键意义。

郑农谷 09-6 为新推出品种,夏播生育期 98.8 d,株高 114.3 cm,株型紧凑,纺锤形穗,平均穗长 19.94 cm,穗粗 2.3 cm,穗质量 17.36 g,穗粒质量 13.95 g,千粒质量 2.69 g,出谷率 79.97%,出米率 79.41%,不早衰,浅黄谷,浅黄米,抗倒伏性较强;粗蛋白含量为 11.42%,粗脂肪含量为 3.41%,总淀粉含量为 78.2%,支链淀粉含量为 63.3%,赖氨酸含量为 0.269%^[7];抗谷瘟病;中抗谷锈病、白发病;田间调查蛀茎率 4.3%,适宜在河南省夏谷区种植。目前针对郑农谷 09-6 的喷施叶面肥的相关研究较少,根据农作经验,通过喷施一定浓度的叶面肥可以提高谷子的产量。尿素是一种比较常见的高浓度氮肥,不属于缓释肥料,可以在较短时间内被作物吸收利用,而且成本比较低、使用方便,所以经常被应用在农业生产中。本试验以郑农谷 09-6 为材料,在开花期利用不同浓度的尿素溶液对谷子叶片进行喷施,研究喷施尿素后对旗叶叶绿素含量(SPAD 值)、旗叶叶面积、旗叶硝酸还原酶活性、旗叶光合参数、产量以及产量组成要素的影响,探讨郑农谷 09-6 叶面喷施尿素的最佳浓度,以提高氮肥利用率,为郑农谷 09-6 叶面喷施尿素的利用率和大规模推广提供理论依据。

收稿日期:2018-12-25

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-06-13.5-B24)。

作者简介:王彦辉(1988—),男,河南温县人,硕士,研究实习员,研究方向为作物育种及推广。E-mail:627195684@qq.com。

通信作者:董亚南,副研究员,研究方向为作物育种及推广。Tel:(0371)67883850;E-mail:dyn67883850@163.com。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试品种郑农谷 09-6 由郑州市农林科学研究所提供。尿素产自河南心连心化肥有限公司,总氮含量 $\geq 46.4\%$ 。

1.2 试验设计

试验于 2017 年 6—9 月在郑州市农林科学研究所试验场进行,该区属北温带大陆性季风气候,年均降水量为 540.4 mm,平均气温 14℃,无霜期 220 d,全年日照时间约 2 400 h。耕层土壤速效氮含量为 67.52 mg/kg,速效磷含量 11.85 mg/kg,速效钾含量 128.6 mg/kg,pH 值为 7.5,田间持水量为 25.65%,凋萎系数 8.92。前茬为空白地,人工条播。播前旋耕并施基肥,施纯氮 150~195 kg/hm²、P₂O₅ 90~105 kg/hm²、K₂O 75~90 kg/hm²、充分腐熟的农家肥 35~50 m³/hm²,其余田间管理根据当地栽培条件常规进行,各小区的田间管理活动完全一致,各个小区排列采用完全随机设计。在谷子扬花期(8 月 6 日),即每个小区扬花的小穗都已经超过 50% 时,对各试验小区喷施不同浓度的尿素溶液,叶面喷施浓度分别为 0(清水,CK)、0.5%(处理 1)、0.75%(处理 2)、1.5%(处理 3)、3%(处理 4)、6%(处理 5)。喷施尿素的用水量为 450 kg/hm²。每个处理重复 3 次,随机排列,每个小区种 8 行,行长 3 m,行间距 0.4 m,小区面积为 3.2 m×3 m=9.6 m²。

