文章编号:1672 - 3317(2018)10 - 0081 - 06

水肥互作对大豆产量及氮肥利用的影响

孙云岭[1],杨树青[1*],刘德平[2],刘 敏[1],符 鲜[1]
(1.内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018; 2.东北农业大学, 哈尔滨 150030)

摘 要:【目的】改善呼伦贝尔市阿荣旗地区"雨养农业"及过量施肥造成的单产低、产量不稳、肥料利用率低、氮素残留量过高的现状。【方法】试验设置3种灌水水平,分别为低水(W1:600 m^3/hm^2)、中水(W2:1 000 m^3/hm^2)、高水(W3:1 400 m^3/hm^2),并设置3种施肥水平分别为低氮(N1:70 kg/hm^2)、中氮(N2:95 kg/hm^2)、高氮(N3:120 kg/hm^2),同时设置当地常规处理(W0N3)与空白处理(W0N0),研究了水氮互作对大豆产量、肥料利用效率及氮素残留的影响。【结果】水氮互作对产量影响较大,高水中氮(W3N2)处理增产59.2%。施氮量较小时,植株吸氮量表现为协同促进作用,施氮量过多则产生拮抗作用,其中与W0N3处理相比,高水中氮(W3N2)处理植株吸氮量增加3.92 g/kg。大豆氮肥利用效率及氮肥表观利用效率随着施氮量的升高逐渐降低,增加灌水量促进植株对氮素的吸收利用。W1N1处理氮肥贡献率最小,仅为12.23%,W3N2处理氮肥贡献率最大为43.24%。氮肥生理利用率随着灌水量的增加而增大,W3N2处理相对于W0N3处理增加了51.9%。W3N2处理相比W0N3处理减少10.32 kg/hm^2的硝态氮残留。【结论】在呼伦贝尔市阿荣旗地区推荐灌水量为1 400 m^3/hm^2,施氮量为95 kg/hm^2。

关 键 词:大豆; 水肥互作; 氮肥利用率; 氮素残留
中图分类号:S565.1 **文献标志码:**A doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.0610
孙云岭,杨树青,刘德平,等. 水肥互作对大豆产量及氮肥利用的影响[J]. 灌溉排水学报,2018,37(10):81-86.

0 引 言

水分是形成大豆产量的主要因素,大豆每形成1 g干物质需要耗水600~800 g,生产1 kg大豆籽粒,耗水量达2 kg[1],在一定水分范围内(300~700 mm),随着耗水量的增加产量明显增大,二者呈显著的正相关关系[2]。王龙等[3]研究得出,大豆在结荚—鼓粒期、开花—结荚期、鼓粒—成熟期、分枝—开花期、出苗—分枝期、播种—出苗期阶段耗水量依次递减。结荚期干旱是造成大豆减产的原因,适宜灌溉能够在增加作物产量的同时提高水分利用效率,结束期灌溉对产量有重要影响[4-5]。适当施肥能够有效地抑制棵间土壤蒸发,提高水分利用效率[6],在灌溉不足的地区可通过施肥来提高土壤贮水利用率[7],适当的氮肥能够提高产量,过量的氮肥投入反而使增产效果不明显甚至降低[8]。大豆虽具有固氮功能,但依靠本身的固氮功能并不能满足大豆生长需要,大豆生长初期根瘤逐渐形成,此时不能满足大豆对氮素需求,因此需要施加氮肥[9]。分枝期施肥有利于提高肥料利用效率,同一水分水平下增施氮肥抑制根瘤菌数量的形成但提高了单个根瘤质量,使得根瘤菌作用更为有效[10]。近年来,随着施肥量的增加,直接或间接对环境造成严重危害[11-12]。我国氮肥利用率约为30%～35%,肥料利用率则较低[13],因此,合理施肥对于大豆生长及农田水土环境十分重要。闫春娟等[10]研究表明肥料的施用及充足水分有利于提高植株生长性状;申晓慧等[14]认为灌水与氮肥协同处理,大豆株高和茎粗均显著增加,有利于获得更多生物量,为秸秆还田提供更多的C/N养分,施氮量增加促进大豆营养生长与生殖生长,当施氮量超过90 kg/hm^2,会阻碍大豆植株的生长。施加氮肥与水均能增加大豆产量,增加植株吸氮量且单位面积的氮肥所增加的大豆产量大于单位面积的灌水量所增加的大豆产量[15]。当土壤水分适宜和充足时,水肥互作对大豆产量表现为顺序加和,土壤特涝时,水氮互作表现为拮抗作用,土壤略旱时,表现为限制性的协同作用,当土壤特旱时,水肥互作不起作用[16]。

