

刘欢,宋凌麒,田丽云,等. 减氮对小麦拔节期养分含量及植株生理性状的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(15):84-88.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.15.013

减氮对小麦拔节期养分含量及植株生理性状的影响

刘欢¹, 宋凌麒¹, 田丽云¹, 盛海君^{1,2,3}

[1. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏扬州 225127; 2. 江苏省有机固体废弃物资源化协同创新中心, 江苏南京 210095;
3. 农业农村部耕地质量监测与评价重点实验室(扬州大学), 江苏扬州 225127]

摘要: 试验设置了不同氮肥用量(正常施氮量、减氮 10%、减氮 15% 和不施氮)田间试验, 研究适度减氮对拔节期小麦氮、磷、钾营养及主要生物学特性的影响, 为小麦适度减氮及中后期合理追肥提供参考。结果表明, 与正常施氮处理相比, 减氮 10% 条件下, 小麦展 1 叶和展 2 叶的叶片中叶绿素含量、植株干物质积累量略有增减(+1.15%、-0.40%、-8.59%)但无显著差异, 无缺氮性状出现, 且群体茎蘖数提高(+4.88%), 减氮 10% 处理小麦植株全氮含量略有减少但差异不显著, 全磷、全钾含量亦无显著差异, 全氮、磷、钾积累量有所下降但差异不显著; 减氮 15% 以上会影响叶绿素合成, 展 2 叶 SPAD 值显著下降, 干物质积累量和群体茎蘖数下降, 植株全氮、磷、钾含量及积累量显著下降, 需要拔节期适度增加追肥量来满足植株生长需求。

关键词: 施氮量; 小麦; 氮磷钾营养; 生物学特性

中图分类号: S512.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)15-0084-05

小麦是当前世界上最重要的粮食作物之一, 是世界上近 1/3 人口的生活主食^[1-2]。很多研究证明, 播种期、小麦品种、水分供应和气候等各种因素都会对小麦产量产生影响, 其中施氮量的影响非常大^[3-6]。

施氮量与小麦生长之间存在的密切关系早已引起人们的广泛关注^[7-11]。生产中氮肥施用偏多, 不仅带来资源浪费, 也造成环境污染。如何根据小麦自身的养分需求特征, 合理、准确、定量地施用氮肥, 在稳产高产的基础上提高氮肥利用效率, 减少浪费, 提高效益, 是当前研究的热点之一。本试验拟研究适度减氮对拔节期小麦植物体中氮、磷、钾养分含量以及小麦主要生物学特性的影响, 以为优化后期施肥、提高小麦产量和品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2020—2021 年在扬州大学农学院试验田(119°42'E, 32°39'N)进行。播种前取样, 测定基础地力, 其中有机质含量为 23.93 g/kg, 全氮含量为 1.40 g/kg, 碱解氮含量为 101.14 mg/kg, 速效磷含量为 70.94 mg/kg, 速效钾含量为 145.21 mg/kg。试验前进行秸秆还田处理(9 t/hm²), 即采用人工的方式将已经被机械切碎成 5 cm 左右的水稻短秆均匀铺撒于小区。秸秆混入土层需要旋耕, 旋耕深度为 15 cm 左右。供试氮肥为含氮 46% 的普通尿素, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为氯化钾。小麦品种为扬麦 29, 为当地大面积推广品种。

1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计, 试验设 4 个处理, 分别是正常施氮量(纯 N 240 kg/hm²)、减氮 10%、减氮 15%、不施氮。

氮肥(按质量计)按照基肥、壮蘖肥、拔节肥、孕穗肥质量比为 5:1:2:2 施用。磷(P₂O₅)、钾(K₂O)均为 120 kg/hm², 按基肥和拔节肥各 50% 施入。2020 年 10 月 31 日播种, 待出苗后按基本苗 225 万株/hm² 定苗, 按高产田方式进行管理。小区面积 12 m², 重复 3 次。

收稿日期: 2021-09-22

基金项目: 江苏省研究生科研与实践创新计划(编号: SJCX21_1606); 国家重点研发计划(编号: 2018YFD0200500); 江苏省现代农业(小麦)产业技术体系项目(编号: JATS[2021]503); 江苏高校优势学科建设工程项目; 江苏省和扬州大学优秀科技创新团队项目。

