

黑龙江西部半干旱区水氮耦合对薏苡生长的影响

黄玉兰, 张兴梅, 孙跃春, 王丽艳, 王北艳, 殷奎德*

(黑龙江八一农垦大学植物微生物互作实验室, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:为探讨黑龙江西部半干旱区水氮耦合对薏苡生长及氮肥利用的影响,以薏苡5号为材料,采用随机区组设计,设4个施氮水平(N_0 、 N_1 、 N_2 和 N_3)和4个灌水量(W_1 、 W_2 、 W_3 和 W_4),研究不同水氮组合对薏苡株高、茎粗、叶绿素(SPAD值)、氮肥利用率、千粒重及产量的影响。结果表明,单独的施氮量或灌水量对薏苡生长和氮肥利用率影响不大,一定范围内水氮耦合能表现出正交互作用,其中 W_2N_2 处理千粒重及产量与 W_0N_0 组相比分别提高14.92%和13.04%;氮肥回收利用率提高58.11%。在黑龙江西部地区膜下滴灌生产方式下,薏苡氮肥最佳施用量为150 kg/hm²,灌水定额为673.08 m³/hm²。

关键词:薏苡;水氮耦合;膜下滴灌;生长;氮肥利用率

中图分类号:S519

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)04-0015-05

Effects of Different Nitrogen-Water Coupling on Coix Growth in Arid Regions of Western Heilongjiang

HUANG Yulan, ZHANG Xingmei, SUN Yuechun, WANG Liyan, WANG Beiyan, YIN Kuide*

(Faculty of Biological Life, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: To explore effects of different nitrogen-water treatments on growth and nitrogen utilization rate of drip-irrigated coix in cold and arid regions of western Heilongjiang, the coix cultivar, Yiliao 5, was selected as the plant material. Using random group design and setting 4 nitrogen levels (N_0 , N_1 , N_2 , N_3) and 4 irrigation quantities (W_1 , W_2 , W_3 , W_4), the effects of different nitrogen-water treatments on the height, stem diameter, SPAD value, nitrogen utilization rate, thousands of grains and yield of coix were studied. The results showed that the amount of nitrogen application or irrigation alone has little effect on the growth and the nitrogen fertilizer utilization rate of coix, and the coupling of water and nitrogen within a certain range can exhibit positive interaction. The spike weight thousands of grains and yield of coix of W_2N_2 separately were enhanced 14.92% and 13.04% with W_0N_0 , the nitrogen recycle rate being enhanced 58.11%. Under drip irrigation coupled with film mulching, the optimal amount of irrigation for coix in western Heilongjiang was 673.08 m³/ha and the nitrogen application was 150 kg/ha.

Key words: Coix; Nitrogen-water coupling; Drip irrigation under film; Growth; Nitrogen use efficiency

薏苡是禾本科一年生或多年生草本食药兼用植物,不仅含有蛋白质、脂肪、碳水化合物、多种氨基酸等营养成分,还具有健脾胃、强筋骨、消水肿、祛风湿、清肺热等功效。随着人类对薏苡营养、药用和饲用价值的逐步认识,薏苡的需求量随之扩大^[1]。目前,薏苡的主要产区在长江流域以南,湖北,云南、贵州等地。辽宁、吉林、黑龙

江少有种植,黑龙江西部属于高寒半干旱地带,地处东北平原,年有效积温有限^[2]。大部分年份干旱,特别是春旱严重,有“十年九春旱”之说^[3],水分是制约干旱、半干旱地区农业生产的关键因素之一^[4]。氮肥是合成蛋白质和淀粉的重要原料,是影响作物产量的主要因子之一,合理施用氮肥是作物获得高产的关键措施。适宜的水肥管理可以提升作物的产量和品质,不适宜的水肥管理不仅浪费资源,还会对环境造成一定的危害^[5-6]。

近年来,膜下滴灌技术在东北地区得到广泛应用,有效缓解了作物生育期内经常发生的低温冷害和春旱等问题,提高了作物产量^[7-8]。膜下滴灌技术还可以根据作物不同生育期需水需肥特性,适时将水分输送到作物根区,并能有效减少

