

# 拔节期和抽雄吐丝期干旱胁迫对黑龙江省玉米产量及农艺性状的影响

王俊强, 韩业辉, 于运凯, 许 健, 孙培元, 周 超

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161041)

**摘要:**为了选育抗旱玉米品种,以12个玉米品种为材料,研究拔节期和抽雄吐丝期干旱胁迫对玉米产量及生长发育的影响。结果表明:拔节期和抽雄吐丝期干旱胁迫均会导致玉米减产,其中,抽雄吐丝期干旱胁迫减产最重,拔节期次之。抽雄吐丝期干旱胁迫导致穗长与穗粗大幅度减少,从而严重影响玉米的产量;拔节期干旱胁迫导致干物质积累减少、次生根条数和根体积减少、叶面积增长受阻严重,从而在一定程度上造成玉米减产。在供试品种中,嫩单15、龙单38、垦单10号、京单28在拔节期和抽雄吐丝期受干旱胁迫的影响较小,能获得较高产量。

**关键词:**玉米;干旱胁迫;产量

**中图分类号:**S513 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)01-0037-05 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.01.0037

玉米是我国重要的粮食、饲料和工业原料作物,在我国种植面积及总产位居第一,在农业生产占有重要的地位<sup>[1]</sup>。干旱是造成玉米产量减少的主要原因之一<sup>[2-3]</sup>。据统计,我国70%以上的玉米经常遭受干旱威胁,每年因此造成的玉米减产超过 $1\,500\times 10^4$  t,损失惨重<sup>[4]</sup>。黑龙江省是我国重要的玉米生产基地,近年来也是干旱灾害发生频繁的地区之一<sup>[5]</sup>。因此,就黑龙江省而言,深入研究玉米的抗旱性对粮食生产和安全至关重要。本研究以12个黑龙江省玉米主栽品种为试验材料,通过在拔节期和抽雄吐丝期对试验材料进行抗旱胁迫处理,进而分析其对玉米生长发育和生理特性的影响,以期为玉米抗旱育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验选用了12个抗旱能力不同的黑龙江省主栽玉米品种作为供试材料,分别是垦单10号、良玉88、嫩单13、吉单27、先玉335、嫩单15、东农253、龙单48、哲单37、先玉508、京单28、龙单38。

### 1.2 方法

**1.2.1 试验设计** 试验于2012年5-10月、2013年5-10月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院

基地进行。单株室外盆栽土为黑钙土,有机质含量1.16%,每盆按大田正常施肥作基肥,磷酸二氢4 g作种肥。按大垄双行排列,大垄行距66 cm,双行行距33 cm,株距33 cm。5月9日播种,10月1日收获。分别在拔节期、抽雄吐丝期按照盛宏达等<sup>[6]</sup>的方法和标准进行中度干旱胁迫处理,盆内土壤含水量为田间最大持水量的45%±5%,在停止供水后25 d内达到控水要求,持续胁迫7 d后恢复正常供水至成熟。以正常供水为对照(CK),使其土壤含水量保持在田间最大持水量的75%以上。干旱胁迫期间做好意外天气防范。土壤含水量采用烘干法测定。

**1.2.2 测定指标** 植株在干旱胁迫处理后,在其生长期记录各项形态和生理指标,待收获后风干进行室内考种。考种项目有穗重、单株粒重、穗长、穗粗等。试验室内测量鉴定所需的生理指标,测量产量。于各时期干旱胁迫后测量次生根数和根长等根系指标。胁迫敏感指数 $SI=(\text{正常对照测定值}-\text{干旱胁迫测定值})/\text{正常对照测定值}$ 。

**1.2.3 数据统计分析方法** 数据采用Excel 2007软件进行处理,统计分析采用SAS 9.1.3软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对产量的影响

玉米产量研究结果表明,在不同生育时期下发生的干旱胁迫都会导致玉米籽粒产量的下降,表现为品种间差异显著,同一品种中不同处理间差异极显著。干旱发生在抽雄吐丝期影响最为严