1.3 数据测定

于郑农谷 09-6 叶面喷施尿素后 7、17、27、37、47 d,即 8 月 13 日、8 月 23 日、9 月 3 日、9 月 13 日、9 月 23 日,在各个种植小区采用随机取样法,选取 3 株长势均匀、高度一致的健康植株,使用 SPAD-502 叶绿素含量测定仪测定 3 株谷子旗叶的叶绿素含量(SPAD 值);在喷施肥料后 7、17、27 d,用直尺进行叶面积的测定,单叶面积=长×宽×0.75;在喷施尿素后 4 d,选取新鲜的谷子旗叶叶片,测定谷子旗叶硝酸还原酶的活性,所用试剂盒为硝态氮检测试剂盒,来自青岛捷世康生物科技有限公司,测定方法用磺胺比色法^[8];在喷施尿素后 7 d,用 HM-GH20 便携式光合作用测定仪测定郑农谷 09-6 旗叶的光合参数。于谷子蜡熟末期,在各种植试验小区选取中间种植行 6 行,测定中间 6 行谷子的实际产量,然后折算为每公顷产量。在每个种植小区选取长势均匀、高度一致的健康谷子 5 株进行室内考

种,测定穗长、穗质量、穗粒质量和千粒质量等数据。

1.4 数据处理和统计分析

采用 Microsoft Excel 2013 软件和 DPS 软件进行试验数据的统计和相关性分析,采用 Duncan's 检验法进行显著性差异分析。

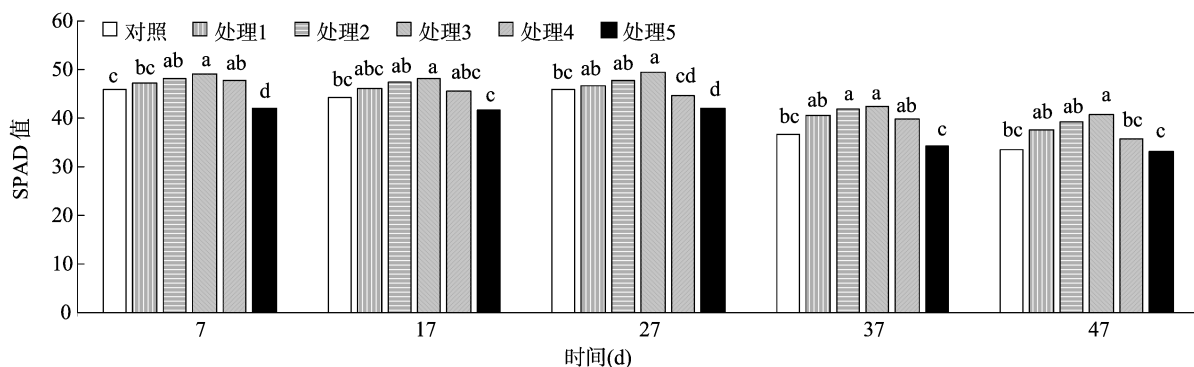
2 结果与分析

2.1 叶面喷施不同浓度尿素溶液对谷子旗叶 SPAD 值的影响

在谷子叶面表面喷施不同浓度尿素处理后,郑农谷 09-6 谷子旗叶 SPAD 值的变化如图 1 所示。由图 1 可见,在一定浓度范围(浓度 $\leq 1.5\%$)内,谷子旗叶的 SPAD 值随着喷施尿素浓度的增大呈现上升的趋势,浓度进一步加大后,SPAD 值开始下降;其中,处理 2、处理 3 谷子旗叶 SPAD 值高于其他处理,处理 3 的谷子旗叶 SPAD 值在 5 次测定中与清水对照相比均差异显著,5 次测量分别上升 7.21%、8.65%、7.63%、15.88%、21.41%。处理 4 中,喷施叶面尿素后 7、17、37、47 d 对谷子旗叶 SPAD 值均有促进作用,但差异不显著($P>0.05$),当喷施浓度为 6%(处理 5)时,谷子旗叶 SPAD 值和对照相比下降明显。这说明当尿素溶液浓度过高时,叶面肥会对谷子叶片叶绿素合成产生抑制作用,可能产生了肥害。在图 1 中还可以发现,随着灌浆期的结束、蜡熟期的到来,谷子的旗叶整体 SPAD 值在下降。

