

水肥耦合对寒地粳稻养分吸收的影响

刘 洋¹, 卞景阳¹, 冯延江²

(1. 黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316; 2. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了研究水肥耦合对寒地粳稻养分吸收的影响,以寒地粳稻东农 428 为试验材料,设置控灌方式、氮肥水平 2 因素处理,研究了水肥耦合对寒地粳稻养分吸收,以及对最终产量的影响。结果表明:两种灌溉模式均在 N3 处理下水稻含氮量,含磷量以及含钾量最高,且产量达最大值;而在 N3 处理下的两种灌溉模式相比较,在节水灌溉(W1)水平下水稻产量最高,且氮、磷、钾含量都处于最高水平,说明 N3 是水稻增产最佳施氮水平,节水灌溉较常规灌溉促进了产量的积累。

关键词:寒地粳稻;水肥耦合;养分吸收;产量

中图分类号:S511 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2016)01-0042-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.01.0042

氮、磷、钾是水稻正常发育过程中必不可少的三大营养元素,它的丰缺程度影响稻株的生长、养分间的吸收利用及最终产量的形成^[1-2],不同的水肥处理对于水稻的长势形态和生理状态的影响是不同的,最终将导致其产量及水肥利用率存在差异^[3]。水分与养分以及它们间的相互作用是影响作物生长发育的重要因素^[4]。随着农业水资源的日益紧缺和不合理施肥所造成面源污染范围扩大,以减少稻田灌溉用水、高效利用肥料来实现水稻稳产高产的理论与技术研究受到广泛重视^[5-6]。为了降低水稻水肥资源的过度消耗,改善生态环境,提高资源的利用效率,国内外进行了大量的关

于水稻水分和养分的高效利用研究,大多数的学者都认为,与常规的淹水灌溉相比,干湿交替的灌溉方式可以在维持和提高水稻产量的同时,节约用水量,显著提高水分利用效率^[7]。目前,关于施肥与水稻产量及养分吸收的研究已有较多的报道^[8-9],而关于灌溉与水稻养分吸收及产量的研究则不多^[10],关于水肥耦合措施对寒地粳稻养分吸收的影响研究则甚少。如何结合不同的水分管理进行适宜的氮肥运筹管理,调控水稻主要生育期氮、磷、钾的吸收利用及其与产量的关系,尚不明确。为此,本试验以寒地主栽品种东农 428 为试验材料,设置 2 种灌溉模式,5 种施肥措施相结合,进一步研究水氮互作下水稻对氮、磷、钾吸收利用的特点,并探讨各养分吸收及其与产量间的关系,以期深化、完善水稻水肥调控机理,达到既节水节肥又高产高效的目的。

1 材料与方法

1.1 材料及试验地概况

试验于2014年在黑龙江省农业科学院国家

收稿日期:2015-11-09
基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(2015 03136-4);哈尔滨市科技创新人才资助项目(2014 RFQYJ092);黑龙江省农业科技创新工程资助项目
第一作者简介:刘洋(1988-),女,黑龙江省绥棱县人,硕士,实习研究员,从事水稻高产栽培及生理研究。E-mail:liuyang198806@163.com。
通讯作者:冯延江(1972-),男,在读博士,副研究员,从事水稻栽培研究。

Abstract: In order to breed maize varieties for drought resistance, taking 12 maize varieties as materials to study the impact of drought stress on maize yield and growth at the jointing stage and tasseling-silking stage. The results showed that drought stress could lead to yield decreasing at these growing stages. The yield decreased most at tasseling and silking stage under water stress, next at jointing stage. Drought stress at tasseling and silking stage might lead to ear length and diameter lowering and the yield decreasing. Drought stress at jointing stage might lead to dry matter accumulation decreasing, secondary root numbers and volume lowering, growth of leaf area hindering and the yield decreasing. In all test materials, Nendan15, Longdan38, Kendan10 and Jingdan28 could get a higher yield whether encountered drought stress at the jointing stage or tasseling-silking stage.