作者简介: 刘欢(1996—), 男, 江苏淮安人, 硕士研究生, 研究方向为农业资源高效利用。E-mail: 1624825852@qq.com。

通信作者: 盛海君, 硕士, 高级农艺师, 硕士生导师, 主要从事农业资源高效利用与设施障碍土壤修复研究。E-mail: hjsheng@yzu.edu.cn。

1.3 测定项目与测定方法

1.3.1 苗高 于拔节期(展3叶)用直尺测量小麦苗高,苗高测量部位是从小麦的茎基到叶片的顶端。

1.3.2 植株氮、磷、钾含量 于拔节期(展3叶)每处理取样20株,烘干后称质量,粉碎,用于养分测定。方法如下:全氮(不含硝态氮)含量采用硫酸-双氧水消煮,靛酚蓝比色法测定;硝态氮含量采用热水提取,水杨酸法测定;全氮(含硝态氮)含量=全氮(不含硝态氮)含量+硝态氮含量;全磷含量采用硫酸-双氧水消煮,钼锑抗比色法测定;全钾含量采用硫酸-双氧水消煮,火焰分光光度法测定。

1.3.3 土壤有效氮、有效磷、速效钾含量 于拔节期(展3叶),每处理取20 cm土样,采用5点取样,风干后粉碎过筛,进行相关养分测定,方法如下:有效磷含量采用碳酸氢钠浸提,钼锑抗分光光度法测定;有效氮含量采用碱解扩散法测定;速效钾含量采用乙酸铵浸提,火焰分光光度法测定。

1.3.4 叶绿素含量 于拔节期(展3叶)每处理取样20株,使用叶绿素测定仪测定小麦的展1叶和展2叶叶片的SPAD值(30张叶片的平均值)。测定部位是叶片的中间部位(避开叶片的叶脉部位)。

1.3.5 生物量 于拔节期(展3叶)每处理取样20株,用烘干称重法测定干质量,通过计算得出每公顷的生物量。

1.3.6 茎蘖数 于拔节期(展3叶)先在田间用计数法测出每平方米的小麦茎蘖数,再通过计算得出每公顷的总茎蘖数。

1.4 数据处理及分析方法

利用 Excel 2010 软件处理试验数据。采用 SPSS 19.0 统计软件对数据进行差异显著性检验(LSD法)。

2 结果与分析

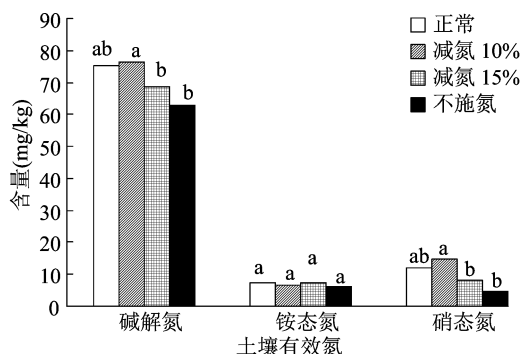
2.1 施氮量对小麦拔节期土壤有效氮、有效磷、速效钾含量的影响

如图1所示,土壤中碱解氮数值变化离不开土壤中投加氮肥的作用。土壤中碱解氮含量最大值为76.55 mg/kg,为减氮10%处理;其次是正常施氮处理,为75.30 mg/kg;不施氮处理最小,只有62.74 mg/kg。跟正常施氮处理相比,减氮15%和不施氮处理分别下降了8.66%、16.70%,而减氮10%处理土壤中碱解氮含量虽然略有增加但差异不显著。

土壤中硝态氮含量变化趋势与碱解氮一致。

对于硝态氮含量来说,最大值出现在减氮10%处理,其次是常规施氮处理、减氮15%处理、不施氮处理。跟正常施氮处理作比较,减氮15%和不施氮处理的土壤中硝态氮含量呈现下降趋势,而减氮10%处理土壤中碱解氮含量虽然略有增加但差异不显著。

土壤中铵态氮含量变化与施氮量之间的关系不紧密,其含量在土壤的全部处理中都处于一个相对较低的水平。



不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下图同
图1 不同施氮量处理土壤中有效氮含量

如表1所示,施氮量与土壤有效磷含量呈负相关,即随着施氮量的减少,土壤有效磷含量明显增加,最多(不施氮处理)增加了40.60%,差异达到了显著水平。

表1 不同施氮量处理土壤中有效磷含量

处理	有效磷含量 (mg/kg)	增加幅度 (%)
正常	63.87 ± 13.84b	
减氮10%	70.99 ± 2.55b	11.15
减氮15%	75.81 ± 4.82ab	18.69
不施氮	89.80 ± 0.68a	40.60