收稿日期:2019-12-10

基金项目:国家青年科学基金项目(31701344);黑龙江省农垦总局项目(HNK125B-02-03)

作者简介:黄玉兰(1978-),女,副教授,博士,主要从事药用植物抗逆研究。

通讯作者:殷奎德,男,博士,教授,E-mail: yinkuide@163.com

土壤水分蒸发量,显著提升水肥利用效率^[9-10]。这种水肥一体化膜下灌溉技术得到广泛应用,随着灌水量的增加,玉米籽粒蛋白质含量由9.01%提高到9.92%,氮肥利用率、氮肥农学效率、氮肥生理效率均有所增加^[11]。增加施氮量可以显著提高玉米产量、干物质和氮肥积累量;水分不足会抑制产量、干物质和氮肥的累积。在灌溉水平为400 m³/hm²,施氮水平为250 m³/hm²时产量、干物质质量、氮肥积累量、氮肥利用率均为最高^[12]。在国外,膜下滴灌多应用于有较高经济价值的园艺作物。Ayar等^[13]对番茄、棉花和甜玉米等作物研究,利用膜下滴灌可减少深层渗漏量和提高水分利用率,并显著提高作物产量。对于薏苡相关研究多集中在单独水分或氮肥方面^[14-15],关于薏苡水肥一体化膜下滴灌的研究未见报道。探讨膜下滴灌不同水氮条件下对薏苡产量及氮肥利用率的影响,以确定黑龙江西部地区薏苡适宜水氮耦合方式,提高氮肥利用率的影响,为薏苡生产过程中合理的水肥管理提供一定理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于2014年4~10月在黑龙江省肇州县水务局水利科学研究所园区(125°14'E, 45°42'N)进行,试验地海拔150 m,无霜期143 d全年日照时数2 899.4 h,年平均活动积温2 800.0 °C·d,属于典型的大陆性温带半干旱气候。土壤类型为碳酸盐黑钙土,土壤体积质量为1.21 g/cm³,供试土壤含有机质22.0 g/kg、碱解氮147.9 mg/kg、速效磷26.2 mg/kg、速效钾124.9 mg/kg, pH 7.28。

1.2 试验设计

供试薏苡品种为薏苡5号。试验采用二因素随机区组设计,设施氮量和灌水量2个因素,施氮量设4个水平,分别为N₀(施氮量为0 kg/hm²)、N₁(施氮量为120 kg/hm²)、N₂(施氮量为150 kg/hm²)、N₃(施氮量为180 kg/hm²)。灌水量设4个水平,分别为W₀(灌水量为0 m³/hm²)、W₁(灌水量为384.62 m³/hm²)、W₂(灌水量为673.08 m³/hm²)、W₃(灌水量为992.31 m³/hm²),试验共16个处理(W₀N₀、W₀N₁、W₀N₂、W₀N₃、W₁N₀、W₁N₁、W₁N₂、W₁N₃、W₂N₀、W₂N₁、W₂N₂、W₂N₃、W₃N₀、W₃N₁、W₃N₂、W₃N₃),3次重复。供试氮肥为尿素,磷肥为过磷酸钙,钾肥为K₂SO₄(P₂O₅、K₂O用量分别为150、75 kg/hm²),不施用任何有机肥料。磷肥、钾肥作为基肥一次性施入,氮肥(尿素,含氮量46%)40%作为基肥,60%按1:

1质量比于分蘖期和孕穗期随灌水分施。整个试验小区长边平行的两端设置宽度为5 m的保护带,短边平行的两端设置宽度为1 m的保护带。

1.3 指标测定及方法

生长指标测定:每小区随机选取中间1垄连续10株薏苡,于抽穗期和成熟期测定株高和茎粗。株高用卷尺直接测量植株从基部到顶端的高度;茎粗用游标卡尺测地上第二节中部较宽处直径。

