

蔡雨,刘晓侠,吴娜,等.灌溉定额对春播裸燕麦土壤氮素的影响[J].江苏农业科学,2016,44(10):165-168.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.042

# 灌溉定额对春播裸燕麦土壤氮素的影响

蔡雨<sup>1</sup>,刘晓侠<sup>1</sup>,吴娜<sup>1</sup>,刘吉利<sup>2</sup>,宗晓芳<sup>1</sup>

(1.宁夏大学农学院,宁夏银川 7500212; 2.宁夏大学新技术应用研究开发中心,宁夏银川 750021)

**摘要:**在大田条件下,采用随机区组设计,研究 60、100、140、180、220 mm 5 种滴灌定额与 220 mm 传统灌溉(CK)对裸燕麦土壤不同土层氮素的影响,结果表明,100 mm 滴灌定额处理的裸燕麦,其土壤的全氮含量高于其他处理,并随着土层深度的增加而逐渐减少;60 mm 滴灌定额处理的裸燕麦,其不同土层土壤的硝态氮、铵态氮含量高于其他处理,随着土层深度的增加,硝态氮、铵态氮含量呈下降趋势;滴灌定额处理的硝态氮、铵态氮含量均高于传统灌溉(CK),传统灌溉易造成土壤硝态氮向下淋洗,不利于裸燕麦对氮素的吸收利用。

**关键词:**滴灌定额;裸燕麦;土壤氮素;硝态氮;铵态氮

**中图分类号:** S512.607;S512.606 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0165-03

燕麦是禾本科燕麦属(*Avena sativa* L.)1 年生长日照草本植物,喜寒凉,耐干旱,抗盐碱<sup>[1]</sup>,是我国半干旱、干旱地区的一种优势作物。作为牧草和饲草使用,燕麦产量高,营养成分丰富,成为世界各牧区重要的优质牧草<sup>[2-3]</sup>。氮素是影响植物生长发育、产量及品质的重要元素,是农作物生长吸收最多的营养元素<sup>[4]</sup>,而氮素的迁移深度和灌水量存在密切联系,合理的灌溉方式可以有效控制氮的淋失。张步钟等研究发现,0~40 cm 土层的土壤全氮量与小麦全生育期供水量呈线性负相关,而碱解氮则与全生育期供水量呈线性正相关<sup>[5]</sup>。杨开静等研究发现,综合考虑水分利用率和产量等因素,滴灌条件下灌水定额为 45 mm、灌溉定额为 350 mm 时,西北旱区春小麦可达到节水增产的目标,且比当地常规灌溉条件下高产田增产 3%~14%,节水 32%<sup>[6]</sup>。安巧霞等通过阿拉尔垦区棉田灌溉试验得出,硝态氮淋失量与灌水量呈对数相关<sup>[7]</sup>。因此,在作物生长发育环节,针对不同作物需水量给予充足的灌溉保障,能够极大程度地提升作物对土壤氮素的吸收利用率。

我国传统的灌溉方式多采用大水漫灌,不仅使水资源得不到充分利用,而且长期漫灌容易产生次生盐渍化等问题。滴灌作为一种新型的节水灌溉方式,实现了水资源的高效利用,也极大程度上解决了这一问题。本试验在我国干旱、半干旱农牧交错带,研究不同灌溉定额对燕麦不同生育期土层中氮素的影响,探讨氮素迁移和灌水量、灌溉方式的关系,为干旱、半干旱地区农田生态系统的健康可持续发展提供理论依据。

## 1 材料与与方法

收稿日期:2015-11-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201177)。

作者简介:蔡雨(1991—),男,山东临沂人,硕士研究生,从事作物高产栽培研究。E-mail:991588456@qq.com。

通信作者:吴娜,博士,副教授,主要从事作物高产栽培研究。  
E-mail:nawu2000@163.com。

### 1.1 试验材料

试验品种为裸燕麦(*Avena nuda* L.)白燕 8 号,由吉林省白城市农业科学院提供。

### 1.2 试验地概况

试验地白城市农业科学院。白城市位于吉林省西北部、嫩江平原西部、科尔沁草原东部,44°13'57"~46°18'N、121°38'~124°22'E,属温带大陆性季风气候;年均日照时数为 2 919.4 h,年均气温为 4.9℃,无霜期为 157 d;年均降水量为 407.9 mm,分布不均,秋冬雨雪少,春季降水少,2008 年、2009 年 4—7 月(燕麦生长期)的降水量分别为 140、136.8 mm。耕层土壤有机质含量为 12.4 g/kg,全氮含量为 0.859 g/kg,碱解氮、有效磷、有效钾含量分别为 66.6、14.2、71.8 mg/kg,土壤 pH 值为 6.86。前茬作物为燕麦。播前,一次性施入复合肥 300 kg/hm<sup>2</sup>,纯氮、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 的比例为 12:20:13。