收稿日期:2015-12-04

第一作者简介:王俊强(1981-),男,黑龙江省齐齐哈尔市人,硕士,助理研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail: august-wjq@163.com。

重,拔节期次之,与对照相比分别减产 38.65%和 6.96%。干旱胁迫也使玉米生物产量下降,经济系数降低,两者均于抽雄吐丝期下降幅度最大,分别下降了 27.87%和 14.81%。其中,抽雄吐丝期干旱胁迫的籽粒产量、生物产量和经济系数与对照相比差异均达到极显著水平;拔节期干旱胁迫

的籽粒产量和生物产量与对照相比差异达到显著水平。与其它品种相比,嫩单 15、垦单 10 号、京单 28、龙单 38、嫩单 13、东农 253 六个品种的胁迫敏感指数(SI)偏低,这说明其籽粒产量与生物产量受干旱胁迫的影响较小(见表 1、表 2、表 3)。

表 1 干旱胁迫下玉米品种产量的比较

Table 1 Production comparison of different maize varieties

品 种 名 称 Name	籽粒产量/(g·株 <sup>-1</sup> ) Seedyield per plant					生物产量/(g·株 <sup>-1</sup> ) Biologicallyield per plant				
	CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%		CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%	
				BH	TH				BH	TH
吉单 27	191.19±8.74	169.26±10.85	90.25±15.56	11.5	52.8	347.42±15.65	331.06±19.08	226.37±21.00	4.7	34.8
先玉 508	197.39±10.26	170.33±14.36	101.79±13.32	13.7	48.4	374.26±14.35	353.78±16.34	239.03±18.63	5.5	36.1
先玉 335	215.46±14.32	199.26±7.88	123.83±15.12	7.5	42.5	398.77±12.15	387.72±22.35	300.74±17.51	2.8	24.6
良玉 88	205.08±9.65	189.22±15.25	115.26±12.25	7.7	43.8	350.41±15.65	337.61±19.00	249.36±19.48	3.7	28.8
哲单 37	183.48±13.15	164.21±13.12	90.79±9.65	10.5	50.5	366.21±13.32	351.75±18.05	240.49±21.11	3.9	34.3
嫩单 15	194.86±12.46	189.26±14.86	159.55±8.75	2.9	18.1	359.1±12.15	353.54±19.68	285.21±23.14	1.5	20.6
东农 253	191.48±18.32	182.26±14.55	114.34±14.32	4.8	40.3	333.29±15.35	320.37±17.34	240.83±15.43	3.9	27.7
嫩单 13	176.17±15.38	170.25±16.28	110.24±19.24	3.4	37.4	322.48±12.14	310.25±16.85	236.84±19.97	3.8	26.6
龙单 48	182.65±16.24	160.54±18.75	87.26±5.65	12.1	52.2	341.35±15.25	330.48±19.85	237.26±16.35	3.2	30.5
龙单 38	174.83±13.45	170.15±13.35	123.35±11.77	2.7	29.4	320.89±15.35	311.97±17.65	247.67±16.89	2.8	22.8
垦单 10 号	181.79±9.89	175.46±16.74	146.47±10.86	3.5	19.4	348.76±15.24	339.65±14.56	269.89±19.74	2.6	22.6
京单 28	174.15±12.15	170.48±12.15	128.56±12.25	2.1	26.2	360.25±20.14	350.39±18.88	272.34±17.23	2.7	24.4

表 2 不同生育时期干旱胁迫玉米籽粒产量方差分析

Table 2 The ANOVA of kernel production in different growth stages under drought stress

差异源 Difference source	平方和 SS	自由度 DF	均方 MS	F 值 F
品种间	4949.585	11	449.9623	2.62*
处理间	36408.65	2	18204.33	105.983**
误差	3778.871	22	171.7669	
总计	45137.11	35		

表中 \* 代表在 0.05 水平上显著, \*\* 代表在 0.01 水平上显著。  
\* indicates a significant difference ( $P<0.05$ ), \*\* indicates a significant difference ( $P<0.01$ ).