收稿日期:2017-10-10
基金项目:大兴安岭南麓旱作大豆高效节水关键技术集成与示范(201502041)
作者简介:孙云岭(1992-),男。硕士研究生,主要从事农业水土资源利用与水土环境调控研究。E-mail: 1170340256@qq.com
通信作者:杨树青(1967-),女。博士生导师,主要从事农业水土资源利用与水土环境调控研究。E-mail: nmndysq@126.com

为此，基于水氮二因素试验对呼伦贝尔市阿荣旗大豆进行研究，寻找最佳水氮配施量，为提高作物产量、肥料利用与治理施肥造成的环境污染方面提供一定技术支撑与理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于2016年在呼伦贝尔市阿荣旗松塔沟村进行，阿荣旗位于大兴安岭东南麓（122°22—124°52E，47°56—49°19N），地处高纬地区，属中温带大陆性半湿润气候，春季干旱多风少雨，夏季温热多暴雨；秋季凉爽，历时短；冬季寒冷干燥、少雪，历时长。多年平均降水量为441.36 mm，但降雨分布不均，主要集中在汛期的6—8月。试验开始前对各小区土壤理化性质进行测定。供试土壤（0~20 cm）基本性质：有机质质量分数为26.86 g/kg，全氮量为1.44 g/kg，铵态氮质量分数为1.21 mg/kg，硝态氮质量分数为25.94 mg/kg，速效磷质量分数为40.55 mg/kg，速效钾质量分数为387.2 mg/kg。

1.2 试验设计

试验设置3个灌水水平分别为低水（W1）、中水（W2）、高水（W3），3个施肥水平分别为低氮（N1）、中氮（N2）、高氮（N3），并增加空白（W0N0）处理与当地习惯性（W0N3）处理，共11个处理，设置3次重复，小区面积7 m×7 m，小区间设置保护带。供试材料为大豆（黑龙江垦农17），于5月9日进行播种，同年9月26日收获。试验中鼓粒期采用沟灌方式灌水1次，灌水定额W0、W1、W2、W3分别为0、600、1 000、1 400 m^3/hm^2。N1、N2、N3的基肥施用量相同：尿素[w(N)=46.4%]45 kg/hm^2，磷肥[$w(P_2O_5)$=16%]90 kg/hm^2，钾肥[$w(K_2O)$=60%]75 kg/hm^2，剩余氮肥在分枝期进行撒施，施入量为25、50、75 kg/hm^2，W0N0处理氮肥施入量为0 kg/hm^2，W0N3处理120 kg/hm^2氮肥全部作为基肥一次性施入，田间管理与当地农户一致。

1.3 测定及分析方法

收获时在每个试验小区选取1 m^2的大豆植株进行测产，并选取长势均匀具有代表性的大豆3株，按器官分解后装入牛皮纸袋内，用烘箱于105 ℃杀青0.5 h，再于80 ℃烘干至恒质量，测定各器官干物质量，最后粉碎，以半微量凯氏定氮法测定含氮量。在播种前和收获后用土钻取各小区0～100 cm土层，间隔20 cm，并用流动分析仪测定硝态氮量。

肥料利用率（RE）指单位投入的肥料因子所能增加的作物吸氮、磷、钾量，反映了作物对施入土壤中的肥料回收效率[17]，计算式为：

$$RE=(U-U_0)/F \text{ 。} \tag{1}$$

肥料生理利用率（PE）指作物地上部吸收单位肥料所能增加的粒子产量，指出了植物体内养分的利用效率[18]，计算式为：

$$PE=(Y-Y_0)/(U-U_0) \text{ ，} \tag{2}$$

式中：Y为施肥条件下的作物产量（kg/hm^2）；Y_0为不施肥条件下作物产量（kg/hm^2）；U为施肥后作物收获时地上部的吸肥总量（kg/hm^2）；U_0为未施肥作物收获期地上部吸肥总量（kg/hm^2）；F为肥料因子投入量（kg/hm^2）。