2.2 叶面喷施不同浓度尿素溶液对谷子旗叶面积的影响

由图 2 可见,随着叶面喷施尿素浓度的提高,郑农谷 09-6 的旗叶面积先变大后变小,在喷施后 7、17、27 d,处理 2 以及处理 3 的谷子旗叶叶面积较清水对照有显著提高($P<0.05$),处理 1 的叶面积较对照相比有一定的提高,但差异不显著。处理 2 的旗叶面积比清水对照的旗叶面积分别大 5.30%、6.35%、8.76%,处理 3 的旗叶面积比清水对照的旗叶面积分别大 11.11%、9.40%、14.91%,这说明叶面喷施的尿素溶液在一定浓度范围,能够较好地促进谷子旗叶叶片的生长和发育。在喷施后 7、17、27 d,处理 4 较清水对照对谷子旗叶面积促进作用有所减弱,处理 5 较清水对照有了显著减小,这说明用高浓度尿素溶液喷施叶片,不仅不会促进叶片生长发育,还会抑制叶片的生长,在本试验中的具体表现有:叶片发育受阻,边缘变得枯黄,叶宽变窄,叶长变短,其造成的肥害作用一直持续到喷施尿素



同日测定数据上不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下图同

图1 喷施不同浓度尿素对谷子旗叶 SPAD 值的影响

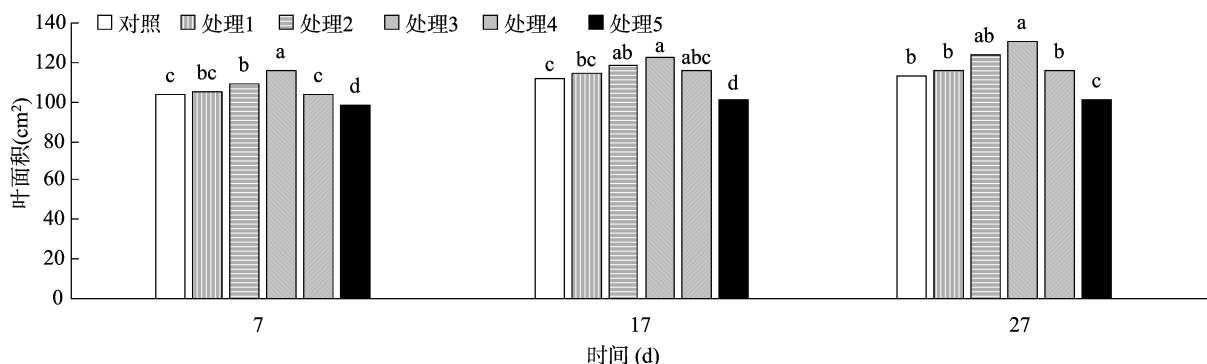


图2 喷施不同浓度尿素对谷子旗叶面积的影响

后 27 d 时尚未恢复。

2.3 叶面喷施尿素对谷子旗叶硝酸还原酶活性的影响

由图 3 可见,当喷施的尿素溶液浓度在一定范围(浓度 $\leq 1.5\%$)内时,随着喷施浓度的增加,谷子旗叶硝酸还原酶的活性不断上升。处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 的硝酸还原酶活性比清水对照都上升,其中处理 1、处理 2 以及处理 3 的硝酸还原酶活性较之清水对照上升且差异显著($P < 0.05$),分别上升 5.91%、6.45%、7.53%,这说明谷子旗叶的硝酸还原酶活性对喷施尿素较为敏感;处理 4 的硝酸还原酶活性与清水对照相比有一定的促进作用,但是差异不显著,提高了 2.15%;处理 5 的硝酸还原酶活性与清水对照相比显著降低($P < 0.05$),比对照降低了 4.84%。处理 3 的硝酸还原酶活性最高,且与清水对照相比有显著差异($P < 0.05$),这说明在配制的浓度中,处理 3 (1.5%) 为最适浓度,能最好地提高谷子旗叶硝酸还原酶活性。