SPAD值测定:于抽穗期和成熟期,使用SPAD-502型叶绿素仪在3个位置(叶片底部、中部和顶部)观测每个叶片的叶绿素含量,取平均值作为该叶片的SPAD值,每个处理测定5次。

氮肥积累测定:于成熟期将样品籽粒粉碎后测养分含量,用凯氏定氮法测定全氮含量。

氮肥回收利用率(氮肥表观利用率, NRE)=[(施氮区植株氮积累量-空白区植株氮积累量)/施氮量]×100%

产量及产量性状:于成熟期对各小区测产,收获前于田间随机取10穗样品,脱粒、风干、考查千粒重和穗粒数,每小区单打单收,风干测产。

1.4 数据统计与分析

采用DPS 3.0和Excel 2003软件进行数据分析和处理,方差分析采用LSD多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施氮和灌水量对薏苡抽穗期和成熟期生长指标的影响

从表1可以看出,在抽穗期,株高随氮肥施用量的增加呈现上升趋势,差异显著($P<0.05$),其中W₀N₃的株高与W₀N₀相比,提高8.29%。不同施氮和灌水处理下,抽穗期株高最高的水氮组合是W₃N₃,高度达到170.43 cm。在N₂处理中W₂、W₃处理下薏苡株高差异不显著,显著高于W₀处理。W₂N₂和W₃N₂与W₃N₃株高差异不显著($P>0.05$)。成熟期W₂N₂的株高与W₀N₀相比,提高7.17%,差异显著($P<0.05$)。抽穗期茎粗随着氮肥施用量的增加部分呈现先上升后下降的趋势,其中W₀N₂的茎粗与W₀N₀相比,提高7.37%,未呈显著性变化。不同施氮和灌水处理下,抽穗期茎粗最高的水氮组合是W₂N₂,达到7.43 mm,该组合与W₁N₂差异不显著,显著高于其他水氮耦合组合($P<0.05$)。W₂N₂茎粗与W₀N₀相比,提高6.75%,差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同水氮组合对薏苡抽穗期和成熟期叶绿素含量的影响

由图1可以看出,抽穗期薏苡在灌水量为W₀

表1 不同水氮组合对薏苡株高和茎粗的影响

处理	抽穗期		成熟期	
	株高(cm)	茎粗(mm)	株高(cm)	茎粗(mm)
W ₀ N ₀	151.35j	6.96d	170.07i	8.28c
W ₀ N ₁	154.35hi	7.13bcd	172.82gh	8.72bc
W ₀ N ₂	157.42fg	7.22bcd	173.24gh	8.89bc
W ₀ N ₃	163.90cd	7.27bcd	174.60g	8.85b
W ₁ N ₀	153.28ij	7.04cd	171.70hi	8.72bc
W ₁ N ₁	157.19fgh	7.19bcd	174.41g	8.83bc
W ₁ N ₂	162.11de	7.38ab	177.44f	8.98b
W ₁ N ₃	166.22bc	7.27bc	180.81de	8.85b
W ₂ N ₀	155.62ghi	7.11bcd	173.04gh	8.83bc
W ₂ N ₁	159.59ef	7.26bc	179.64ef	9.24ab
W ₂ N ₂	168.79ab	7.43a	182.27cd	9.63a
W ₂ N ₃	168.63ab	7.30bc	183.61bc	9.20ab
W ₃ N ₀	156.89fgh	7.20bcd	178.20f	8.95b
W ₃ N ₁	163.01d	7.27bc	184.83b	9.07b
W ₃ N ₂	168.50ab	7.33bc	188.95a	8.97b
W ₃ N ₃	170.43a	7.28bc	190.04a	8.79bc

