

周 勃,赖 宁,陈署晃,等. 施氮量对滴灌冬小麦产量及氮素利用的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(4):61-64.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.04.013

施氮量对滴灌冬小麦产量及氮素利用的影响

周 勃¹, 赖 宁², 陈署晃², 孙 霞¹

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 新疆乌鲁木齐 830091)

摘要:为明确不同施氮处理对滴灌冬小麦产量及氮素利用规律的影响,在新疆奇台县西地镇西地村试验基地进行肥力定位试验。以不施氮肥处理为对照(CK),共设置 5 个氮肥施用量梯度处理,分别为 N0、N1、N2、N3、N4,研究冬小麦的产量及氮素利用规律。研究表明,施氮能够显著增加冬小麦的产量,处理 N1、N2、N3、N4 的产量分别比处理 N0 提高 19.18%、36.90%、24.60%、16.27%;最大施氮量为 277 kg/hm²,最佳施氮量为 253 kg/hm²;最大施氮量冬小麦产量为 7 594 kg/hm²,最佳施氮量冬小麦产量为 7 580 kg/hm²。本研究可为新疆滴灌条件下冬小麦的氮肥合理施用提供理论指导。

关键词:冬小麦;施氮量;产量;氮素利用规律

中图分类号: S147.2; S512.1 + 10.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)04-0061-04

小麦是我国第二大粮食作物,在新疆的种植面积约 80 万 hm²,占新疆粮食播种面积的 53.89%,其中冬小麦约 56 万 hm²,其高产高效种植有着重要的社会和现实意义^[1-3]。同时,新疆又是我国缺水最严重的省份之一,农业用水量占到总用水量的 95%,大力发展现代节水农业、提高灌溉水利用率和水分利用效率是实现新疆经济、社会、环境协调发展的前提条件。因此,滴灌节水灌溉技术近几年得到迅速发展,仅 2013 年新疆种植的滴灌小麦就已达 11 万 hm²,比 2012 年增长了 45.3%,有着巨大的发展潜力。

氮素是作物生长必需的矿质营养元素之一,施用氮肥对作物增产具有重要的作用^[4-6]。但由于氮肥在土壤中易发生转化而损失,盲目用氮肥会造成减产,甚至环境污染等^[5-7]。因此,探究不同施氮量对作物生长的影响、找到适宜的施氮

量,是农业高产高效和可持续发展的必然要求。

本试验探讨滴灌条件下不同施氮量对冬小麦产量及产量构成因素的影响,获得滴灌冬小麦的氮肥适宜用量,研究小麦不同部位氮肥的利用率,对进一步推广滴灌冬小麦以及保障粮食安全具有重要的理论和现实意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验设在新疆奇台县西地镇西地村,位于新疆东北部,天山北麓,准噶尔盆地东南缘。属中温带大陆性半荒漠干旱性气候,年平均气温 5.5℃,极端最高气温 39℃,极端最低气温 -37.3℃,无霜期年平均 153 d,年平均降水量 269.4 mm。土壤层(壤土)厚度 ≥ 60 cm,各土壤层养分状况见表 1。

表 1 供试土壤基本养分状况

土壤深度 (cm)	pH 值	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	硝态氮含量 (mg/kg)	铵态氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
0~5	8.69	19.83	1.30	14.56	2.90	9.1	471
5~10	8.71	18.28	1.26	11.45	4.34	7.8	450
10~20	8.71	17.17	1.08	9.09	1.45	5.3	417
20~40	8.63	14.18	0.89	14.61	2.17	2.5	333
40~60	8.74	11.94	0.73	8.19	7.24	2.3	318

1.2 试验设计

冬小麦供试品种为新冬 22,播种量 375 kg/hm²,采取滴灌种植,滴灌带布设方式为 1 管 4 行(紧邻滴灌带的为行 1,

外边为行 2),行距为 15 cm,小区面积 36 m²。2015 年 9 月 28 日播种,10 月 7 日出苗,灌溉方式为高压滴灌,生育期灌溉 8 次,总灌水量 6 300 m³/hm²。试验设 N0、N1、N2、N3、N4 共 5 个氮水平(表 2),3 次重复。供试氮肥为尿素(N 46%),磷肥为重过磷酸钙(P₂O₅ 46%),钾肥为硫酸钾(K₂O 51%)。30%氮肥、磷肥和钾肥作为基肥,在小麦播种前施入,70%氮肥作为追肥随水滴施,其中 15%在返青期追施,20%在拔节期追施,20%在孕穗期追施,15%在灌浆期追施。