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

由表2可知,不同处理土壤中速效钾含量变化趋势与有效磷表现一致,施氮量与土壤中速效钾含量也呈负相关关系,即随着施氮量的减少,土壤中速效钾含量明显增加,与对照(正常施氮处理)相比,减氮10%、减氮15%和不施氮处理中速效钾含量分别增加了3.62%、6.52%和23.91%。

2.2 施氮量对拔节期小麦植物体内氮、磷、钾含量及积累量的影响

2.2.1 对氮、磷、钾含量的影响 如图2所示,施氮量明显影响小麦体内全氮(含硝态氮)含量,其中正

表 2 不同施氮量处理土壤中速效钾含量

处理	速效钾含量 (mg/kg)	增加幅度 (%)
正常	138 ± 8.53b	
减氮 10%	143 ± 1.67b	3.62
减氮 15%	147 ± 15.31b	6.52
不施氮	171 ± 1.51a	23.91

常处理小麦体内全氮(含硝态氮)含量最高,为 24.04 g/kg,其次是减氮 10% 处理,为 23.66 g/kg,不施氮处理最小,只有 15.24 g/kg。与正常施氮处理相比,减氮 10% 处理小麦中全氮(含硝态氮)含量略有减少但差异不显著,减氮 15% 和不施氮处理小麦中全氮(含硝态氮)含量显著下降,分别比常规施氮处理下降了 14.85% 和 36.61%。

施氮量对小麦中全氮(不含硝态氮)含量的影响与全氮(含硝态氮)是相同的。即正常施氮处理小麦中全氮(不含硝态氮)含量 > 减氮 10% 处理 > 减氮 15% 处理 > 不施氮处理。与正常施氮处理相比,减氮 10% 处理小麦中全氮(不含硝态氮)含量略有减少但差异不显著,减氮 15% 和不施氮处理小麦中全氮(不含硝态氮)含量显著减少。

不同施氮量处理小麦植株体内硝态氮含量水平较低。施氮量与小麦硝态氮含量之间无明显相关性。

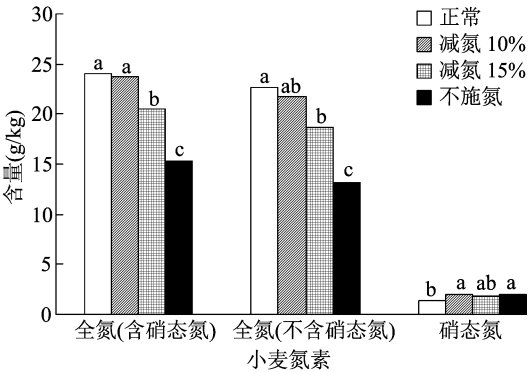


图2 不同施氮量处理小麦体内氮素含量

由表 3 可知,适量减氮(减氮 10%)对小麦植株体内磷浓度无明显影响,减氮 15% 和不施氮处理小麦体内磷含量显著下降,分别比对照(正常施氮处理)下降了 6.65% 和 24.10%。施氮量与小麦体内钾含量之间没有明显的相关性。

2.2.2 对氮、磷、钾积累量的影响 施氮量同样影响小麦体内氮素积累量(图 3)。试验表明,正常处理小麦体内全氮(含硝态氮)积累量最高,为 344 kg/hm²,其次是减氮 10% 处理,为 312 kg/hm²,二者差异不显著。减氮 15% 和不施氮处理小麦中

表 3 不同施氮量处理小麦体内磷、钾含量

处理	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)
正常	3.61 ± 0.18a	22.61 ± 1.05a
减氮 10%	3.64 ± 0.29a	22.07 ± 1.53a
减氮 15%	3.37 ± 0.06b	20.03 ± 0.42b
不施氮	2.74 ± 0.69c	22.88 ± 0.11a