氮肥表观残留率计算式为：

$$\text{不施氮区土壤残留/施肥量}\times100\% \text{ 。} \tag{3}$$

肥料贡献率（FCR）是表征施肥对作物产量的贡献率，把不施肥处理的产量作为土壤基础地力对作物产量的贡献，以其为基准进行计算，是反映年投入肥料的生产能力的指标[19]，计算式为：

$$\text{肥料贡献率}(\%)=(\text{施肥处理产量-不施肥处理产量})/\text{施肥处理产量}\times100\%, \tag{4}$$

$$\text{氮肥表观利用率}(\%)=(\text{施氮区作物吸氮量-不施氮区作物吸氮量})/\text{施氮量}\times100\%。 \tag{5}$$

采用Microsoft Excel 2010与Surfer软件进行数据处理，用SPSS进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同水氮配施模式下大豆产量

水氮互作下各处理产量如图1所示。由图1可知，在N2水平下，W1、W2、W3处理差异显著（P<0.05），比W0N3处理增产25.04%、43.56%、59.21%，随着灌水量的增加产量随之增大，但增产速率变得缓慢，施肥量一定时，增加灌水量产量有不同程度的提高。在W3水平时，N2处理产量与N3、N1处理间差异显著（P<0.05），

3个处理比W0N3处理增产59.21%、35.80%、22.22%；随着施氮量的增加产量表现出先升高后降低的趋势，灌水量一定时，适当增大施氮量有利于提高产量。W3N2处理产量最大，为3 224 kg/hm²。

当施氮量较小时（N0～N2），水、氮之间为正交互效应，表现为协同促进作用；当施氮量恒定时，在一定范围内增加灌水量能有效增加作物产量，大豆处于施氮高效状态。当施氮量大于N2水平，灌水量处于W0～W3水平时，大豆处于施氮缓效或无效状态。其中施氮量在95 kg/hm²，灌水量在1 400 m³/hm²时，作物产量达到最大值；施氮量大于120 kg/hm²，水氮之间呈现为负交互效应，施氮量过多对作物产生毒害作用。

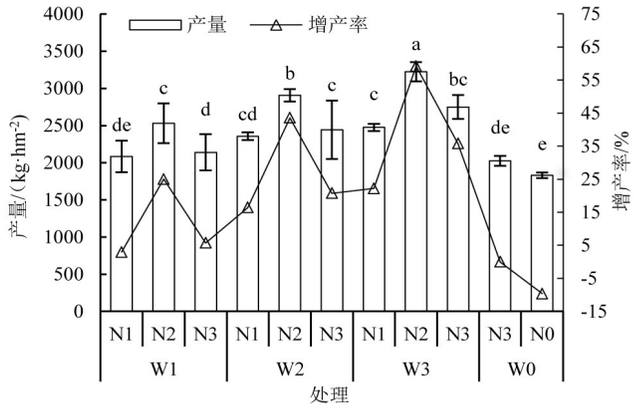

图1 水氮互作条件下作物产量效应分析

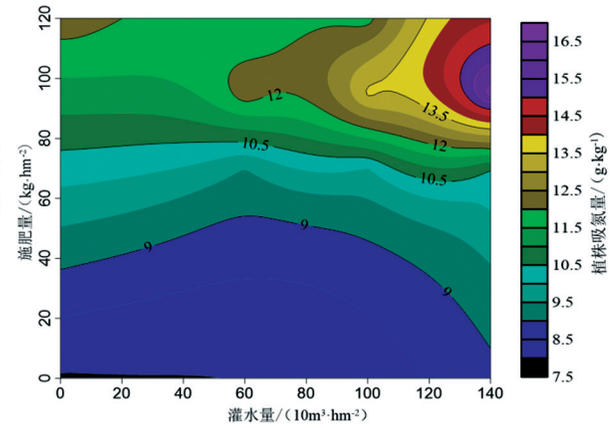

图2 水氮互作效应-植株吸N量等值线图

2.2 不同水氮配施模式下大豆氮素吸收影响研究

2.2.1 大豆植株吸氮量

采用kringing最优内插法分析水、氮互作对大豆植株吸氮量的影响（图2），总体上，植株吸氮量表现为随着施氮量的增加而增大，但其吸氮效率逐渐降低，这是由于作物植株对氮素需求存在着极限值，合理的施肥应该调节土壤供氮能力与植株吸氮需求之间的供需平衡。