2.2 干旱胁迫对穗部性状的影响

植株的各个时期对水分需求量各不相同,不同时期的干旱胁迫对玉米穗部的影响也不同。试验结果表明,在抽雄吐丝期干旱胁迫下玉米穗长和穗粗下降幅度最大,拔节期次之。抽雄吐丝期

表 3 不同生育时期干旱胁迫下玉米产量性状的多重比较

Table 3 The Multiple comparison of production in different growth stages under drought stress

处理 Treatments	平均单株籽粒产量/g Average seed yield per plant	平均单株生物产量/g Average biological yield per plant	经济系数 Economic coefficient
正常供水 CK	189.04 aA	351.93 aA	0.54 aA
拔节期胁迫 BH	175.89 bA	339.88 bA	0.52 aA
抽雄吐丝期胁迫 TH	115.97 cB	253.83 cB	0.46 bB

表中小写字母为 0.05 水平差异,大写字母为 0.01 水平差异,多重比较采用 Duncan 法。下同。  
In the table, capital letters indicate significant difference( $P<0.01$ ), lowertases indicate significant difference ( $P<0.05$ ). Duncan method was used to do multiple comparisons. The same below.

与拔节期水分胁迫下玉米穗长与对照相比分别下降了 27.25%和 12.80%,达到了极显著水平;穗

粗在抽雄吐丝期与拔节期干旱胁迫分别下降了6.43%和3.97%,与对照相比达到了极显著水平。相较于其它品种,嫩单15、嫩单13、京单28、龙单38、垦单10号、先玉335等6个品种穗长的胁迫敏感指数(SI)较低;嫩单15、垦单10号、京单28、良玉88、先玉335、哲单37等6个品种穗粗的胁迫敏感指数相对较低(见表4、表5)。

表4 干旱胁迫下不同玉米品种穗部性状的比较

Table 4 The ear length and diameter comparison of different maize varieties under drought stress										
品种名称 Name	穗长/cm Ear length					穗粗/cm Eardiameter				
	CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%		CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%	
				BH	TH				BH	TH
哲单37	20.2±1.3	16.8±0.3	13.7±1.1	16.8	32.2	5.0±0	4.8±0.2	4.6±0.1	4.0	8.0
垦单10号	20.8±0.2	18.8±1.2	16.5±0.5	9.6	20.7	5.1±0	5.0±0.0	4.9±0.2	2.0	3.9
嫩单15	23.5±3.5	22.4±0.6	20.3±0.9	4.7	13.6	5.1±0.1	5.0±0.0	5.0±0.0	2.0	2.0
嫩单13	20.0±1.6	18.7±0.3	15.6±0.2	6.5	22	5.5±0.1	5.2±0.1	5.2±0.1	5.5	5.5
吉单27	20.8±1.2	15.7±1.4	11.6±0.4	24.5	44.2	5.3±0	5.0±0.0	4.7±0.0	5.7	11.3
先玉335	22.2±1.7	19.9±0.1	16.7±0.4	10.4	24.8	5.4±0.1	5.2±0.0	5.1±0.1	3.7	5.6
京单28	18.6±0.5	17.3±0.3	15.1±0.1	7.0	18.8	4.8±0.1	4.7±0.1	4.7±0.1	2.1	2.1
良玉88	20.0±1.0	16.2±1.3	13.1±1.4	19.0	34.5	5.8±0.1	5.6±0.0	5.4±0.1	3.4	6.9
龙单38	24.4±0.6	22.5±1.2	19.5±1.1	7.8	20.1	5.2±0.1	4.8±0.1	5.0±0.0	7.7	3.8
先玉508	20.4±0.2	17.4±0.5	13.8±0.3	14.7	32.4	5.4±0.1	5.1±0.1	4.9±0.2	5.6	9.3
龙单48	23.0±1.3	18.3±0.9	14.2±0.6	20.4	38.3	5.4±0.1	5.2±0.1	4.8±0.3	3.7	11.1
东农253	22.0±0.5	19.1±0.9	16.0±0.7	13.2	27.3	5.6±0.1	5.4±0.1	5.2±0.1	3.6	7.1