### 1.3 试验设计

试验设 6 个灌溉定额处理(表 1),随机区组排列,重复 3 次。试验小区长、宽为 10 m×4 m,面积 40 m<sup>2</sup>;裸燕麦种植行距为 30 cm。试验小区之间深埋 50 cm 塑料进行隔离,防止不同小区之间的水分和养分相互影响。滴灌管布置在小区中间,滴头间距为 0.2 m,滴头距植株 0.15 m,滴头流量为 2 L/h。灌溉时,按各处理灌溉定额分别计算滴灌延续时间,用闸阀精确控制。每次灌水前后测定各处理土壤的含水量。

表 1 春播裸燕麦各处理的灌溉定额

处理	灌溉定额 (mm)	不同生育期的灌溉定额(mm)			
		三叶期	拔节期	抽穗期	灌浆期
W1	60	6	12	18	24
W2	100	10	20	30	40
W3	140	14	28	42	56
W4	180	18	36	54	72
W5	220	22	44	66	88
CK(传统灌溉)	220	40	40	60	80

### 1.4 指标测定

土壤全氮采用凯氏定氮法测定;土壤硝态氮、铵态氮采用 0.01 mol/L CaCl<sub>2</sub> 浸提,TRAACS 2000 流动分析仪测定。

1.5 数据分析

采用 SAS 8.2 软件进行方差分析;其他数据处理与分析采用 Microsoft Excel 软件。

2 结果与分析

2.1 灌溉定额对春播裸燕麦土壤全氮含量的影响

土壤全氮包括所有形式的有机氮素、无机氮素,是标志土壤氮素总量和供应植物有效氮素的源和库,综合反映土壤的氮素状况<sup>[8]</sup>。由表 2 可知,裸燕麦在拔节期和开花期时,与其

他处理相比,W2 处理土壤不同土层的全氮含量相对较高;裸燕麦开花期至拔节期,W5 处理的土壤全氮含量呈大幅上升趋势,其后呈下降趋势,收获期时基本回到拔节期时土壤的含氮量水平;裸燕麦不同生育期,随土层深度增加,土壤全氮含量多呈减小趋势;裸燕麦整个生育期,随生长发育期的推进,同一土层土壤的全氮含量基本呈先上升后下降趋势,裸燕麦开花期土壤的含氮量水平相对较高;裸燕麦各生育期同一土层全氮含量虽有不同,但不同灌溉定额处理间差异不显著( $P>0.05$ )。

表 2 灌溉定额对不同深度土层土壤的全氮含量影响

处理	拔节期时土壤全氮含量(g/kg)			开花期时土壤全氮含量(g/kg)			收获期时土壤全氮含量(g/kg)		
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm
W1	0.47	0.48	0.27	0.50	0.43	0.35	0.46	0.27	0.20
W2	0.60	0.50	0.35	1.32	0.86	0.70	0.60	0.50	0.32
W3	0.54	0.38	0.30	0.79	0.70	0.50	0.58	0.30	0.30
W4	0.56	0.34	0.29	0.94	0.68	0.47	0.51	0.33	0.28
W5	0.50	0.32	0.23	1.06	0.74	0.60	0.48	0.31	0.37
CK	0.62	0.35	0.26	0.77	0.64	0.62	0.63	0.29	0.39
LSD <sub>0.05</sub>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

注:表中 LSD<sub>0.05</sub>数据项标注“NS”表示同列数据处理间差异不显著( $P>0.05$ );标注“\*”表示同列数据处理间差异显著( $P<0.05$ )。表 3 同。