当灌水量一定时，施氮量处于N1与N2水平时能够有效增加大豆植株吸氮量，灌水水平为W1、W2、W3时，N2处理相比N1处理分别增加2.78、3.62、5.56 g/kg，水氮互作表现为协同促进作用，此时大豆处于施肥高效状态，当施肥量处于N2~N3水平时，在各灌水水平下植株吸氮量均略有降低，此时水氮互作处于缓效或无效期；当施肥量一定时增加灌水量各处理植株吸氮量均升高，其中W3N2处理比W0N3、W0N0处理增加3.92、8.23 g/kg。

2.2.2 氮肥利用效率

不同处理氮肥利用效率见表1。由表1可知，大豆的氮肥利用效率为16.73%~42.44%，N2水平时，W1、W2处理间差异显著（$P<0.05$），W2、W3处理间差异不显著。W3水平时，N2、N3处理间差异显著，表现为N2处理＞N3处理。总体上，氮肥利用率随着施氮的增加而降低，适量的灌水增加作物植株吸氮量，提高氮肥利用率，过量灌水氮肥利用效率增加不明显（W2N3处理与W3N3处理、W2N2处理与W3N2处理差异不显著）。其中W3N2处理相对于W0N3处理氮肥利用效率提升了134%。

表1 氮肥利用率及生理利用率

处理	氮肥利用率/%	氮肥生理利用率/%
W0N0	-	-
W1N1	29.66±1.96c	12.28±1.32e
W1N2	25.04±1.32d	29.51±2.15b
W1N3	20.00±2.36e	8.79±0.90f
W2N1	39.26±1.27ab	19.21±2.15d
W2N2	36.14±1.87b	31.37±1.23b
W2N3	26.25±0.55cd	19.53±2.86d
W3N1	42.44±2.76a	21.71±0.72d
W3N2	39.16±1.11ab	37.47±1.85a
W3N3	27.18±2.69cd	15.95±1.29c
W0N3	16.73±2.87e	24.66±1.46c

注　表中同列不同字母表示在P=5%水平差异显著。

氮肥的生理利用率为8.79%~37.47%，N2水平时，W3处理与W1、W2处理间差异显著（$P<0.05$），表现为W3处理＞W2处理＞W1处理。W3水平时，N2处理与N1、N3处理间差异显著（$P<0.05$），表现为N2处理＞N1处理＞N3处理。总体上，氮肥的生理利用率随着灌水量的增加而增大，但增加速率缓慢，过量灌水氮肥生理利用率不再增大。W3N2处理相对W0N3处理氮肥生理利用率增加了51.9%，能够较好地利用植物营养体内的氮，W3N2处理大豆氮肥利用效率及生理利用率达到最大值。

2.3 收获后氮肥利用效率

2.3.1 大豆收获后土壤氮素贡献率、表现利用率及表马残留率

由图3可知，不同水氮配施模式下，当灌水量一定时，增大施肥量（N1、N2）有助于肥料贡献率的增加，施肥过量（N2、N3）得不到充分利用贡献率降低，氮肥贡献率表现为W1N1处理最小，仅为12.23%，W3N2处理的氮肥贡献率最大，为43.24%。氮肥的表观利用率为14.8%~45.2%，表现为随着施氮量的增加而降低；总体而言，N1处理的表观残留率较N2、N3处理低，为26.87%~33.1%，W3N2处理较W0N3处理减少39.6%。N1处理氮肥贡献率、表观利用率、表观残留率较小，N2处理氮肥贡献率较大且产量较高，能满足高产要求。