1.3 样品采集与测定

1.3.1 植株样品的采集和测定 在小麦返青期(4 月 7 日)、拔节期(4 月 18 日)、孕穗期(5 月 6 日)、扬花期(5 月 27 日)、灌浆期(6 月 9 日)、乳熟期(6 月 22 日)、成熟期(7 月 10

收稿日期:2018-06-18

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD0200406);国家自然科学基金(编号:41461047);中央引导地方科技发展专项“新疆遥感与农业大数据应用服务平台”;海南省三亚市专项科研试制项目(编号:2017KS19)。

作者简介:周 勃(1979—),男,甘肃临洮人,硕士研究生,高级农艺师,主要从事植物营养与施肥研究。E-mail:82570049@qq.com。
通信作者:孙 霞,副教授,主要从事土壤与植物营养研究。
E-mail:sunxial127@163.com。

表 2 试验处理及施肥量

处理	施肥量(kg/hm ²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N0	0	150	75
N1	120	150	75
N2	240	150	75
N3	360	150	75
N4	480	150	75

日)采取各处理行 1、行 2 的小麦植株地上部样品,按不同器官(茎、叶、籽粒)分开,烘干、称质量、粉碎,测定植株不同部位氮养分含量(浓 H₂SO₄ - H₂O₂ 消解法),同时测定小麦的穗长、穗粒数、千粒质量和株数等生长指标。

1.3.2 小麦测产 成熟后按各处理行 1、行 2 收获,测定各试验小区的株数、有效穗数和穗粒数等产量构成因素,测定所取籽粒样品的千粒质量,计算各试验小区的产量。

1.3.3 数据处理 所有数据使用 Microsoft Excel 2007 进行预处理,Origin 8.0 制图,SPSS 17.0 进行单因素方差分析和逐步回归分析。肥料利用率的具体计算公式如下式:

肥料利用率 = (施肥区作物吸收养分量 - 缺素区作物吸收养分量)/分量养分施用量 × 100%。

2 结果与分析

2.1 小麦产量及产量构成因子分析

2.1.1 小麦产量分析 从表 3 可以看出,处理 N2 的行 1、行 2 产量最高,分别为 3 961、3 910 kg/hm²,都显著高于其他处理($P < 0.05$),但二者间没有显著差异;处理 N3、N1 的行 1 行 2 均没有显著差异;处理 N0 的行 1 行 2 的产量最低,显著小于其他处理($P < 0.05$),但行 1 行 2 间差异不显著。处理 N2 的总产量最高,为 7 871 kg/hm²,显著大于其他处理($P < 0.05$),比处理 N0 增产 36.90%;处理 N3 总产量为 7 164 kg/hm²,显著大于处理 N1、N4、N0($P < 0.05$),比处理 N0 增产 24.60%。处理 N1、N4 平均产量显著大于处理 N0($P < 0.05$),比处理 N0 分别增产 19.18%、16.27%,但二者间没有显著差异。

2.1.2 小麦产量构成因子分析 从表 4 可以看出,各处理的

表 4 不同处理小麦产量构成因子

处理	位置	穗长 (cm)	穗粒数 (粒)	千粒质量 (g)	株数 (万株)	有效株数 (万株)	无效株数 (万株)
N0	行 1	7.21a	29.69e	47.65ab	214c	203c	11c
	行 2	7.26a	29.70e	47.06ab	218c	206c	12c
N1	行 1	7.27a	31.78bcd	48.00a	238b	224b	13c
	行 2	7.39a	30.07de	48.70a	245b	234b	11c
N2	行 1	7.84a	33.60ab	45.54bc	262a	259a	3c
	行 2	7.62a	33.82a	45.44bc	262a	254a	8c
N3	行 1	7.38a	32.79abc	45.28c	263a	239b	24b
	行 2	7.41a	33.37ab	45.43bc	263a	239b	24b
N4	行 1	7.34a	31.04cde	44.98c	271a	238b	33a
	行 2	7.18a	32.03abc	45.06c	269a	233b	36a