Keywords: maize; drought stress; yield

现代农业科技示范园区内进行,供试品种为黑龙江省第一、第二积温带当地主栽品种东农 428,需积温 $2\,550^{\circ}\text{C}$ 。4 月 12 日浸种,4 月 18 日播种,5 月 26 日移栽。供试土壤基础条件碱解氮含量 $210.56\sim 220.00\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有效磷 $15.80\sim 16.10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $180.30\sim 185.12\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有机质 $3.61\%\sim 3.81\%$ 、 $\text{pH}7.41\sim 7.64$ 。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 采用控灌方式、氮肥水平 2 因素处理。试验设 2 种灌溉方式,节水控灌 W1:移栽至返青期为浅水层,返青至有效分蘖临界叶龄期土壤水势 -25 kPa ,有效分蘖临界叶龄期至枝梗分化期土壤水势 -30 kPa ,枝梗分化期至抽穗后 20 d,土壤水势 -15 kPa ,抽穗后 20 d 至成熟,土壤水势 -25 kPa 。常规灌溉 W2:全生育期保持浅水层;试验设 5 种氮素(尿素)处理,分别为 $0(\text{N}_0)$, $180\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}(\text{N}_1)$, $275\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}(\text{N}_2)$, $370\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}(\text{N}_3)$ 和 $470\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}(\text{N}_4)$ 。施氮比例为底肥:返青:分蘖肥 $=5:3:2$ 。磷肥的施用 N_0 为重钙,其它处理为 $120\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,钾肥的施用各处理均为 $100\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。试验在大田中处理,小区面积 136 cm^2 ,共 10 个处理,3 次重复。土壤养分, $\text{pH} 6.54$ 、有机质为 $33.1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 N 为 $122.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 P_2O_5 为 $48.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 K_2O 为 $183\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.2.2 测定项目与方法 分别于水稻分蘖期、抽穗期、灌浆期、成熟期取样,每个处理随机取样 5 株,用清水洗净, 105°C 杀青 30 min, 80°C 烘干至

恒重。

使用 H_2SO_4 和 H_2O_2 联合消煮,采用凯氏定氮仪测定植株氮素含量,采用钼锑抗比色法测定植株磷素含量,使用火焰光度法测定植株钾素含量。

在成熟期,各处理收获 2 m^2 ,3 次重复,单打单收,并折算公顷产量。同时测定穗数、每穗粒数和千粒重。

1.2.3 数据处理 所得数据均采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS v19.0 数据处理系统进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 水肥耦合对寒地粳稻养分吸收的影响

2.1.1 水肥耦合对寒地粳稻含氮量的影响 水肥耦合对水稻含氮量的影响见图 1,从图中可以看出,随着生育进程的推进,水稻含氮量均呈单峰曲线趋势,各处理均在抽穗期氮素含量达最大值;分蘖期各处理含氮量均较高,相同氮肥处理间植株氮素含量差异不明显,随着生育进程的推进,在抽穗期不同氮肥处理间水稻含氮量表现出明显差异,在两种灌溉模式处理下植株氮素含量均在 N_3 水平下达到最大值,其中在 W1 条件下,各处理表现为 $\text{N}_3>\text{N}_2>\text{N}_4>\text{N}_1>\text{N}_0$;在 W2 条件下表现为 $\text{N}_3>\text{N}_4>\text{N}_2>\text{N}_1>\text{N}_0$;而在灌浆期和成熟期, W1 明显比 W2 处理下的植株氮含量高,这可能是因为是在节水灌溉下更利于水稻对氮素的吸收。

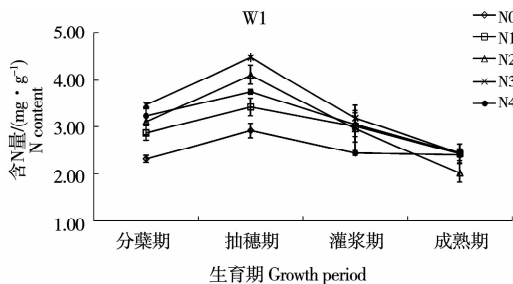


图 1 水肥耦合对寒地粳稻含氮量的影响

Fig. 1 Effect of water and fertilizer coupling on N content of japonica rice in cold region

2.1.2 水肥耦合对寒地水稻含磷量的影响 图 2 为水肥耦合对水稻含磷量的影响。比较两种灌溉模式间的结果可以看出, W1 各处理下的水稻含磷量明显低于 W2, 以分蘖期和抽穗期的 N_3 处理为例, W1 比 W2 分别低 11.1% 和 15.6% , 因为在分蘖后期 W1 的稻田进行了一定程度的晒

田, 及后续生育期的干湿交替的灌溉方式, 改变了土壤的环境条件。影响土壤磷素有效性的因素很多, 其中土壤的通气状况和氧化还原电位的变化起着非常重要的作用。在氧气含量较高、氧化还原电位较高时, 由于土壤中的某些金属离子以高价形态存在, 如土壤中的铁离子会以 Fe^{3+} 离子存