2.2 灌溉定额对裸燕麦土壤硝态氮含量的影响

2.2.1 裸燕麦主要生育期土壤硝态氮的变化 由图 1 可见,拔节期时,0~60 cm 土壤中的硝态氮含量相对较高,随着裸燕麦生育期的推进,各处理的土壤硝态氮含量逐渐降低;裸燕麦拔节期,随灌溉定额的增加,硝态氮含量呈下降趋势,其中,处理 W1、W2 与处理 W3、W4、W5、CK 差异显著( $P<0.05$ );裸燕麦开花期时,各处理土壤中的大量硝态氮被作物利用或随水下渗,0~60 cm 土壤中的硝态氮含量低于拔节期,处理 W1、W2 与处理 W3、W4、W5、CK 差异显著;裸燕麦成熟期时,各处理 0~60 cm 土壤中的硝态氮含量相对最低,处理 W1、W2、W4 与处理 W3、W5、CK 差异显著;在裸燕麦各个生育期,W1 处理的土壤硝态氮含量均高于 W2、W3、W4、W5、CK 处理。

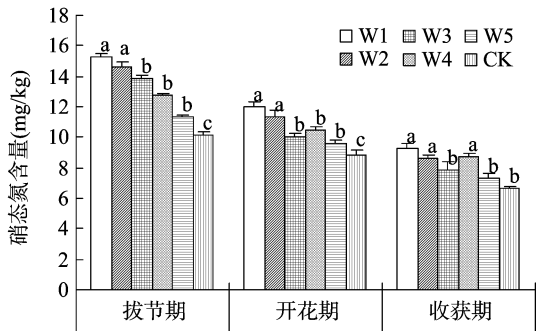
的硝态氮含量相对较高,灌溉定额较小的 W1 处理高于灌溉定额较大的 W5 和 CK 处理;随着土层加深,土壤硝态氮含量逐渐降低;开花期,各处理表层土壤的硝态氮含量低于拔节期,而 40~60 cm 土层土壤的硝态氮含量与拔节期几乎无差异;裸燕麦成熟期与拔节期、开花期相比,土壤硝态氮含量在各土层都有所降低;灌溉定额越大,各土层硝态氮的含量越低,不同处理间均有明显差异。

2.3 灌溉定额对裸燕麦土壤氨态氮含量的影响

由表 3 可见,不同灌溉定额下裸燕麦同一生育期时,随土层加深,土壤的铵态氮含量呈降低趋势;随生育期的推进,同一灌溉定额处理的裸燕麦各土层土壤的铵态氮含量也呈下降趋势,并于成熟期时达到最低,且 0~20、20~40 cm 土层中的铵态氮含量变化波动相对较大,40~60 cm 变化波动相对较小;随灌溉定额的增大,同一土层土壤的铵态氮含量呈降低趋势,高灌溉定额处理下土壤铵态氮含量明显低于低灌溉定额处理;传统灌溉处理低于灌溉定量处理;裸燕麦开花期时灌溉定额 W1 处理 0~20 cm 土层的铵态氮含量比传统灌溉(CK)高 62.96%,收获期时 W1 处理 20~40 cm 土层的铵态氮含量比传统灌溉(CK)高 64.15%,这说明高灌溉定额和传统灌溉易造成土壤铵态氮的淋洗。

3 结论与讨论

裸燕麦整个生育期间内,不同土层土壤的全氮含量在苗期至拔节期相对较低,可能是由于随着气候转暖,冻结的土壤开始融化,土壤微生物活性也逐渐增强,有机氮矿化量和氨挥发量(pH 值>9.0)随之增加,同时,植物开始生长,对有效态氮的吸收量增加,导致土壤全氮含量下降;进入抽穗开花期后,土壤全氮含量有所增加,可能是由于充足的雨热条件促进了有机质的矿化分解,同时凋落物的分解、有机氮湿沉降的输入都会带来养分的累积,氮素含量的增加随着灌水量的累加



同一组柱形图中标注不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )  
图1 裸燕麦 0~60 cm 土层土壤的总硝态氮含量

2.2.2 裸燕麦主要生育期 0~60 cm 土层土壤硝态氮的垂直分布 由图 2 可见,土壤硝态氮主要集中分布在 0~40 cm 土层;裸燕麦各生育期,0~60 cm 土层土壤的硝态氮垂直分布趋势基本一致;裸燕麦拔节期和开花期,0~20 cm 土层土壤