表5 不同生育时期干旱胁迫下玉米穗部性状的多重比较

Table 5 The Multiple comparison of ear length and diameter in different growth stages under drought stress

处理 Treatments	穗长/cm Ear length	穗粗/cm Eardiameter
正常供水 CK	21.32 aA	5.29 aA
拔节期胁迫 BH	18.59 bB	5.08 bB
抽雄吐丝期胁迫 TH	15.51 cC	4.95 cC

2.3 干旱胁迫对干物质积累和叶面积影响

干旱胁迫对不同品种干物质积累量和叶面积的影响见表6和表7。其中,京单28、嫩单15、垦

单10号、先玉335、东农253、良玉88六品种干物质积累量的胁迫敏感指数相较于其它品种偏低,说明这些品种的干物质积累受干旱胁迫不明显。多重比较表明,拔节期胁迫下干物质积累量降低幅度最大,降低了13.04%,达到了极显著水平;抽雄吐丝期胁迫则下降了4.35%,与对照相比差异达到了显著水平。

与对照相比,不同玉米品种的叶面积受干旱胁迫影响各不相同。其中,嫩单13、垦单10号、龙单38、先玉335、嫩单15和京单28等6个品种叶面积的胁迫敏感指数较低。拔节期干旱胁迫下玉米叶面积与对照相比下降了8.24%,达到极显著水平;抽雄吐丝期干旱胁迫不显著。这说明拔节期干旱胁迫对玉米叶面积的影响较大。

表6 不同品种间干旱胁迫下干物质积累分析

Table 6 The dry matter accumulation and leaf area of different maize varieties under drought stress										
品种 Name	干物质积累/g Dry matter accumulation					叶面积/mm <sup>2</sup> Leaf area				
	CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%		CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%	
				BH	TH				BH	TH
东农253	0.38±0.04	0.34±0.04	0.36±0.06	10.5	5.3	6778.2±5.6	6068.8±7.5	6634.2±3.5	10.5	2.1
京单28	0.56±0.10	0.52±0.16	0.55±0.09	7.1	1.8	5888.9±7.6	5375.9±8.3	5777.2±7.6	8.7	1.9
龙单48	0.53±0.04	0.34±0.10	0.49±0.01	35.8	7.5	6499.3±4.7	5951.4±4.2	6275.6±5.8	8.4	3.4
先玉508	0.36±0.02	0.30±0.03	0.33±0.07	16.7	8.3	6104.2±6.1	5059.8±2.4	6025.5±4.7	17.1	1.3

续表 6 Continuing Table 6

品种 Name	干物质积累/g Dry matter accumulation					叶面积/mm <sup>2</sup> Leaf area				
	CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%		CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%	
				BH	TH				BH	TH
龙单 38	0.53±0.01	0.44±0.03	0.48±0.08	17.0	9.4	5671.4±4.1	5559.5±4.6	5610.4±4.8	2.0	1.1
良玉 88	0.37±0.04	0.33±0.05	0.34±0.05	10.8	2.7	6098.7±4.5	5457.3±5.0	5942.3±4.8	10.5	2.6
先玉 335	0.35±0.10	0.32±0.08	0.33±0.03	8.6	5.7	5772.1±5.7	5643.5±8.3	5743.5±7.7	2.2	0.5
垦单 10 号	0.49±0.04	0.44±0.02	0.47±0.02	10.2	4.1	5822.4±2.4	5729.8±6.9	5777.3±1.9	1.6	0.8
哲单 37	0.41±0.03	0.36±0.08	0.39±0.04	12.2	4.9	5764.7±5.3	4703.1±4.5	5712.7±5.7	18.4	0.9
嫩单 13	0.54±0.02	0.46±0.03	0.51±0.02	14.8	5.6	5884.1±1.2	5801.0±12.7	5879.8±4.4	1.4	0.1
嫩单 15	0.66±0.02	0.61±006	0.65±0.04	7.6	1.5	5924.4±7.7	5754.6±6.8	5872.4±6.2	2.9	0.9
吉单 27	0.38±0.06	0.32±0.04	0.35±0.02	15.8	7.9	6236.0±5.4	5373.6±5.3	5899.5±7.1	13.8	5.4