全氮积累量显著下降,分别比常规施氮处理下降了 39.53% 和 87.50%。

由于不同处理小麦体内硝态氮积累量都不高,因此加不加硝态氮对全氮影响不大,全氮(不含硝态氮)和全氮(含硝态氮)二者表现完全一致。

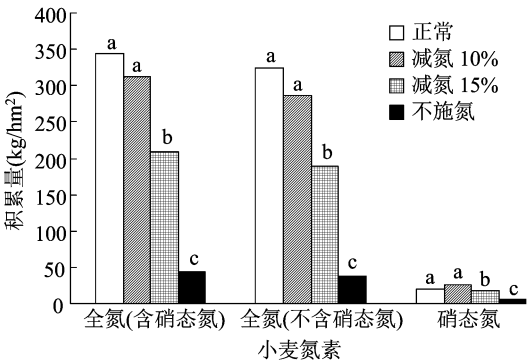


图3 不同施氮量处理小麦中氮素积累量

由表 4 可知,不同处理小麦体内磷积累量随施氮量的减少急剧下降,与对照相比,减氮 10%、减氮 15% 和不施氮处理磷积累量分别减少了 8.63%、34.40%、85.15%,其中减氮 15% 和不施氮 2 个处理与对照处理的差异达到了显著水平。

表 4 不同施氮量处理小麦体内磷积累量

处理	磷积累量 (kg/hm ²)	增加幅度 (%)
正常	52.26 ± 9.50a	
减氮 10%	47.75 ± 7.77a	-8.63
减氮 15%	34.28 ± 2.76b	-34.40
不施氮	7.76 ± 0.19c	-85.15

由表 5 可知,施氮量对小麦体内钾积累量的影响与磷一致,即随着施氮量的减少,小麦体内钾积累量明显减少,与对照(正常施氮处理)相比,减氮 10%、减氮 15% 和不施氮处理小麦体内钾积累量分别减少了 10.12%、37.42%、80.37%。

2.3 施氮量对拔节期小麦主要生物学特性的影响
2.3.1 对叶绿素含量(SPAD 值)的影响 如表 6 所示,减氮 10% 不会影响小麦功能叶片中叶绿素含量,与正常施氮处理相比,减氮 10% 处理小麦展 1 叶

表 5 不同施氮量处理小麦体内钾积累量

处理	钾积累量 (kg/hm ²)	增加幅度 (%)
正常	326 ± 50.92a	
减氮 10%	293 ± 66.37a	-10.12
减氮 15%	204 ± 14.47b	-37.42
不施氮	64 ± 0.32c	-80.37

表 6 不同施氮量处理小麦叶片叶绿素含量

处理	展 1 叶		展 2 叶	
	叶绿素含量 (SPAD 值)	增加幅度 (%)	叶绿素含量 (SPAD)	增加幅度 (%)
正常	45.13 ± 2.93a		50.36 ± 0.49a	
减氮 10%	45.65 ± 1.45a	1.15	50.16 ± 1.48a	-0.40
减氮 15%	43.68 ± 1.00a	-3.21	45.81 ± 2.00b	-9.03
不施氮	33.75 ± 2.05b	-25.22	35.30 ± 0.57c	-29.90

和展 2 叶叶片中叶绿素含量略有增减但相差不大,减氮 15% 以上会影响叶绿素合成,SPAD 值出现明显下降。

2.3.2 对群体茎蘖数的影响 如表 7 所示,减氮 10% 处理小麦群体茎蘖数最高,为 1 031 万个/hm²,比正常施氮处理(983 万个/hm²)高出 4.88%,减氮 15% 处理小麦群体茎蘖数略有下降,但与正常施氮处理相比差异不显著。不施氮处理茎蘖数显著减少,比常规施氮处理下降了 60.53%。

表 7 不同施氮量处理小麦群体茎蘖数

处理	总茎蘖数 (万个/hm ²)	增加幅度 (%)
正常	983 ± 13a	
减氮 10%	1 031 ± 102a	4.88
减氮 15%	911 ± 172a	-7.32
不施氮	388 ± 33b	-60.53

2.3.3 对小麦苗高及干物质积累量的影响 由表 8 可知,减施氮肥对小麦株高有明显的抑制作用,并对积聚在小麦体内的干物质造成影响。正常施氮处理的小麦苗高长势最好,减氮 10%、减氮 15% 和不施氮处理拔节期小麦苗高分别下降了 8.00%、12.75% 和 30.43%。干物质积累量也明显减少,最多(不施氮处理)减少了 80.26%,与对照(正常施氮处理)相比,差异达到了显著水平。

3 讨论与结论

3.1 讨论

小麦的粮食属性以及我国人口众多的特点决定

表 8 不同施氮量处理小麦苗高及干物质积累量

处理	苗高 (cm)	干物质积累量 (t/hm ²)
正常	62.27 ± 5.15a	14.44 ± 2.54a
减氮 10%	57.29 ± 5.80b	13.20 ± 2.62ab
减氮 15%	54.33 ± 5.08c	10.19 ± 0.99b
不施氮	43.32 ± 5.08d	2.85 ± 0.03c