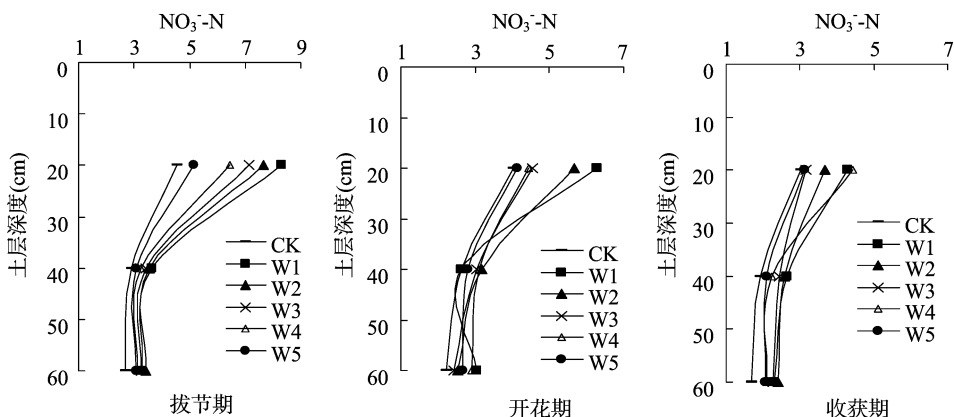


图2 裸燕麦 0~60 cm 土层硝态氮的垂直分布

表 3 不同灌溉定额对土壤铵态氮含量的影响

处理	拔节期时土壤铵态氮含量 (mg/kg)			开花期时土壤铵态氮含量 (mg/kg)			收获期时土壤铵态氮含量 (mg/kg)		
	0 ~ 20 cm	20 ~ 40 cm	40 ~ 60 cm	0 ~ 20 cm	20 ~ 40 cm	40 ~ 60 cm	0 ~ 20 cm	20 ~ 40 cm	40 ~ 60 cm
W1	3.40	3.06	2.85	2.64	2.18	1.92	2.40	1.97	1.66
W2	3.34	2.72	2.43	2.60	2.02	1.83	2.37	1.90	1.45
W3	3.17	2.67	2.41	2.58	1.85	1.73	1.80	1.46	1.27
W4	3.15	1.92	1.56	1.79	1.64	1.33	1.74	1.33	1.09
W5	2.42	1.64	1.43	1.85	1.60	1.53	1.58	1.35	0.99
CK	1.89	1.58	1.28	1.62	1.32	1.30	1.44	1.20	0.73
LSD <sub>0.05</sub>	*			*	*	*	*	*	*

而淋溶。张步舫等研究结果表明,土壤水分亏缺会造成土壤有机质分解速度加快而释放氮素养分,并在土壤中积累,从而导致土壤全氮量提高<sup>[5]</sup>,本试验结果与之较为一致。

硝态氮是植物能够直接吸收利用的速效性氮,不易被土壤胶体吸附,易随水淋洗到下部土层<sup>[9]</sup>。随着滴灌定额的增加,裸燕麦不同生育时期土壤中硝态氮的含量逐渐降低且显著高于对照,这说明水分亏缺可能不利于土壤中氮素的矿化硝化,水分过多则加速了硝态氮的运移,两者都不利于硝态氮在土壤中的滞留和被吸收。而李娜娜研究认为,灌水处理能够明显增加土壤硝态氮的累积<sup>[10]</sup>。考察裸燕麦主要生育时期不同土层硝态氮的垂直分布表明,土壤硝态氮主要集中分布在 0~40 cm 土层,燕麦植株对氮素的吸收也主要集中在该土层。吴璇等研究表明,设施土壤硝态氮含量最高值出现在土层 20 cm 处<sup>[11]</sup>,这与本试验结果存在一定差异,可能是由不同土壤存在差异所致。灌溉定额越大,土壤硝态氮越容易向下淋洗,土壤 0~60 cm 分布的氮素就越少,而作物需要消耗自身的能量吸收 60 cm 以下的养分,这不利于作物自身的生长;灌溉定额相对较小时,上层滞留氮素较多,使得 0~60 cm 的氮养分丰富,有利于作物根系对氮素的吸收利用。这与吴娜等研究结论<sup>[12]</sup>基本一致。