表 7 不同生育时期干旱胁迫下  
干物质积累及叶面积的多重比较  
Table 7 The multiple comparison of dry matter  
accumulation and leaf area in different  
growth stages under drought stress

处理 Treatments	干物质积累/g Dry matter accumulation	叶面积/mm <sup>2</sup> Leaf area
正常供水 CK	0.46 aA	6037.03 aA
拔节期胁迫 BH	0.40 cB	5539.86 bB
抽雄吐丝期胁迫 TH	0.44 bA	5929.20 aA

表 8 干旱胁迫对根系生长的影响  
Table 8 The root growth of different maize varieties under drought stress

品种 Name	次生根数 Secondary root numbers					根体积/cm <sup>3</sup> Rootvolume				
	CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%		CK	拔节期胁迫 BH	抽雄吐丝期胁迫 TH	SI/%	
				BH	TH				BH	TH
龙单 48	16±1	10±1	14±0	37.5	12.5	77±3	39±2	68±2	49.4	11.7
先玉 508	14±2	10±1	13±1	28.6	7.1	72±4	34±3	64±3	52.8	11.1
龙单 38	15±1	12±0	14±1	20.0	6.7	80±4	55±1	72±2	31.3	10.0
东农 253	17±3	13±1	15±2	23.5	11.8	66±3	37±2	57±3	43.9	13.6
京单 28	16±0	14±1	15±1	12.5	6.3	74±6	53±3	68±2	28.4	8.1
先玉 335	14±1	12±1	13±1	14.3	7.1	74±2	45±2	69±2	39.2	6.8
吉单 27	15±1	7±2	13±2	53.3	13.3	79±4	41±1	73±4	48.1	7.6
嫩单 15	15±2	14±2	14±1	6.7	6.7	79±3	62±2	71±3	21.5	10.1
哲单 37	14±2	11±1	14±1	21.4	0	76±3	45±2	73±2	40.8	3.9
嫩单 13	18±3	15±2	18±2	16.7	0	85±2	55±1	84±3	35.3	1.2
垦单 10 号	14±2	12±1	13±1	14.3	7.1	73±3	52±3	61±3	28.8	16.4
良玉 88	15±1	11±2	15±1	26.7	0	80±4	52±3	74±2	35.0	7.5

表 9 不同生育时期干旱胁迫下次生根数和根体积的多重比较

Table 9 The multiple comparison of root growth in different growth stages under drought stress

处理 Treatments	次生根数 Secondary root numbers	根体积/cm <sup>3</sup> Rootvolume
正常供水 CK	15.25 aA	76.25 aA
拔节期胁迫 BH	11.75 cB	47.50 cC
抽雄吐丝期胁迫 TH	14.25 bA	69.50 bB

3 结论与讨论

干旱胁迫致使玉米减产因胁迫时期而异,任何生育时期水分胁迫都会导致玉米减产甚至绝产<sup>[7-10]</sup>。玉米生育期最为需水的两个时期是抽雄吐丝期和拔节期。本研究结果表明,抽雄吐丝期干旱胁迫下玉米减产最为严重,拔节期胁迫次之。白向历等<sup>[11]</sup>认为,玉米在抽雄吐丝期遭遇干旱灾害会迫使散粉至吐丝期间隔(ASI)加大,雄穗花期缩短,雌穗吐丝延迟,从而导致花粉活力下降,籽粒败育比率大幅度增加。另外,在本研究中抽雄吐丝期干旱胁迫会对玉米穗部性状造成严重影响,致使穗长变短,穗粗减小,这也会对玉米产量造成直接影响,从而导致玉米严重减产。

玉米拔节期是玉米营养生长向生殖生长转化的关键时期,此时期干旱胁迫会致使玉米生长发育受阻<sup>[12-14]</sup>。本研究结果表明,拔节期干旱胁迫会致使玉米叶面积的增长受到抑制、干物质积累受阻、根条数变少、根体积变小等,从而影响玉米的生长发育,在一定程度上造成玉米产量的减少。然而,在拔节期干旱胁迫结束后,干旱复水后的补偿效应可以使植株快速地部分或完全补偿前期干旱所减少的生物量,从而使拔节期干旱胁迫并没有像抽雄吐丝期干旱胁迫一样造成玉米产量的损失惨重。本研究也从侧面证实了这一点。