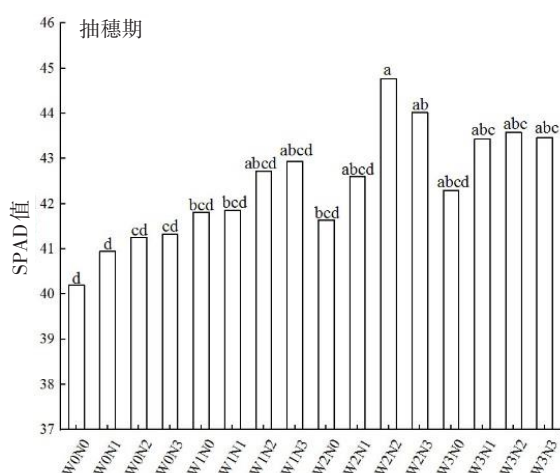
注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同

图1 不同水氮组合对薏苡抽穗期和成熟期 SPAD 值的影响

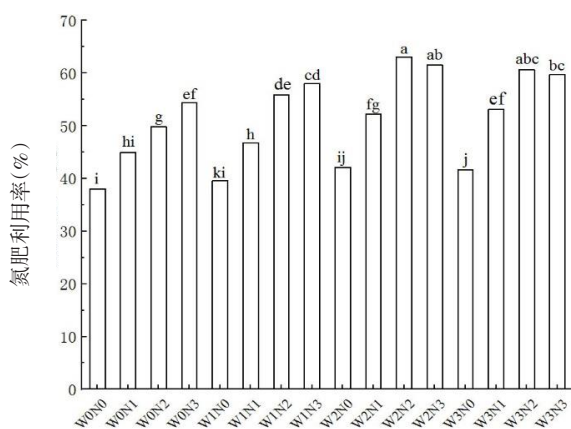
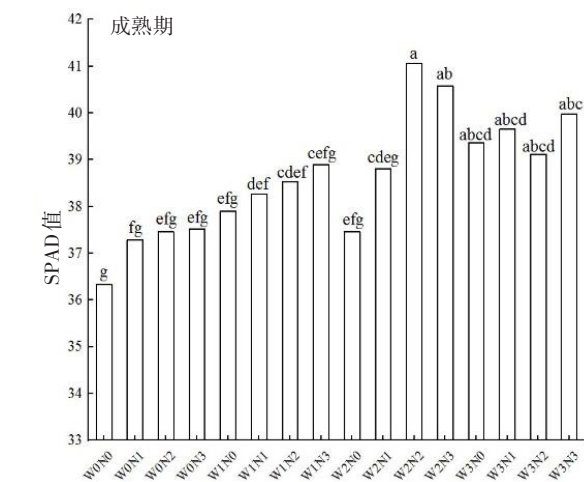


图2 不同水氮组合对薏苡成熟期氮肥回收利用率影响

时,随着施氮量的增加 SPAD 值呈现上升趋势,当不同施氮和灌水量组合时,呈现先上升后下降的趋势,其中 W₂N₂ 水氮组合的 SPAD 值最高,达到 44.78,与对照组(W₀N₀)相比提高 10.23%。抽穗期 SPAD 值明显高于成熟期。成熟期不同施氮和灌水量组合时,也呈现先上升后下降的趋势,其中 W₂N₂ 水氮组合的 SPAD 值最高,达到 41.06,与对照组(W₀N₀)相比提高 11.46%。说明单独灌水或者施氮,对薏苡抽穗期和成熟期 SPAD 值的影响不大,二者组合显著增加抽穗期和成熟期 SPAD 值,有效增加叶绿素的含量。

2.3 不同水氮组合对成熟期薏苡氮肥回收利用率的影响

由图 2 可以看出,薏苡成熟期氮肥利用率最高的水氮组合是 W₂N₂,与 W₀N₀ 相比氮肥利用率提高 43.07%。在 W₀ 处理中,随着施氮量的增加,氮肥利用率呈现上升趋势,W₀N₂、W₀N₃ 呈现显著性变化($P<0.05$)。在 W₂、W₃ 处理中,随着施氮量的增加,氮肥利用率呈现先上升后下降的趋势。在 N₀、N₁ 处理中,随着灌水量的增加,氮肥利用率呈