铵态氮是植物吸收的主要氮素形态,吸收量占吸收阴离子、阳离子总量的 70% 左右。本试验中,铵态氮含量显著低于硝态氮,是由于土壤的铵态氮会通过硝化作用迅速地转化为硝态氮<sup>[13]</sup>。姬景红等研究结果表明,不同滴灌灌水量可致使土壤有机质及不同形态有机氮含量存在差异,并对土壤的供肥、保肥能力产生一定影响<sup>[14]</sup>。与沟灌相比,滴灌处理下易分解的氨基酸态氮、氨态氮、氨基糖态氮占全氮的比例较高,滴灌效果最佳。张步舫等研究认为,土壤氮素的淋失与灌

溉方式和土壤水分含量有关,不合理的灌溉会引起土壤中氮素的淋失,灌水量或降水量越多,氮素淋失就越多<sup>[5]</sup>。本试验结果表明,灌溉方式和灌水量是影响 0~60 cm 土层中铵态氮含量变化的主要因素,滴灌条件下土壤硝态氮和铵态氮含量高于传统灌溉。

滴灌作为一种先进的灌水方式,不仅可以精确地控制灌溉水量,而且可以进行施肥灌溉,既保证作物可以获得必要的养分,又可以避免养分的淋失<sup>[15]</sup>。裸燕麦不同灌溉定额对土壤中氮素存在有不同的影响,滴灌定额过大或过小都不利于裸燕麦对氮素的吸收利用,裸燕麦以 60 mm 滴灌定额进行灌溉,可有利于增加土壤耕层的氮素营养。

### 参考文献:

- [1] 张向前,刘景辉,齐冰洁,等. 燕麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(2):168-174.
- [2] 章海燕,张 晖,王 立,等. 燕麦研究进展[J]. 粮食与油脂,2009(8):7-9.
- [3] 曲祥春,何中国,郝文媛,等. 我国燕麦生产现状及发展对策[J]. 杂粮作物,2006,26(3):233-235.
- [4] 贾志锋,周青平,韩志林,等. N、P 肥对裸燕麦生产性能的影响[J]. 草业科学,2007,24(6):19-22.
- [5] 张步舫,赵文智,张 炜. 春小麦调亏灌溉对土壤氮素养分的影响[J]. 中国生态农业学报,2008,16(5):1095-1099.
- [6] 杨开静,王凤新,马 丹,等. 滴灌灌水定额对西北旱区春小麦耗水和产量的影响研究[J]. 节水灌溉,2013(12):12-15,19.
- [7] 安巧霞,孙三民. 不同灌水量对阿拉尔垦区棉田土壤硝态氮淋失量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(3):154-157,167.
- [8] 李菊梅,王朝辉,李生秀. 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J]. 土壤学报,2003,40(2):232-238.

杨笑彦,朱建强. 6-BA 与氮磷钾肥配合运用对小麦抽穗期渍涝的减损效果[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):168-170.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.043

# 6-BA 与氮磷钾肥配合运用对小麦抽穗期渍涝的减损效果

杨笑彦,朱建强

(长江大学农学院,湖北荆州 434025)

**摘要:**在长江中下游地区,小麦生育后期因降水较多易受渍涝危害,对小麦生产影响较大。为减轻渍涝危害,在现有田间排水措施基础上综合运用其他措施显得很重要。针对主推品种郑麦 9023 抽穗期田间连续渍水 7 d 的情况,按完全随机区组进行试验设计,研究渍涝后喷施 6-苄氨基腺嘌呤(6-BA)和采用不同施肥处理的促生减损效果。结果表明,渍涝后喷施 6-BA 或采取 6-BA 与追肥(氮、磷、钾肥单施和配施),均可降低小麦叶片中的丙二醛含量、提高叶绿素含量,改善产量性状,减少产量损失。渍涝后仅喷施 6-BA 就能显著增加穗粒数,减少产量损失 1.97 百分点;而喷施 6-BA 后再采取追肥措施可进一步改善产量性状,从单株产量看,可减少产量损失 27.96~37.23 百分点。综合节肥和减损效果,在渍涝后喷施 6-BA 的同时,追施氮肥(以纯氮计,150 kg/hm<sup>2</sup>)或采取配施氮肥(以纯氮计,150 kg/hm<sup>2</sup>)、磷肥(以 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 计,90 kg/hm<sup>2</sup>)、钾肥(以 K<sub>2</sub>O 计,90 kg/hm<sup>2</sup>)的措施效果良好。