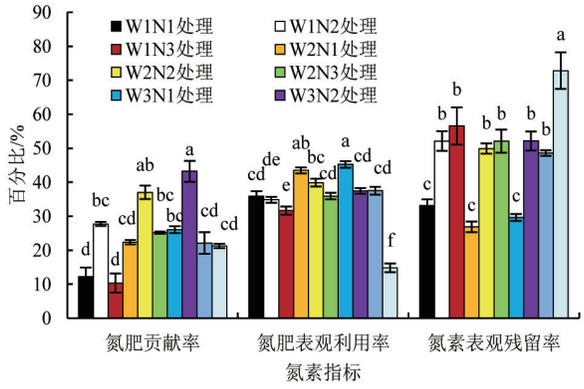

图3 大豆收获后土壤氮素指标

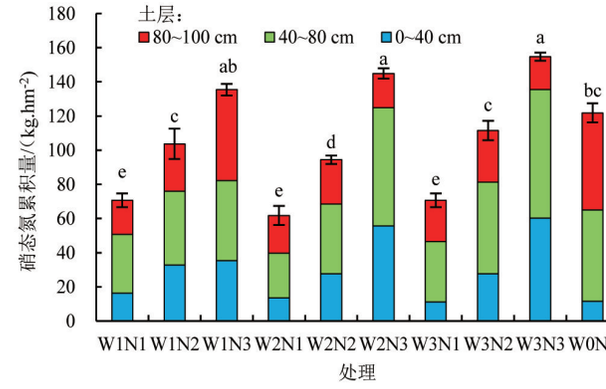

图4 大豆收获后各层土壤硝态氮残留量累积图

2.3.2 大豆收获后土壤硝态氮残留

大豆收获后0~100 cm土层中土壤残留无机氮主要是硝态氮，因此评价作物收获后矿质氮时，只考虑硝态氮的残留。由图4可知，作物收获后0~100 cm土层土壤残留硝态氮表现为N1、N2、N3处理间差异显著（$P<0.05$），氮肥施入量越大残留则越大，N1处理为61.8~70.7 kg/hm^2，N2处理为94.4~111.5 kg/hm^2，N3处理为135.4~154.8 kg/hm^2；与W3N2处理相比，W0N3处理的硝态氮残留减少了10.32 kg/hm^2，说明适当的水氮配施能够减少作物收获后土体中的氮素残留。

3 讨 论

水肥是农业生产中的2个重要限制因子，二者相互作用对产量有重大影响[20-21]，灌水与施肥协同处理，大豆株高茎粗均有增加并产生更多的生物量[14]。在一定施氮范围内随着施氮量的增加产量随之增加，施氮量高于某一值时产量增加不明显[23]。本研究认为，随着施氮量、灌水量的增加，大豆产量表现出先增加后降低的趋势。W3N2处理相对于W0N3处理施氮量削减20.8%，增产59.2%，其增产效果高于申晓慧等[14]研究结果，这主要与阿荣旗地区大豆种植方式多为雨养农业，无灌水及是否在作物生长关键时期降雨有关。

化肥的施用对于产量的提高具有不可忽视的作用，但在施肥的同时应保证肥料利用效率的提高[24]，作物的氮肥利用率为30%~50%，氮肥的生理利用率为30%~60%是比较适宜的[25]。本试验不同水氮配施下得出氮肥利用效率为16.73%~42.44%，其结果较戴建军等[26]与姬景红等[27]得出的结论小，主要是由于N3水平下不进行灌溉与施肥量过高造成大量肥料损失。氮肥生理利用率为8.79%~37.47%，生理利用率部分较低是由于化肥投入过多，当地不进行灌溉使得化肥残留在土壤中。

考虑肥料是否合理施用，除了分析肥料的利用效率外还应考虑肥料的残留率及贡献率。当地N3施氮水平在同等施氮条件下肥料贡献率较小，产量低，是由于作物生育期降雨量少未进行灌水导致作物吸收缓慢，植株吸氮量较少。W3N2处理的肥料贡献率与表观利用率较同等施氮水平W1N2、W2N2处理分别增加56%、16.7%和7.6%、-6.4%，W3N2处理在一定水平下基本能满足作物高产的要求。

在农业生产中，为了提高产量长期施用大量化肥，造成硝态氮的累积，其累积量随着施氮量的增加而增大[26]，不合理的灌溉与施肥不仅难于增加产量，还会增加土壤剖面硝态氮累积、降低作物品质及水氮利用效率[27]。硝态氮向下运移的速度随灌水定额的增加而增大且高水高肥淋失风险较大[28]，大量残留的硝态氮易通过淋洗硝化或反硝化作用从土壤-根系系统中损失掉，造成对环境的危害[29]，合理调节水氮施用量，能增加作物对土壤硝态氮的吸收[30]，减少硝态氮的累积[31]。本试验W3N2处理在保证作物产量的同时，降低土壤硝态氮残留的水平，相对于W0N3处理减少10.32 kg/hm^{2}的硝态氮残留（0~100 cm土层）。