2.2 小麦干物质积累与分配

由图 1 可知,处理 N4 的行 2 行 1 的叶干物质分别为 673、662 kg/hm²,显著高于处理 N1、N0($P < 0.05$),与处理 N2、N3 没有显著差异;处理 N0 行 2 行 1 的叶干物质分别为

表 3 不同处理小麦的产量

处理	位置	产量 (kg/hm ²)	总产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)
N0	行 1	2 876d	5 750d	0.00
	行 2	2 874d		
N1	行 1	3 423bc	6 853c	19.18
	行 2	3 430bc		
N2	行 1	3 961a	7 871a	36.90
	行 2	3 910a		
N3	行 1	3 546bc	7 164b	24.60
	行 2	3 618b		
N4	行 1	3 319c	6 685c	16.27
	行 2	3 366c		

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异达显著水平($P < 0.05$)。下表同。

小麦穗长没有显著差异,表明施用氮肥对小麦穗长影响不显著。各处理的小麦穗粒数随施氮量的增加呈现出先增加后减少的趋势,处理 N2 的行 2 穗粒数最多,为 33.82 粒,而处理 N0 的行 1 穗粒数最少,仅为 29.69 粒,但是各处理的行 1、行 2 间均没有显著差异。各处理的小麦千粒质量差异显著,处理 N1 的行 1 行 2 千粒质量最大,分别为 48.00、48.70 g,显著大于处理 N2、N3、N4($P < 0.05$),而与处理 N0 没有显著差异;处理 N2、N3、N4 的千粒质量均没有显著差异;各处理的行 1 行 2 间均没有显著差异。各处理的株数表现为随施氮量的增加而增加的趋势,处理 N4 的行 1 行 2 株数最多,与处理 N0、N1 达到了显著差异($P < 0.05$),与处理 N2、N3 差异不显著;而处理 N0 的株数最少,显著低于其他处理($P < 0.05$);各处理的行 1 行 2 间均没有显著差异。各处理的小麦有效株数随施氮量的增加呈现出先增加后减少的趋势,处理 N2 有效株数最多,显著大于其他处理($P < 0.05$),而处理 N1、N2、N3 间没有显著差异,但都显著高于处理 N0;而各处理的行 1 行 2 间均没有显著差异。各处理的小麦无效株数随施氮量的增加呈现出先减少后增加的趋势,处理 N4 的无效株数最多,显著高于其他处理($P < 0.05$);其次是处理 N3,无效株数显著高于处理 N0、N1、N2($P < 0.05$),而处理 N0、N1、N2 无效株数表现为 N1 > N0 > N2,但三者间没有显著差异。

467、468 kg/hm²,显著小于除了与 N1 处理外的其他处理($P < 0.05$);处理 N2 的行 2 行 1 总叶干物质比处理 N0 增加 33.14%。处理 N1、N2、N3、N4 的行 1 行 2 茎干物质差异不显著,但都显著大于处理 N0($P < 0.05$),其中处理 N2 的行 1 行

2 平均茎干物质比处理 N0 增加 37.07%。处理 N2 的行 1 行 2 的籽粒干物质显著高于其他处理(除了 N3 的行 2 外)($P < 0.05$),分别为 4 046、3 971 kg/hm²,总籽粒干物质比处理 N0 增加 35.97%;处理 N1、N3、N4 行 1 的籽粒干物质差异不显著,处理 N3 行 2 的籽粒干物质与处理 N1 行 2 无显著差异,但显著高于处理 N4 行 2($P < 0.05$),而 N1、N3、N4 的行 1 行

2 的籽粒干物质都显著大于处理 N1 的行 1 行 2($P < 0.05$)。处理 N2 行 1 的叶、茎、籽粒总干物质达到 14 217 kg/hm²,显著高于其他处理($P < 0.05$),行 2 为 14 187 kg/hm²,除了处理 N3 的行 2 外,与其他处理行 2 都达到了显著差异($P < 0.05$);处理 N0 行 1 行 2 总干物质均显著小于其他处理($P < 0.05$),而处理 N1、N3、N4 间没有显著差异。