现上升趋势,N₂和N₃组处理中出现先上升后下降趋势。在N₁、N₂、N₃处理中,随着灌水量的增加,氮肥利用率呈现先上升后下降的趋势,W₂N₂的氮肥利用率与W₀N₀相比提高58.11%。试验结果表明,单独的施氮量或灌水量对薏苡成熟期氮肥利用率影响不大,一定范围内水氮耦合能够表现出正交互作用,能显著增加成熟期薏苡氮肥利用率。

2.4 不同水氮组合对成熟期薏苡产量及产量性状的影响

由表2可知,薏苡成熟期每穗实粒数、千粒重和产量的最高水氮组合都是W₂N₂,每穗实粒数、千粒重和产量分别为119.63、105.50 g和182.87

表2 不同的水氮耦合对薏苡株产量性状的影响

组别	每穗实粒数	千粒重(g)	产量(kg/667 m ²)
W ₀ N ₀	105.23f	91.80f	161.77h
W ₀ N ₁	106.83ef	92.53def	161.87h
W ₀ N ₂	107.23 def	92.83def	165.63fg
W ₀ N ₃	108.03f	93.70cdef	167.13ef
W ₁ N ₀	107.03 cdef	92.13ef	163.57gh
W ₁ N ₁	111.60 bcde	94.63bcdef	168.03ef
W ₁ N ₂	112.97bcd	95.53bcdef	171.83cd
W ₁ N ₃	113.33bcd	94.40cdef	173.67bc
W ₂ N ₀	108.63cdef	93.4cdef	169.90de
W ₂ N ₁	114.37abc	96.63bc	175.50b
W ₂ N ₂	119.63ab	105.50a	182.87a
W ₂ N ₃	119.47a	96.97bc	180.33a
W ₃ N ₀	109.53cdef	94.53cdef	171.87cd
W ₃ N ₁	111.60cdef	95.83bcde	175.40b
W ₃ N ₂	118.07a	96.96bc	182.20a
W ₃ N ₃	119.03a	98.26b	180.27a

kg。在W₀处理中,随着施氮量的增加,每穗实粒数呈现上升趋势,差异不显著($P>0.05$)。千粒重和产量随着施氮量的增加呈上升趋势。在N₀处理中,随着灌水量的增加,每穗实粒数差异不显著;千粒重和产量随着施氮量的增加,呈现上升趋势。在W₂、W₃处理中,N₃和N₂处理在每穗实粒数、千粒重随施氮量增加,呈上升趋势,产量显著高于其他处理,W₂N₂的千粒重和产量最高,与W₀N₀相比分别提高14.92%和13.04%。单独的施氮量或灌水量对薏苡成熟期产量性状影响不大,一定范围内水氮耦合能够表现出正交互作用,能显著增加成熟期薏苡千粒重和产量。从产量性状结果来看,最佳灌溉处理为W₂,最佳施氮处理为N₂,在此基础上继续增加灌水量和施氮量,对产量性状的提高已无明显的促进作用。

3 讨论与结论

薏苡在中国栽培历史悠久,主要产区在长江流域以南,黑龙江少有种植,地处高寒干旱半干旱地带的黑龙江,年有效积温有限,导致薏苡产量不高。膜下滴灌技术可以保证作物的需水量,提高肥料利用率,早春可以适时早播,延长作物的生育期,在很多作物节水灌溉中得到应用^[16-19]。研究表明,水分增产效应随氮肥增加而增大,氮肥增产效应随水分增加而增大,干物质和产量均随水氮施用量的增加而增大,但这种增产效应不是无限制的^[20],这与本研究结果一致。本试验中,

灌溉定额为673.08 m³/hm²和施氮量为150 kg/hm²(W₂N₂)时薏苡成熟期千粒重和产量达到最高,分别为105.50 g、182.87 kg/667 m²,此时再增加灌水量和施肥量,增产效果不再明显。这与吴立峰等研究的水肥耦合存在阈值,低于阈值增加灌水量和施肥量都能显著增加产量;高于阈值,增产效果不明显的结果相一致^[21]。水氮耦合试验单因素对薏苡产量的影响施氮大于灌水,与冯亚阳和戚迎龙等研究结果不一致^[20,22],可能由不同作物和地域的差异导致的。