4 结 论

1）在一定范围内增加灌水量与施肥量均对产量产生较大影响，灌水量一定时肥料投入过高产量不会升高甚至降低，在W3N2处理下产量达到3 224 kg/hm^2，较W0N3处理增加59.2%。

2）大豆肥料利用效率总体表现为随着施氮量的增加逐渐降低，增加灌水量促进植株对氮素的吸收，因此能够提高肥料利用效率。氮肥的生理利用率表现为随着灌水量增大而表现出增加的趋势，但增加速率变得较为缓慢，其中W3N2处理相对W0N3处理增加了51.9%，能够较好地利用植物营养体内的氮。

3）N1处理的氮肥表观残留率较N2、N3处理较低，为26.87%~33.1%，W3N2处理较W0N3处理减少39.6%。总体而言N1处理氮肥贡献率、氮肥表观利用率与残留率较小，N2处理氮肥贡献率较大产量较高，能满足高产要求。

4）N1处理土壤硝态氮残留量为61.8~707 kg/hm^2，而N3处理达到了135.4~154.8 kg/hm^2，W3N2处理在保证作物产量的同时，相对于W0N3处理减少了10.32 kg/hm^{2}的硝态氮残留。

综上所述，总体考虑当灌水量为1 400 m^3/hm^2，施氮量为95 kg/hm^{2}下能满足农业生产需求，有效提高作物产量、氮肥利用效率、氮肥贡献率，降低了残留率，相对减轻土壤硝态氮的残留，在保证作物生长的同时，有目的性的削减土壤硝态氮量，减轻了农业面源污染。

参考文献：

[1] D R 希克斯，等著, 钱葭圭, 余建章. 大豆形态生理与育种[M]. 北京：农业出版社, 1984.

[2] 王彦文, 王延宇. 大豆生育期需水量与产量效应关系[J]. 东北农业科学, 1995(2):29-31.

[3] 王龙, 魏永霞, 吴限. 黑土区调亏灌溉条件下大豆耗水规律试验研究[J]. 节水灌溉, 2014(11):29-33.

[4] 付尧, 张忠学. 黑龙江省西部半干旱区大豆不同水肥因素效应试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2009,28(3):132-134.

[5] 邹文秀, 韩晓增, 江恒,等. 黑土区不同水分处理对大豆产量和水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(6):68-73.

[6] 夏桂敏, 褚凤英, 陶洋,等. 水肥耦合对大豆棵间土壤蒸发及水分利用效率的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2014,45(1):62-67.

[7] 黄玲, 杨文平, 胡喜巧,等. 水氮互作对冬小麦耗水特性和氮素利用的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(2):168-174.

[8] 王凤仙, 丁娇, 韩晓增,等. 长期氮肥不同施用量对大豆生物量和产量的影响[J]. 大豆科技, 2016(6):4-7.

[9] 姚玉波, 马春梅, 张磊,等. 施氮水平对大豆吸收利用氮素及产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(4):6-10.

[10] 闫春娟, 王文斌, 孙旭刚,等. 水肥互作对大豆生理特性、根瘤固氮及产量的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(2):229-233.

[11] 段亮, 段增强, 夏四清. 农田氮、磷向水体迁移原因及对策[J]. 中国土壤与肥料, 2007(4): 6-11.

[12] 杜连凤, 赵同科, 张成军, 等. 京郊地区3种典型农田系统硝酸盐污染现状调查[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2 837-2 843.

[13] 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.

[14] 申晓慧,姜成,冯鹏,等.不同水肥措施对大豆产量及农艺性状的影响[J].农学学报, 2014, 4(1):1-3, 24.

[15] 冯淑梅. 黑龙江省西部半干旱区大豆滴灌水肥耦合效应试验研究[D]. 哈尔滨：东北农业大学, 2011.

[16] 赵力汉, 吴春胜, 郭午. 施氮对大豆生长发育的影响[J]. 吉林农业大学学报, 1993(1):12-16.

[17] 杜连凤, 赵同科, 张成军, 等. 京郊地区3种典型农田系统硝酸盐污染现状调查[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2 837-2 843.