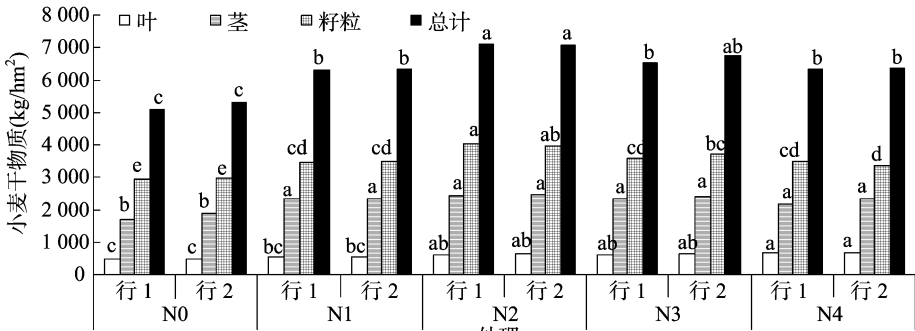


图1 不同处理小麦干物质积累与分配

2.3 小麦氮素吸收与分配

从表 5 可知,各处理的行 1 小麦茎氮素吸收量以处理 N4 最大,为 13.02 kg/hm²,其次是处理 N3,为 11.17 kg/hm²,且二者间没有显著差异,但都与其他处理的行 2 达到了显著差异($P < 0.05$),而处理 N2、N1、N0 的行 2 小麦茎氮素吸收量差异不显著。各处理的行 2 小麦茎氮素吸收量以处理 N4、N3 较大,分别为 12.89、12.75 kg/hm²,二者间没有显著差异,均与处理 N2、N0 的行 2 达到了显著差异($P < 0.05$),与处理 N1 没有显著差异,而处理 N1、N2 与 N0 的行 2 小麦茎氮素吸收量差异显著。同一处理的行 1 行 2 的茎的氮素吸收量均没有显著差异。

表 5 小麦氮素吸收与分配

处理	位置	氮素吸收量 (kg/hm ²)			
		茎	叶	籽粒	总计
N0	行 1	5.46c	4.45e	41.88d	51.79e
	行 2	5.65c	4.45e	41.87d	51.97e
N1	行 1	8.08bc	6.35cd	77.21c	91.64d
	行 2	10.37ab	5.52de	74.28c	90.17d
N2	行 1	8.09bc	8.06c	94.14a	110.29b
	行 2	8.51b	8.06c	92.86a	109.43b
N3	行 1	11.17a	10.50b	87.49b	109.16b
	行 2	12.75a	11.44b	93.32a	117.51a
N4	行 1	13.02a	13.04a	76.72c	102.78c
	行 2	12.89a	13.32a	76.45c	102.66c

各处理的小麦叶氮素吸收量随着氮肥施用量的增加而增加,且处理间差异显著($P < 0.05$)。行 1 的叶氮素吸收量以处理 N4 最大(13.04 kg/hm²),处理 N0 最小(4.45 kg/hm²);行 2 的叶氮素吸收量以处理 N4 最大(13.32 kg/hm²),处理 N0 最小(4.45 kg/hm²);同一处理的行 1 行 2 的叶的氮素吸收量均没有显著差异。

各处理的小麦籽粒氮素吸收量具有随着氮肥施用量的先增加后减少的趋势,且处理间差异显著($P < 0.05$)。行 1 的籽粒氮素吸收量以处理 N2 最大,为 94.14 kg/hm²,显著大于其他处理($P < 0.05$);其次是处理 N3,显著大于处理 N1、N4、N0($P < 0.05$),处理 N1、N4 均显著高于处理 N0($P < 0.05$),

但二者间没有显著差异。行 2 的籽粒氮素吸收量以处理 N3 最大,为 93.32 kg/hm²,其次是处理 N2,显著高于其他处理($P < 0.05$),但处理 N3 和 N2 行 2 的籽粒氮素吸收量没有显著差异;处理 N0 为 41.87 kg/hm²,显著小于其他处理($P < 0.05$)。同一处理(除处理 N3 外)的行 1 行 2 的籽粒的氮素吸收量均没有显著差异。