了其在农产品中不可或缺的地位,而这种粮食作物最后产量的多少取决于其在关键时期能否得到充足的氮素供应,由此可见,小麦的生长离不开氮素供应。施氮量对小麦土壤中速效氮、磷、钾含量的影响被众多研究者所关注^[12-19]。吕敏娟等针对冬小麦探讨了施氮量是否会影响土壤氮素平衡,结果发现,硝态氮在土层中的聚积与土中添加氮肥有直接关系,过量的氮素加入到土层中则会起反作用,肥料不被充分利用的同时也危害到环境^[12]。郭丽等研究认为,在施氮量低于 240 kg/hm² 时,硝态氮在土层中不会增加,超过临界值后,土地种植年限越久,硝态氮越容易聚积^[13]。

本试验结论与吕敏娟等的研究结论^[12]不一致,本研究中减氮 10% 处理对小麦拔节期土壤中的硝态氮含量比正常施氮处理高 19.72%,说明在一定范围减少施氮量并不会导致土壤中氮素的下降,反而会提高土壤中氮素的含量。

施氮量影响小麦植物体内氮磷钾的积累^[11,20-22]。李升东等研究认为,添加少于 207 kg/hm² 的氮肥,氮素就会被较好利用,当施氮量超过这个限度,氮素将不能被合理利用^[11]。本试验表明,与常规施氮量处理相比,减氮 10% 处理小麦植物体内全氮含量略有减少但差异不显著,减氮 15% 以上全氮、磷、钾含量及积累量显著下降,这与李升东等的研究结论^[11]相一致。向土壤中投入的氮肥越多,小麦体内全氮的总量会出现对应的上涨趋势。

施氮量影响小麦主要生物学特性^[8,23-24],葛君等的研究关注了施氮量与 SPAD 值的关系,SPAD 值出现与氮素同步增加的情况需要保证向土中投加小于 245 kg/hm² 的氮肥。土中投入的氮肥一旦达到临界点 315 kg/hm² 时,SPAD 值反而降低^[8]。本研究中小麦展 2 叶结论与葛君等的研究^[8]相一致,随着施氮量的增加,SPAD 值也会相应的增加。

生产中拔节期是小麦重要的追施时间,十分有利于小麦小穗分化、发育与结实,并有利于提高粒质量。从本试验结果可以看出,适度减氮并没有出

现植株缺氮现象,且植株 P、K 含量还出现上升的趋势,有利于提高植株抗逆性和生产性能(K 可提高植株抗倒性、抗病性,P 可提高小花结实率),再结合小麦生育后期的适度管理,可能更有利于稳产高产抗逆生态。

3.2 结论

通过设置不同氮肥用量田间试验,研究施氮量对拔节期小麦氮、磷、钾营养及主要生物学特性的影响,得到如下基本结论:(1)施氮量影响小麦拔节期土壤中有效氮、磷、钾含量。与正常施氮处理相比,减氮 10% 处理土壤中碱解氮含量略有增加但差异不显著,减氮 15% 和不施氮处理土壤中碱解氮含量明显下降;有效磷和速效钾含量与施氮量负相关,即随施氮量减少而增加,与对照(正常施氮处理)相比,减氮 10%、减氮 15% 和不施氮处理中有效磷含量分别增加了 11.15%、18.69% 和 40.60%,速效钾含量分别增加了 3.62%、6.52% 和 23.91%。(2)施氮量影响小麦植株对氮磷钾养分的吸收。随施氮量的减少,植株体内氮磷钾积累量明显减少,与对照(正常施氮)相比,适量减氮(减氮 10% 处理)植株体内氮磷钾积累量略有下降但差异不显著,减氮 15% 和不施氮处理小麦体内氮磷素积累急剧下降;植株体内氮磷浓度随施氮量减少而减少,钾浓度与施氮量之间无明显的相关性。(3)施氮量与拔节期小麦叶片中叶绿素含量(SPAD 值)及群体茎蘖数有相关性,但适量减氮(减氮 10%)不会导致叶绿素含量及群体茎蘖数明显下降,减氮 15% 以上会影响叶绿素合成,SPAD 值出现明显下降,群体茎蘖数也明显下降。(4)减施氮肥对小麦苗高有明显的抑制作用,进而影响了干物质的积累。与对照(正常施氮处理)相比,减氮 10%、减氮 15% 和不施氮处理拔节期小麦苗高分别下降了 8.00%、12.75% 和 30.43%,干物质积累量分别减少了 8.59%、29.43% 和 80.26%。