[18] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1 095-1 103.

[19] 吴萍萍, 刘金剑, 周毅, 等. 长期不同施肥制度对红壤稻田肥料利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(2): 277-283

[20] 乔云发, 韩晓增, 苗淑杰,等. 黑土区水肥耦合对大豆产量的影响[J]. 大豆通报, 2007(1):25-27.

[21] 贾宋楠, 范凤翠, 刘胜尧,等. 施肥量对温室滴灌番茄干物质累积、产量及水肥利用的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(5):21-29.

[22] 朱冰. 施氮量对双季稻产量、干物质积累转运及氮素吸收利用的影响[D]. 南昌:江西农业大学,2013.

[23] 王柏, 王梦雪, 滕云,等. 东北半干旱区大豆水肥耦合效应试验研究J]. 灌溉排水学报. 2007, 26(5):86-89

[24] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1 095-1 103.

[25] 吴萍萍, 刘金剑, 周毅, 等. 长期不同施肥制度对红壤稻田肥料利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(2): 277-283.

[26] 戴建军, 程岩. 黑龙江省南部黑土施氮对大豆氮肥利用率的影响[J]. 东北农业大学学报, 2000(2):125-128.

[27] 姬景红, 李玉影, 刘双全,等. 平衡施肥对大豆产量及土壤-作物系统养分收支平衡的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(4):678-682.

[28] 隋娟, 王建东, 龚时宏,等. 滴灌条件下水肥耦合对农田水氮分布及运移规律的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(1):1-6.

[29] 王伟妮, 鲁剑巍, 李银水, 等. 当前生产条件下不同作物施肥效果和肥料贡献率研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(19): 3 997-4 007.

[30] 邢英英, 张富仓, 张燕,等. 滴灌施肥水肥耦合对温室番茄产量、品质和水氮利用的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(4):713-726.

[31] 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.

Impact of Water-fertilizer Interaction on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Soya Bean

SUN Yunling[1], YANG Shuqing[1*], LIU Deping[2], LIU Min[1], FU Xian[1]

(1.Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2.Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract:【Objective】Rain-fed agriculture is susceptible to low and unstable yield and has a low fertilizer use efficiency. The purpose of this paper is to explore the ways to improve these by taking Arongqi and Hulunbeier of Inner Mongolia as example.【Method】The experiment focused on soya bean. We considered three irrigation rates: 600 m^3/hm^2 (W1), 1 000 m^3/hm^2 (W2) and 1 400 m^3/hm^2 (W3), and three nitrogen fertilizations: 70 kg/hm^2 (N1), 95 kg/hm^2 (N2) and 120 kg/hm^2 (N3). We compared all above treatments with rain-fed either with N3 fertilizer application (W0N3) or no fertilizer application at all (W0N0). For each treatment, we measured its nitrogen use efficiency, residual nitrogen content in the soil and yield of the soya beans.【Result】The water-fertilizer interaction had a great impact on yield. The W3-N2 reduced nitrogen application by 20.8%, yet increased the yield by 59.2%. Reducing nitrogen application boosted plant uptake of the nitrogen, while excessive nitrogen application could result in antagonistic effect. Nitrogen uptake by the plant increased by 3.92 g/kg in W2 and W3 treatment compared with the conventional W0-N0 and W0-N3 treatment. Both fertilizer use efficiency of the soya bean and the apparent fertilizer use efficiency decreased as the nitrogen application increased. Increasing irrigation amount promoted plant nitrogen uptake efficiency and increased fertilizer use efficiency as a result. The fertilizer application was closely related to the yield. The contribution of fertilizer to yield at W1-N1 was the lowest, accounting for 12.23% only, while the contribution at W3-N2 was the highest, reaching 43.24%. The physiological nitrogen use rate increased with the increase in irrigation amount, of which W3-N2 increased by 51.9% compared to W0N3. An appropriate combined application of water and nitrogen in W3N2 reduced residual nitrogen in soil after harvest by 10.32 kg/hm^2 compared to W0N3.【Conclusion】The recommended irrigation and nitrogen applications amount was 1 400 m^3/hm^2 and 95 kg/hm^2 respectively.

Key words: soybean; interaction of water and nitrogen; fertilizer use efficiency; nitrogen residue

责任编辑:白芳芳