2.4 叶面喷施不同浓度尿素对叶片光合参数的影响

由表 1 可见,随着喷施尿素溶液浓度的增大,谷子的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO_2

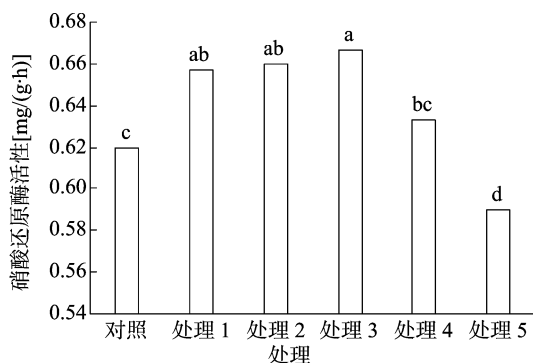


图3 不同浓度尿素对叶片硝酸还原酶的影响

浓度均会受到影响,且变化明显,3 项指标随着喷施尿素浓度的提升先上升后下降。同清水对照相比,处理 1、处理 2、处理 3 的净光合速率及蒸腾速率分别都有不同程度的上升,这表明在谷子叶面喷施一定浓度范围内的尿素可以促进叶片光合作用,有利于作物积累干物质。其中,处理 3 (1.5%) 的上述 3 个指标与对照相比均差异显著($P < 0.05$),分别上升了 36.73%、18.64%、19.99%,并且与其他喷施尿素的处理组相比较最高,这说明在配制的这些浓度梯度中,处理 3 (1.5%) 为最适浓度,而处理 5 的上述各项指标显著低于清水对照($P < 0.05$),说明处理 5 (6%) 的喷施浓度不仅不会促进谷子叶片光

合作用,反而会产生抑制作用。

胞间 CO₂ 浓度的变化与上述变化规律不同,与清水对照相比,在一定浓度范围内,喷施尿素处理的胞间 CO₂ 浓度均有下降,表明在叶片表面喷施尿

素能提高谷子旗叶吸收 CO₂ 的能力。其中处理 3 (1.5%) 的胞间 CO₂ 浓度最低,比清水对照降低了 22.56%,说明处理 3 为最佳浓度,可以最大限度促进作物吸收胞间 CO₂。

表 1 叶面喷施不同浓度尿素对谷子旗叶光合参数的影响

处理	净光合速率 [μmol/(m ² · s)]	蒸腾速率 [mmol/(m ² · s)]	气孔导度 [mmol/(m ² · s)]	胞间 CO ₂ 浓度 (μmol/mol)
对照	16.42b	3.70bc	110.58c	134.9a
处理 1	19.43ab	4.15ab	116.77bc	120.4b
处理 2	20.31a	4.41a	128.04ab	114.6bc
处理 3	22.45a	4.58a	132.68a	104.5c
处理 4	16.96b	3.40c	104.16c	108.4bc
处理 5	16.92b	3.27c	89.57d	114.5bc

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

2.5 叶面喷施不同浓度尿素对产量性状的影响

由表 2 可知,处理 1、处理 2、处理 3 以及处理 4 的穗长、穗质量、千粒质量和产量较对照均有不同程度的提高。处理 2、处理 3 的各项性状与清水对照相比均差异显著,其中处理 3 提高幅度最大,与对照相比分别提高 19.13%、41.62%、12.37%、15.5%。但是在喷施浓度为 3% (处理 4) 时,各项性状与清水对照相比均有提高,然而千粒质量和谷子产量虽有提高,但差异不显著;喷施浓度为 6% (处理 5) 时,穗质量、千粒质量比清水对照高,但穗长和谷子产量均低于对照。这说明在一定浓度范围内,叶面喷施的尿素浓度越高,越有利于谷子穗的生长和发育,但是,当喷施尿素浓度过高时,谷子产量反而会下降。