在,容易与土壤中的速效磷反应,形成溶解度很低的化合物,从而影响磷的有效性。所以,水稻含磷

量受灌溉模式影响较大,节水灌溉模式下抑制了水稻对磷的吸收。

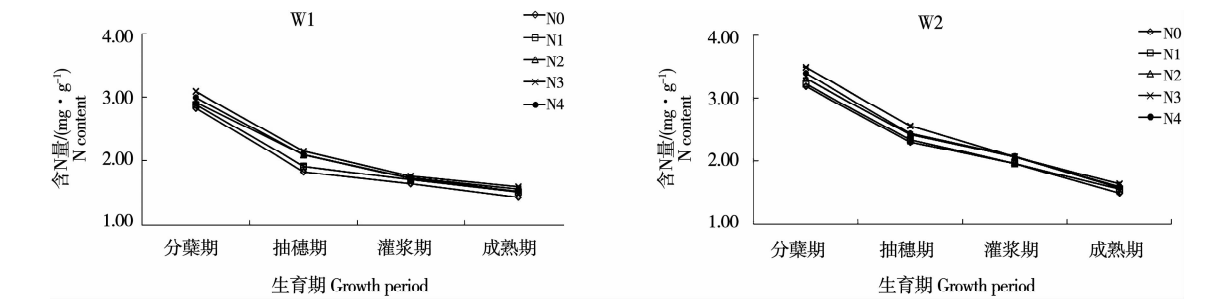


图 2 水肥耦合对寒地水稻含磷量的影响

Fig. 2 Effect of water and fertilizer coupling on P content of japonica rice in cold region

2.1.3 水肥耦合对寒地水稻含钾量的影响 由图 3 可见,随着生育进程的推进,两种灌溉模式下水稻含钾量大体呈先升高后下降趋势,且在抽穗期达最高值,在分蘖期,两种灌溉模式下各处理水稻含钾量均处于较高水平,相同氮肥处理间植株氮素含量差异不明显,而相同灌溉模式下不同氮肥处理间植株含氮量差异较大,由此可见,水稻的

含钾量受施肥的影响较大,而受灌溉模式的影响较小。而在两种灌溉模式下,均在 N3 处理下植株含钾量最高,且在 N3 处理下,各时期植株含氮量表现为 W1>W2。

2.2 水肥耦合对寒地粳稻产量及产量构成因素的影响

如表 1 所示,W1 与 W2 比较,在同一氮肥水

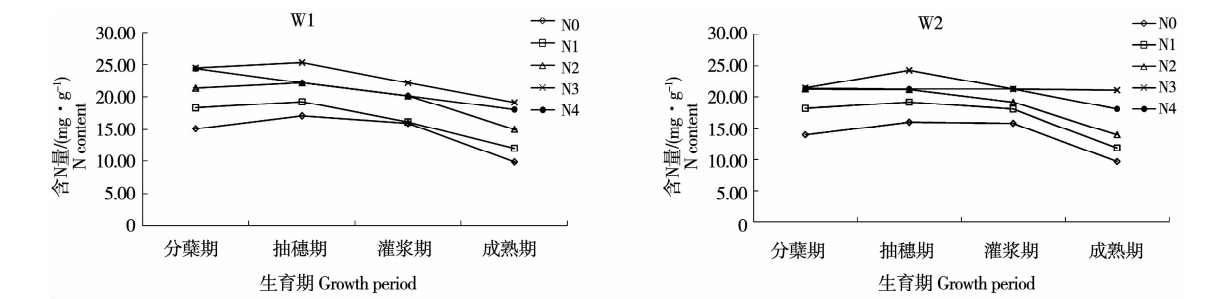


图 3 水肥耦合对寒地水稻含钾量的影响

Fig. 3 Effect of water and fertilizer coupling on K content of japonica rice in cold region

表 1 水肥耦合对水稻产量性状的影响

Table 1 Effect of water and fertilizer coupling on yield of rice

灌溉 Irrigation method	N 肥 Nitrogen fertilizer	有效穗数 Effective panicles	实粒数 Grain number	千粒重/g 1 000-grain weight	单株产量/(kg·穴 ⁻¹) Yield
W1	N0	10.00 c	90.00 c	27.30 b	26.50 d
	N1	13.00 b	100.13 b	27.28 b	34.32 c
	N2	17.00 a	106.53 a	27.76 a	41.77 b
	N3	17.33 a	107.93 a	27.70 a	44.62 a
	N4	17.33 a	100.00 b	27.12 c	42.12 b
W2	N0	9.33 c	80.20 d	27.96 b	24.79 d
	N1	12.67 b	87.79 c	27.48 c	32.44 c
	N2	15.33 ab	104.00 a	28.06 a	37.29 b
	N3	16.67 a	99.60 ab	27.64 b	39.58 a
	N4	15.33 ab	95.00 b	27.38 c	37.93 b