各处理的小麦总氮素吸收量差异显著,行 1 以处理 N2 最大,为 110.29 kg/hm²;其次是处理 N3,为 109.16 kg/hm²;处理 N0 最小,为 51.79 kg/hm²。行 2 以处理 N3 最大,为 117.51 kg/hm²;其次是处理 N2,为 109.43 kg/hm²;处理 N0 最小,为 51.97 kg/hm²。处理 N1、N2、N3、N4 的平均氮肥利用率为 65.04%、48.32%、34.14%、21.18%。

2.4 肥料效应

根据小麦不同氮肥用量试验的产量结果用一元二次方程拟合出产量 y 和施氮量 x 的关系式(图 2),即氮肥的效应方程: $y = -0.024 3x^2 + 13.462x + 5729.6$ ($r^2 = 0.918 3$),按照当年当地的小麦收购价 3.0 元/kg、氮肥价格 2.6 元/kg,由氮肥的效应方程可得出:最大施氮量为 277 kg/hm²,最佳施氮量为 253 kg/hm²,最大施氮量小麦产量为 7 594 kg/hm²,最佳施氮量小麦产量为 7 580 kg/hm²。

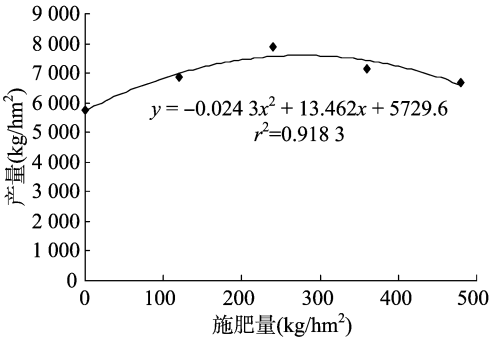


图2 氮肥用量和小麦产量的关系

3 讨论与结论

氮是植物必需的营养元素,氮肥对于提高作物产量、改善

农产品质量有重要作用。研究表明,施用氮肥可显著提高小麦产量,对小麦产量的贡献率可达 20% 以上^[8]。然而过量施用氮肥,非但不能增加小麦的产量,还会造成小麦减产、资源浪费、环境污染等问题。因此,确定小麦氮肥的合理施用量非常重要。不同地区小麦适宜的施氮量有很大差异。张福锁等研究认为,华北平原高产地块冬小麦氮素的需求量为 174 kg/hm^2 ^[9];李裕元等研究表明,豫西黄土丘陵区小麦适宜施氮量为 138 kg/hm^2 ^[10];赵新春等认为,施氮量 80 kg/hm^2 是黄土高原南部小麦的最佳氮肥施用量^[11];孔令聪等研究认为,小麦在淮北地区中等肥力地块的适宜施氮量为 $150 \sim 225 \text{ kg/hm}^2$ ^[12]。而新疆奇台县滴灌冬小麦氮肥平均用量为 322.4 kg/hm^2 ,已大大高于其他地区的氮肥合理施用量。本研究认为,施氮能够显著增加小麦的产量,处理 N1、N2、N3、N4 的小麦产量分别比处理 N0 提高了 19.18%、36.90%、24.60%、16.27%,小麦产量随着施氮量的增加呈现先增加后下降的趋势。施氮量为 253 kg/hm^2 时,小麦产量可达 $7\,580 \text{ kg/hm}^2$ 。