**关键词:**小麦;渍涝胁迫;6-苄氨基腺嘌呤;涝后追肥

**中图分类号:** S512.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0168-03

在小麦生长发育的中后期,长江中下游地区春雨较多,常造成麦田渍涝危害,对小麦生长代谢和产量均会造成一定影响<sup>[1-7]</sup>。渍水导致小麦根系缺氧而活力下降,吸收养分和水分的能力降低<sup>[2-3]</sup>,进而引起植株叶片的叶绿素含量减少、光合作用受到抑制<sup>[4]</sup>,影响植株干物质的积累与转运,最终导致产量下降与品质变劣<sup>[5-7]</sup>。相关研究表明,施用氮肥和植物生长调节物质均能调节作物群体的生理生态状况,提高其抗逆性并延缓衰老,从而提高作物产量和品质<sup>[8-12]</sup>。目前综合运用植物生长调节物质和营养调控以减缓小麦湿害研究还不多。本研究对抽穗期受渍涝胁迫的小麦喷施 6-苄氨基腺嘌呤(简称 6-BA),并采取氮磷钾肥配施,研究植物生长调节物质与营养调控相结合对缓解小麦渍涝危害的效果,以期对长江中下游小麦渍害治理提供技术依据。

收稿日期:2015-08-23

基金项目:公益性行业(农业)专项(编号:201203032);湖北省重点(优势)学科作物学(长江大学)(编号:2013XKJS)。

作者简介:杨笑彦(1980—),女,陕西乾县人,硕士研究生,主要从事作物逆境生理生态研究。E-mail:2650274669@qq.com。

通信作者:朱建强,博士,教授,主要从事农业渍涝灾害防御理论与技术研究。E-mail:zyjb@sina.com。

[9]陈晓远,高志红,刘振华. 供氮形态和水分胁迫对水稻生长及氮素积累和分配的影响[J]. 华北农学报,2009,24(6):116-122.

[10]李娜. 施氮与灌水对冬小麦土壤水、氮运移及产量的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2013.

[11]吴 漩,郑子成,李廷轩,等. 灌水对不同次生盐渍化水平设施土壤氮、磷迁移特征的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(4):23-28.

[12]吴 娜,刘吉利. 不同滴灌定额对春播裸燕麦氮磷钾质量分数

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试小麦品种为郑麦 9023,试验于 2013—2014 年在长江大学试验基地的测筒区进行。测筒试验区于 2007 年 5 月建成,筒内土壤取自试验基地旱田,按等容重分层回填。测筒封底,配备灌排设施,筒深 1.15 m、内径 0.71 m,每个测筒面积约 0.4 m<sup>2</sup>。播前将各测筒中的表土(20 cm 土层)取出,在谷场拌合均匀,再均分到每个测筒中,每筒基施氮磷钾复合肥(氮、磷、钾含量分别为 15%、15%、15%)50 g。2013 年 10 月 29 日条播小麦于测筒中,2014 年 5 月 22 日收获。

### 1.2 试验设计

在抽穗期,对测筒内小麦作渍水处理 7 d,水层 0~2 cm。渍水结束后,通过打开测筒底部排水阀将测筒内水位自土面降至 80 cm 以下(约 3 d),同时进行 6-BA(10 mg/L)与氮、磷、钾肥配施组合试验。以大田正常水分管理的小麦为 CK,以渍涝后不作任何补救的小麦为 CK<sub>1</sub>,以渍涝后仅喷施 6-BA 的小麦为 CK<sub>2</sub>。分别将不施氮、磷、钾肥记作 A<sub>1</sub>、B<sub>1</sub>、C<sub>1</sub> 处理,分别将在 CK<sub>2</sub> 基础上施氮肥(以纯氮计,150 kg/hm<sup>2</sup>)、施磷肥(以 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 计,90 kg/hm<sup>2</sup>)、施钾肥(以 K<sub>2</sub>O 计,

及产量性状的影响[J]. 西北农业学报,2014,23(9):44-49.

[13] Smicklas K D, Below F E. Role of nitrogen form in determining yield of field-grown maize [J]. Crop Science, 1992, 32(5): 1220-1225.

[14] 姬景红,张玉龙,黄 毅,等. 灌溉方法对保护地土壤有机氮组分及剖面分布的影响[J]. 水土保持学报,2007,21(6):99-104.

[15] 吕殿青,同延安,孙本华,等. 氮肥施用对环境污染影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报,1998(1):8-15.