表 2 叶面喷施不同浓度尿素对产量性状的影响

处理	穗长 (cm)	穗质量 (g)	千粒质量 (g)	产量 (kg/hm ²)
对照	20.10cd	15.06c	2.61c	5 568.5b
处理 1	21.50bc	17.23bc	2.70bc	5 946.3ab
处理 2	22.40ab	19.32ab	2.82b	6 161.2a
处理 3	23.95a	21.32a	2.94a	6 431.4a
处理 4	21.82b	19.56ab	2.66c	5 960.0ab
处理 5	19.39c	17.93b	2.65c	5 452.7b

3 讨论

氮素是谷子生长发育所需营养的最重要因子之一,氮素在谷子的生长发育、光合特性和产量构成中都起到极其明显的作用^[9-11]。在谷子的营养生长期、营养生长和生殖生长同时发生的时期^[12-14]即最大有效期和生理敏感期,肥料应重点供给。在某些情况下,叶面喷施肥料的效果比土壤施用肥料

的效果更明显、更直接、更有针对性。特别是在作物生长的中后期,根系活力变得不好,养分吸收能力下降,在这个阶段,作物需要其他养分来维持其生长,而叶面肥的施用可以产生明显的补充养分的效果。但如果叶面肥料喷施浓度过高,容易造成肥料对作物的损伤,进而产生肥害。在本试验中,叶面喷施尿素浓度在不大于 1.5% 时,能较明显地促进谷子的叶绿素合成、提高谷子硝酸还原酶活性、促进叶片光合作用,明显提高谷子产量,然而当叶片表面喷施的尿素浓度过高时,对上述各项指标与清水对照相比均有不同程度的抑制作用,而且会降低小区产量,这与前人的研究结果相一致。

80% 以上的光合作用产物由谷子的干物质积累贡献,而叶绿素是植物光合作用的主要色素,叶绿素的浓度对作物的光合作用具有重要意义。杨艳君认为,氮素对于谷子叶片中的叶绿素合成有重要影响^[15]。在本试验中,0.5% (处理 1)、0.75% (处理 2)、1.5% (处理 3) 的尿素可促进叶片叶绿素合成的生长发育,提高叶片的 SPAD 值,为籽粒灌浆期提供保证,与以往的研究结果一致。在叶片上喷施尿素可以促进旗叶的生长发育,提高硝酸还原酶的活性,增加旗叶在一定浓度范围内的面积,促进效果先增强后随着浓度的增加而减弱进而产生抑制作用,这与李永旗的研究结果^[16]一致。农作物主要靠光合作用来积累生长发育所需要的干物质,而 CO₂ 是光合作用的主要物质来源^[17-19]。在谷子叶片上喷施尿素明显地促进了谷穗生长发育以及籽粒灌浆,对谷粒灌浆和穗生长发育两方面的促进进一步提高了谷子的产量,这与前人的研究结果^[20-22]一致。相反,喷施 6% 尿素对谷子的 SPAD 值和光合

参数有明显的抑制作用,叶片中尿素浓度过高会对谷子的光合作用产生负面影响,进而抑制叶片中的叶绿素合成,原因是高浓度的尿素高于叶片的渗透势,导致叶片失水,烧伤叶片,从而使谷子叶片的正常生长和发育受到严重影响。用 6% 尿素喷洒的谷子叶子表面呈现出明显的黄斑,叶片边缘枯萎,叶片长度缩短,叶片宽度变窄,这些严重抑制了谷穗的正常生长、发育和灌浆,从而降低了谷子的产量。