氮肥是叶绿素形成的重要元素之一,叶色的深浅可作为衡量植株体内氮肥水平高低的标志^[23],氮肥是维持叶绿素的重要元素,氮肥含量越高叶绿素含量越高。本研究中,当不同施氮量和灌水量组合时,呈现先上升后下降的趋势,其中W₂N₂水氮组合的SPAD值最高,达到44.78,单独灌水或施氮,对薏苡抽穗期和成熟期SPAD值的影响不大,二者组合显著增加抽穗期和成熟期SPAD值,有效增加了叶绿素的含量,水肥耦合条件下的W₂N₂和W₂N₃的SPAD较高。这与张蕙琪等和马国成等研究结果一致^[24-25]。薏苡成熟期氮肥利用率最高的水氮组合是W₂N₂,氮肥利用率58.11%。单独的施氮量或者灌水量对薏苡成熟期氮肥利用率影响不大,一定范围内水氮耦合能表现出正交互作用,能显著增加成熟期薏苡氮肥利用率。这与苏贤坤的研究结果一致^[26]。

综上所述,膜下滴灌不同水氮条件下对薏苡茎粗、SPAD值、氮肥利用率、千粒重及产量等均有显著影响,一定范围内水氮耦合能够表现出正交互作用,能显著增加成熟期薏苡的产量和氮肥利用率。在黑龙江省西部地区膜下滴灌生产方式下,薏苡氮肥最佳施用量为150 kg/hm²,灌水定额为673.08 m³/hm²。在此条件下,薏苡的产量和氮肥利用率为182.87 kg/667 m²和63.07%。

参考文献:

- [1] 李祥栋,潘虹,陆秀娟,等.薏苡种质的主要营养组分特征及综合评价[J].中国农业科学,2018,51(5):835.
- [2] 麻继仙,杨长楷,但忠,等.50%矮壮素水剂对不同苗龄番茄幼苗的影响[J].现代农业科技,2012(4):211.
- [3] 周秀杰,那济海,潘华盛.黑龙江省夏季干旱气候特征及成因分析[J].自然灾害学报,2011,20(5):131-135.
- [4] 李涛,潘菊梅,齐广平.膜下滴灌不同灌水量和盐基对玉米冠层生长和产量的影响[J].山西农业科学,2013,41(7):693-695.
- [5] 张忠学,郑恩楠,王长明,等.不同水氮处理对水稻荧光参数和光合特性的影响[J].农业机械学报,2017,48(6):176-183.