平下,有效穗数呈增加趋势,但差异不显著;实粒数均显著增加;千粒重则与其它 2 项产量性状变化趋势相反,W1 较 W2 有所降低。不同氮肥量比较,两种灌溉模式,随着氮肥施用量的变化趋势基本相同,随着氮肥量的增加,有效分蘖、实粒数、千粒重均呈现先增加后减少的趋势。

水肥耦合条件下,产量表现出,在两种灌溉模式下均在 N3 产量最大,其次是 N4。W1 条件下 N3 与 N4 比较,主要是有效穗数和实粒数明显增加,两种灌溉模式下的 N3 相比较,W1 条件产量高。说明 N3 是水稻增产最佳施氮水平,节水灌溉较常规灌溉促进了产量的积累。

3 结论与讨论

水分和氮肥对水稻产量有明显的互作效应,节水灌溉在适当的氮肥条件下(N3),可以显著提高水稻植株的含 N 量、含 P 量和含 K 量,且能提高产量。通过对试验结果的分析,表明节水灌溉能显著地增加水稻植株中的含 N、K 量,改善水稻的 N、K 营养,提高其抗逆性和抗倒伏的能力;而对水稻磷素营养产生一定的抑制作用,这可能是由于通气性增强,氧化还原电位增加,使土壤中磷的有效性降低,因此,水稻在进行节水灌溉时在注意施用氮肥的同时应该加强对磷素营养的协调和供应。

参考文献:

[1] 薛亚光,王康君,颜晓元,等.不同栽培模式对杂交粳稻常优

3 号产量及养分吸收利用效率的影响[J].中国农业科学,2011(23):4781-4792.

[2] 徐富贤,熊洪,张林,等.西南稻区不同地域和施氮水平对杂交中稻氮、磷、钾吸收累积的影响[J].作物学报,2011(5):882-894.

[3] 龚少红,崔远来,黄介生,等.不同水肥处理条件下水稻生理指标及产量变化规律[J].节水灌溉,2005(2):1-4.

[4] Pampolino M F, Manguiat I J, Ramanathan S, et al. Environmental impact and economic benefits of site-specific nutrient management (SSNM) in irrigated rice systems[J]. Agricultural Systems, 2007, 93: 1-24.

[5] Bueno C S, Bucourt M, Kobayashi N, et al. Water productivity of contrasting rice genotypes grown under water-saving conditions in the tropics and investigation of morphological traits for adaptation[J]. Agricultural Water Management, 2010, 98: 241-250.

[6] Zhang Z C, Zhang S F, Yang J C, et al. Yield, grain quality and water use efficiency of rice under non-flooded mulching cultivation[J]. Field Crops Research, 2008, 108: 71-81.

[7] 赵光明.寒地水稻高产与养分高效利用的综合管理技术研究与示范[D].北京:中国农业大学,2014.

[8] 陈晓群,孙玉芳,赵营,等.不同 N、P 肥配比对水稻产量、养分吸收及稻田水环境的影响[J].西北农业学报,2010(7):173-180.

[9] 吴春艳,唐旭,陈义,等.不同施肥处理对晚粳稻‘浙梗 22’产量和养分吸收的影响[J].浙江农业学报,2011(1):132-137.

[10] 俞爱英,林贤青,曾孝元,等.不同灌溉方式对水稻分蘖成穗规律及产量影响研究[J].灌溉排水学报,2007(1):66-68,85.

Effect of Water and Fertilizer Coupling on Nutrients Absorption of *Japonica* Rice in Cold Region

LIU Yang¹, BIAN Jing-yang¹, FENG Yan-jiang²

(1. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing, Heilongjiang 163316; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to study the effect of water and fertilizer coupling on nutrients absorption for *japonica* rice in cold region, Dongnong428 was used as experimental material, and two factor treatments, control irrigation and nitrogen levels were set up to study the effect of water and fertilizer coupling on nutrients absorption and yield of *japonica* rice in cold region. The results showed that when the two irrigation modes under the N3 treatments, the N, P, K content of the rice were all high, and the yield reached the highest value; but when the two irrigation modes compared under the N3 treatment, the N, P, K content of the rice were all high, and the yield reached the highest value under the W1, it indicated that N3 was the optimum nitrogen levels in rice yield water-saving irrigation that conducive to the accumulation of yield, compared with conventional irrigation.

Keywords: *japonica* rice in cold region; coupling of water and fertilizer; nutrition absorption; yield