本研究通过对供试品种在拔节期和抽雄吐丝期干旱胁迫下的响应进行初步评价,发现嫩单

15、龙单 38、垦单 10 和京单 28 的抗旱性较好,无论在拔节期或抽雄吐丝期受到干旱胁迫均能获得较高产量,未来可采取抗旱系数法和模糊隶属函数值法对其综合抗旱性进行进一步评价,以期为黑龙江省玉米育种和生产提供一定的理论依据。

参考文献:

[1] 高瑞娟. 2012 年中国玉米市场回顾及 2013 年展望[J]. 中国畜牧杂志, 2013, 49(4): 3-6.

[2] Singh B R, Singh D P. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation[J]. Field Crops Research, 1995, 42: 57-67.

[3] Taji T, Seki M, Yamaguchi-Shinozaki K, et al. Mapping of 25 drought-inducible genes, RD and ERD, in arabidops is thaliana[J]. Plant Cell Physiol, 1999, 40(1): 119-123.

[4] 董树亭, 张吉旺. 建立玉米现代产业技术体系, 加快玉米生产发展[J]. 玉米科学, 2008, 16(4): 18-20.

[5] 陈红, 张丽娟, 李文亮, 等. 黑龙江省农业干旱灾害风险评价与区划研究[J]. 中国农学通报, 2010(3): 245-248.

[6] 盛宏达, 奚雷, 王韶唐. 小麦籽粒发育初期土壤水分亏缺对植株各部位光合作用的影响[J]. 植物生理学报, 1986, 12(2): 109-115.

[7] Liang Z S, Kang S Z, Shao M A, et al. Growth rate and water consumption of maize plant in soil alternate drying wetting[J]. Transactions of the SAE, 2000, 16(5): 38-40.

[8] 杨德光, 沈秀瑛, 赵天宏, 等. 玉米旱害生理研究进展[J]. 作物杂志, 2001(5): 1-4.

[9] 刘海燕. 黑龙江省西部干旱地区玉米穗部性状与产量关系的分析[J]. 中国种业, 2009(9): 48-50.

[10] 白莉萍, 隋方功, 孙朝晖, 等. 土壤水分胁迫对玉米形态发育及产量的影响[J]. 生态学报, 2004(7): 1557-1559.

[11] 白向历, 孙世贤, 杨国航, 等. 不同生育时期水分胁迫对玉米产量及生长发育的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(2): 60-63.

[12] 孟凡超, 刘明, 于吉琳, 等. 水分胁迫对玉米产量及干物质分配的影响[J]. 江苏农业科学, 2011(3): 96-98.

[13] Guan Y X, Dai J Y, Xu S C, et al. Effects of soil Drought during flowering and rew atering on plant compensative grow th and yield of maize[J]. Acta Agronomica Sinica, 1997, 23(6): 740-745.

[14] 纪瑞鹏, 车宇胜, 朱永宁, 等. 干旱对东北春玉米生长发育和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2012(11): 3021-3026.

Effect of Drought Stress on Maize Yield and Agronomic Trait at Jointing and Tasseling-Silking Stage in Heilongjiang Province

WANG Jun-qiang, HAN Ye-hui, YU Yun-kai, XU Jian, SUN Pei-yuan, ZHOU Chao

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161041)

# 水肥耦合对寒地粳稻养分吸收的影响

刘 洋<sup>1</sup>, 卞景阳<sup>1</sup>, 冯延江<sup>2</sup>

(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<sup>[1-2]</sup>,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<sup>[3]</sup>。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<sup>[4]</sup>。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<sup>[5-6]</sup>。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<sup>[7]</sup>。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<sup>[8-9]</sup>,而关于灌溉与水稻养分吸收及产量的研究则不多<sup>[10]</sup>,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