- [6] YANG Shihong, PENG Shizhang, XU Junzeng, et al. Effects of water saving irrigation and controlled release nitrogen fertilizer managements on nitrogen losses from paddy fields[J]. Paddy & Water Managment, 2015, 13(1): 71-80.
- [7] 刘 洋, 栗岩峰, 李久生. 东北黑土区膜下滴灌施氮管理对玉米生长和产量的影响[J]. 水利学报, 2014, 45(5): 529-536.
- [8] 窦超银, 孟维忠. 控制灌溉在玉米大垄双行膜下滴灌种植中的应用研究[J]. 吉林农业科学, 2014, 39(1): 16-19.
- [9] 王振华, 杨培岭, 郑旭荣, 等. 新疆现行灌溉制度下膜下滴灌棉田土壤盐分分布变化[J]. 农业机械学报, 2014, 45(8): 149-159.
- [10] 张会梅, 田军仓, 马 波, 等. 膜下滴灌灌溉定额对油葵光合特性和水分生产效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(3): 56-60.
- [11] 谭 华, 郑德波, 邹成林, 等. 水肥一体膜下滴灌对玉米产量与氮肥利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 18-23.
- [12] 尚文彬, 张忠学, 郑恩楠, 等. 水氮耦合对膜下滴灌玉米产量和水氮利用的影响[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(1): 49-55.
- [13] Ayars J E, Phene C J, Hutmacher R B, et al. Subsurface drip imiagtion of row crops: a review of 15 years of research at the Wooter Mangament Research Laboratory[J]. Agricultural water Managerment, 1999, 42(1): 1-27.
- [14] 陈光能, 魏心元, 李祥栋, 等. 不同氮肥运筹对苕荻生长及产量形成的影响[J]. 耕作与栽培, 2019(5): 38-42.
- [15] 王 泽, 田义新, 林星辰, 等. 干旱胁迫对苕荻光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(9): 186-189.
- [16] 石 岩, 张金霞, 董平国, 等. 干旱缺水地区膜下滴灌棉花节水机理及灌溉制度研究[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(2): 78-84.
- [17] Chilundo M, Joel A, Wesstrom I, et al. Response of maize root growth to irrigation and nitrogen management strategies in semi-arid loamy sandy soil[J]. Field crops research, 2017, 200: 143-162.
- [18] Abdalhi M A M, Cheng J, Feng S, et al. Performance of drip irrigation and nitrogen fertilizer in irrigation water saving and nitrogen use efficiency for waxy maize (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) under solar greenhouse[J]. Grassland science, 2016, 62(3): 174-187.
- [19] 高玉山, 孙云云, 才 源, 等. 滴灌条件下大豆高产施肥管理技术研究[J]. 东北农业科学, 2017, 42(1): 16-19.
- [20] 冯亚阳, 史海滨, 李瑞平, 等. 膜下滴灌水氮耦合效应对玉米干物质与产量的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(2): 750-755.
- [21] 吴立峰, 张富仓, 周罕觅, 等. 不同滴灌施肥水平对北疆棉花水分利用率和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(20): 137-146.
- [22] 戚迎龙, 史海滨, 王成刚, 等. 滴灌水氮对土壤残留有效氮及玉米产量的影响[J]. 土壤, 2016, 98(5): 278-285.
- [23] 杨 杰. 基于叶片高光谱指数的水稻氮肥及色素含量检测研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [24] 张惠琪, 王宏富, 王彦雯. 氮磷钾配施对谷子农艺性状及光合特性的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(1): 42-49.
- [25] 马国成, 尹 娟, 李文证. 水肥耦合对马铃薯叶绿素和光合速率的影响[J]. 节水灌溉, 2016(6): 35-40.
- [26] 苏贤坤, 张晓海, 廖德智, 等. 水肥互作对烤烟生长发育及氮肥利用率的影响[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(6): 91-93.
- (责任编辑: 王 昱)

(上接第 14 页)

- [18] 朱新开, 郭文善, 封超年, 等. 不同类型专用小麦氮素吸收积累差异研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005(2): 148-154.
- [19] 张素瑜, 黄 洁, 杨明达, 等. 氮肥基追比和调亏灌溉对小麦水分利用效率和产量的影响[J]. 作物杂志, 2019(4): 94-99.
- [20] 姜丽娜, 张雅雯, 朱娅林, 等. 不同小麦品种籽粒灌浆特性及产量研究[J]. 华北农学报, 2019, 34(3): 96-101.
- [21] 慈艳华, 边丽梅, 霍剑锋, 等. 不同种植模式对玉米生长发育、产量及经济效益的影响[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(2): 7-10.
- [22] 张麦生, 宋小顺, 翟素琴, 等. 新乡市强筋小麦高产优质优化施肥决策的研究[J]. 河南职技师院学报, 2001(4): 5-8.
- [23] 蒋傲男, 闫静琦, 陈宗政, 等. 不同覆膜方式对旱作区春玉米农田土壤水分及产量的影响[J]. 东北农业科学, 2022, 47(3): 26-30, 36.
- [24] 舒 帆. 我国农用地膜利用与回收及其财政支持政策研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [25] 董合干. 地膜残留对棉花产量影响的极限研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2013.
- (责任编辑: 刘洪霞)