作物产量的形成是产量构成因子共同作用的结果。张炳勇等认为,适当增施氮肥可促进小麦穗的发育,使单位面积穗数和穗粒数增加,提高粒质量,最终提高小麦产量^[8]。在本试验不同氮肥处理下,小麦穗粒数随施氮量的增加呈现出先增加后减少的趋势,进一步对小麦干物质积累与分配进行分析,可以看出小麦的籽粒干物质量随施氮量的增加呈现出先增加后减少的趋势,而叶片的干物质量表现为随施氮量的增加而增加,说明施用氮肥会增强小麦的营养生长,过量施用氮肥后营养生长会对生殖生长造成抑制作用,进而影响小麦的籽粒产量,并且与本研究氮素在小麦茎、叶和籽粒中的分配规律相一致。最终由氮肥的效应方程可得出:滴灌冬小麦在新疆奇台的最大施氮量为 277 kg/hm^2 ,最佳施氮量为 253 kg/hm^2 。本研究结果与前人对作物氮肥利用规律的研究结果^[13-16]相一致,冬小麦的施氮量会由于品种、气候、地域等差异而有所变化。因此,在实际生产中须要根据具体情况进行适当调整^[17-22]。

参考文献:

- [1] 胡 诚,乐群芬,孙 斌,等. 氮肥用量与施用方法对土壤养分与小麦生长的影响[J]. 西南农业学报,2017,30(9):2017-2023.
- [2] 安婷婷,侯小畔,周亚男,等. 氮肥用量对小麦开花后根际土壤特性和产量的影响[J]. 中国农业科学,2017,50(17):3352-3364.
- [3] 窦晓静,张彦红,耿庆龙,等. 施氮量对春小麦生长及土壤养分积累的影响[J]. 新疆农业科学,2017,54(7):1191-1199.
- [4] 乔江飞,赖 宁,耿庆龙,等. 不同滴灌年限小麦土壤养分积累时空变异特征[J]. 新疆农业科学,2017,54(4):667-674.
- [5] 吴晓丽,李朝苏,汤永禄,等. 氮肥运筹对小麦产量、氮素利用效率和光能利用率的影响[J]. 应用生态学报,2017,28(6):1889-1898.
- [6] 侯云鹏,韩立国,孔丽丽,等. 不同施氮水平下水稻的养分吸收、转运及土壤氮素平衡[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(4):836-845.
- [7] 纪德智,王 端,赵京考,等. 不同氮肥形式对玉米氮、磷、钾吸收及氮素平衡的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(4):104-109.
- [8] 张炳勇,崔日鲜. 氮肥运筹对冬小麦光合特性和产量的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2010,27(3):195-199,204.
- [9] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [10] 李裕元,郭永杰,邵明安. 施肥对丘陵旱地冬小麦生长发育和水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究,2000,18(1):15-21.
- [11] 赵新春,王朝辉. 半干旱黄土区不同施氮水平冬小麦产量形成与氮素利用[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(5):65-70,91.
- [12] 孔令聪,汪建来,曹承富,等. 主要栽培措施对中筋小麦莜麦 44 产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2004,24(4):84-87.
- [13] 何晓雁,郝明德,李慧成,等. 黄土高原旱地小麦施肥对产量及水肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(6):1333-1340.
- [14] 潘圣刚,翟 晶,曹凑贵,等. 氮肥运筹对水稻养分吸收特性及稻米品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(3):522-527.
- [15] 潘圣刚,曹凑贵,蔡明历,等. 不同灌溉模式下氮肥水平对水稻氮素利用效率、产量及其品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(2):283-289.
- [16] 郝明德,王旭刚,党廷辉,等. 黄土高原旱地小麦多年定位施用化肥的产量效应分析[J]. 作物学报,2004,30(11):1108-1112.
- [17] 姜丽娜,齐冰玉,徐光武,等. 水氮对根箱种植冬小麦根系生长及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):42-45.
- [18] 孟自力,王和洲,闫向泉,等. 施氮量对小麦商麦 156 光合特性、冠层光截获及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):76-79.
- [19] 毛祥敏,钟雯雯,王兴亚,等. 种植方式与施氮量对小麦光合特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(3):56-60.
- [20] 李 彬,张 旭,仲 敏,等. 不同基施氮肥量对冬小麦产量的影响[J]. 农业科学研究,2018,39(1):40-43.
- [21] 何 杰,张敬昇,王昌全,等. 包膜控释氮肥配施尿素对冬小麦产量与氮素积累及利用的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(3):1-8.
- [22] 张礼军,张耀辉,鲁清林,等. 耕作方式和氮肥水平对旱地冬小麦籽粒品质的影响[J]. 核农学报,2017,31(8):1567-1575.