参考文献:

- [1]董永利,李 森,侯 佐,等. 陕西关中麦区不同播期和播量对小麦西农 20 产量和品质的影响[J]. 陕西农业科学,2019,65(5): 1-4.
- [2]曹承富,孔令聪,汪建来,等. 氮素营养水平对不同类型小麦品种品质性状的影响[J]. 麦类作物学报,2004,24(1):47-50.
- [3]周晓虎,贺明荣,代兴龙,等. 播期和播量对不同类型小麦品种产量及氮素利用效率的影响[J]. 山东农业科学,2013,45(9): 65-69.
- [4]邢 瑶,马兴华. 氮素形态对植物生长影响的研究进展[J]. 中国农业科技导报,2015,17(2):109-117.
- [5]姚 姣. 不同施氮量对作物产量及土壤氮素含量的影响[D]. 保定:河北农业大学,2011:1-46.
- [6]毛 伟,曾洪玉,李文西,等. 不同土壤肥力下有机氮部分替代化学氮对小麦产量构成及土壤养分的影响[J]. 江苏农业学报,2020,36(5):1189-1196.
- [7]阎佩云,姬苗苗,顾田英. 不同施氮水平对小麦幼苗抗氧化酶及叶绿素含量的影响[J]. 陕西农业科学,2020,66(1):3-7.
- [8]葛 君,姜晓君. 施氮量对小麦旗叶光合特性、SPAD 值、籽粒产量及碳氮代谢的影响[J]. 天津农业科学,2019,25(3):1-4.
- [9]姜丽娜,张雅雯,朱娅林,等. 施氮量对不同品种小麦物质积累、转运及产量的影响[J]. 作物杂志,2019(5):151-158.
- [10]赵俊峰,于振文,李延奇,等. 施氮量对小麦氮磷钾养分吸收利用和产量的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(1):98-103.
- [11]李升东,张卫峰,王法宏,等. 施氮量对小麦氮素利用的影响[J]. 麦类作物学报,2016,36(2):223-230.
- [12]吕敏娟,陈 帅,辛思颖,等. 施氮量对冬小麦产量、品质和土壤氮素平衡的影响[J]. 河北农业大学学报,2019,42(4):9-15.
- [13]郭 丽,王丽英,张彦才,等. 滴灌水肥一体化下施氮量对小麦氮素吸收及土壤硝态氮含量的影响[J]. 华北农学报,2017,32(3):207-213.
- [14]文 雯,李 鑫,李鲁华,等. 施氮量对北疆滴灌春小麦—青贮玉米氮素利用率及土壤硝态氮的影响[J]. 新疆农业科学,2019,56(4):610-623.
- [15]姜东燕,于振文,许振柱. 灌溉量和施氮量对冬小麦产量和土壤硝态氮含量的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(2):364-368.
- [16]姜东燕,于振文. 灌溉量对冬小麦产量和土壤硝态氮含量的影响[J]. 土壤通报,2008,39(3):703-705.
- [17]孙景玲. 施氮量和灌溉量对小麦/玉米间作土壤硝态氮含量的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009:1-55.
- [18]刘广东. 喷灌条件下施氮量对土壤硝态氮含量及作物氮肥利用率的影响[D]. 太原:太原理工大学,2012:1-70.
- [19]蒋会利,温晓霞,廖允成. 施氮量对冬小麦产量的影响及土壤硝态氮运转特性[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(1):237-241.
- [20]Efretuei A, Gooding M, White E, et al. Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland[J]. Irish Journal of Agricultural and Food Research,2016,55(1):63-73.
- [21]李亚静,郭振清,杨 敏,等. 施氮量对强筋小麦氮素积累和氮肥农学利用效率的影响[J]. 麦类作物学报,2020,40(3): 343-350.
- [22]赵新春. 小麦的氮效率及施氮对小麦氮、磷、钾吸收与转运的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010:1-48.
- [23]王小明,王振峰,张新刚,等. 不同施氮量对高产小麦茎蘖消长、花后干物质积累和产量的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(5):1-8.
- [24]安 霞,张海军,蒋方山,等. 施氮量对小麦鲁原 502 干物质积累、转运及产量的影响[J]. 山东农业科学,2018,50(7):112-115.