4 结论

本试验结果表明,在谷子叶面喷施尿素能够有效促进郑农谷 09-6 叶片的生长发育以及叶绿素的合成、提高谷子叶片硝酸还原酶活性及叶片光合速率等,从而提高谷子产量。当浓度较低时,随着浓度的增加,促进作用增强,本试验测定的最佳浓度为 1.5%;当喷施尿素浓度超过 3% 时,促进作用会减弱甚至产生抑制作用;最高浓度 6% 会对叶面产生肥害,主要表现为叶片表面产生黄斑,叶片灼伤,叶片变短、变窄,其正常生长发育受到影响,叶绿素含量下降,叶片硝酸还原酶活性下降等,从而使谷子产量降低。

参考文献:

- [1] 陈卫军,魏益民. 国内外谷子的研究现状[J]. 杂粮作物,2000,20(3):27-29.
- [2] 宋 慧,刘金荣,王素英,等. 河南省谷子产业现状与发展对策[J]. 安徽农业科学,2015,43(29):331-333,373.
- [3] 刁现民. 中国谷子产业与产业技术体系[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2011.
- [4] 宋东晓,高德成. 小米的营养价值与产品开发[J]. 粮食加工,2005(1):21-24.
- [5] 李燕婷,李秀英,肖 艳,等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展[J]. 中国农业科学,2009,42(1):162-172.
- [6] 晏 娟,尹 斌,张绍林,等. 不同施氮量对水稻氮素吸收与分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(5):835-839.
- [7] 王彦辉,苗兆丰,董亚南,等. 二甲四氯钠不同用量对郑农谷 09-6 田间杂草的防除效果[J]. 农业科技通讯,2018(4):136-138.
- [8] 李生秀,李世清,高亚军,等. 施用氮肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理和效果[J]. 干旱地区农业研究,1994,12(1):38-46.
- [9] 赵 斌,张瑞芳,李向文,等. 不同施肥处理对新成片麻岩土壤谷子生长及土层硝态氮的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(24):142-147.
- [10] 于亚军,李 军,贾志宽,等. 不同水肥条件对宁南旱地谷子产量、WUE 及光合特性的影响[J]. 水土保持研究,2006,13(2):87-90.
- [11] 代小冬,常世豪,杨育峰,等. 不同氮肥组合和施肥方式对谷子生长和产量的影响[J]. 河南农业科学,2014,43(11):13-16.
- [12] 谭金芳. 作物施肥原理与技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2003:30-32.
- [13] 高 杨,王 杰,石丽娟,等. 叶面喷施烯效唑对谷子抗倒伏性状及光合色素含量的影响[J]. 山西农业科学,2017,45(8):1232-1236.
- [14] Ren T B,Zhao J X. Effect of different Nitrogen application amount on the net increment of fresh dryweight in hybrid rape [J]. Agricultural Science & Technology,2008,9(2):147-151.
- [15] 杨艳君. 施肥和密度对杂谷 5 号生理特性和产量构成的影响[D]. 晋中:山西农业大学,2013.
- [16] 李永旗. 叶施尿素对棉花氮素吸收利用分配及生理生化特性的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2014.
- [17] 赵广才,常旭虹,杨玉双,等. 叶面喷施不同营养元素对冬小麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2011(4):689-694.
- [18] 张晓娟,郭 洁,孙 权,等. 贺兰山东麓赤霞珠氮肥合理施用量研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2013(3):21-26.
- [19] 刘 杨,王强盛,丁艳锋,等. 氮素和 6-BA 对水稻分蘖芽发育的影响及其生理机制[J]. 作物学报,2009,35(10):1893-1899.
- [20] 李廷亮,谢英荷,洪坚平,等. 施氮量对晋南旱地冬小麦光合特性、产量及氮素利用的影响[J]. 作物学报,2013,39(4):704-711.
- [21] 李 勇. 氮素营养对水稻光合速率作用与光合速率氮素利用率的影响机制研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- [22] 张晓娟,王晓军,杨军学,等. 氮肥不同施用方式对谷子生长和产量的影响[J]. 农业科学研究,2015,36(3):25-28.