

文章编号 :1003- 8701(2012)02- 0004- 04

不同水氮调控对玉米农艺性状及产量的影响

吕凤华¹,张丽华¹,赵洪祥^{1*},蔡红梅¹,管俊²,张淑艳³,
高士波³,杨洪亮⁴,邱菊⁴

(1.吉林省农业科学院,长春 130033;2.磐石市农业技术推广中心,吉林 磐石 132300;3.敦化市官地镇农业技术推广站,吉林 敦化 133722;4.大安市农业技术推广中心,吉林 大安 131300)

摘要:通过不同水氮调控对旱棚栽培玉米的农艺性状和产量的影响研究表明,水分胁迫条件下,较正常施氮量,氮胁迫有增产趋势,而水分相对充足情况下,氮胁迫相对减产,但不显著;在水分充足的条件下,氮肥对株高和叶面积起促进作用;水分对干物质积累的作用高于氮肥;氮肥可以促进根系对土壤水分的吸收,适当的干旱可以促进植株根系发育;水氮双重胁迫下根系衰老最为严重。

关键词:玉米;水氮调控;农艺性状;产量

中图分类号:S513

文献标识码:A

Effect of Different Water and Nitrogen Supply on Yield and Agronomic Characters of Maize

LV Feng-hua¹, ZHANG Li-hua¹, ZHAO Hong-xiang^{1*}, CAI Hong-mei¹, GUAN Jun², ZHANG Shu-yan³,
GAO Shi-bo³, YANG Hong-liang⁴, QIU Ju⁴

(1. Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Changchun, 130033; 2. Agricultural Technology Extension and Service Center of Panshi City, Panshi, 132300; 3. Agricultural Technology Extension Station of Guandi Town in Dunhua, Dunhua, 133722; 4. Agricultural Technology Extension and Service Center of Da'an City, Da'an 131300, China)

Abstract: Effect of different water and nitrogen supply on yield and agronomic characters of maize was studied under controllable rain-protected shed. The results showed that low nitrogen stress increased yield of maize compared with control under water stress condition. While low nitrogen stress decreased yield of maize under sufficient water condition, but not significantly. Nitrogen fertilizer increased plant height and leaf area under sufficient water condition. Effect of water on dry matter accumulation was higher than that of nitrogen. Nitrogen promoted absorption of soil water in root, and the root grew well under proper drought condition. The root system aged seriously under combined stress of drought and nitrogen.

Keywords: Maize; Water and nitrogen control; Agronomic characters; Yield

水分和氮素是作物生长所必需的重要因子^[1-5],研究表明,水、氮对作物生长的作用不是孤立的,而是相互作用、相互影响^[6-9]。旱作玉米是我国玉米种植的重要特点,干旱是制约我国玉米发展的

第一要素;在20世纪50年代以前,我国农业生产长期以来主要靠有机肥来维持玉米产量,此后,大量施用氮肥成了人们最为关注的增产措施^[10]。近年来,全世界水资源短缺和化肥对环境污染的严重趋势引起了人们的高度重视,有关各种作物水、肥耦合效应与运移机理及其科学的综合管理技术的研究更为迫切。

玉米农艺性状决定着植株的生物学潜力,会直接或间接地影响到玉米产量性状的表现。本研

收稿日期:2012-01-17

基金项目:863项目(2011AA1005A4);吉林省科技厅项目(20116031)

作者简介:吕凤华(1963-),女,副研究员,主要从事作物栽培研究。

通讯作者:赵洪祥,男,副研究员,E-mail:zhaohongxiang1973@163.com

究设置了水、氮两个因素耦合的旱棚试验,研究水氮耦合对玉米农艺性状及产量的影响,以期在水肥的高效利用以及玉米高产、高效提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地点位于吉林省公主岭市的吉林省旱作农艺节水技术重点实验室,试验在可移动旱棚内进行,纯氮用量设 3 个水平,分别为不施 N 肥、50 kg/hm² 和 200 kg/hm²(以 N0、N1、N2 标记)。其中 N2 用量的 1/3 在播种时施入,其余 2/3 大喇叭口期追施。P₂O₅ 用量为 75kg/hm²,K₂O 为 90kg/hm²。灌水量设 2 个水平,分别为生育期内灌水 100 mm 和 300 mm(以 W1 和 W2 表示)。采用智能水表控水量垄上滴灌法进行灌溉。供试品种为先玉 335,行长 5 m,行距 0.6 m,12 行区,小区面积 36 m²。随机区组设计,3 次重复。

1.2 调查项目

分别在拔节期、吐丝期、吐丝后 15 d、30 d、成熟期调查叶面积,同时调查了吐丝后 15 d 和 30 d 的株高;采集各时期植株样品,分解各部分,测定烘干重。采用 ET-100 根系监测仪监测吐丝期以后活体根系形态状况。

表 1 水氮耦合试验设计

编号	处理	H ₂ O(mm)	N(kg/hm ²)
1	W1N0	100	不施
2	W1N1	100	50
3	W1N2	100	200
4	W2N0	300	不施
5	W2N1	300	50
6	W2N2	300	200

2 结果与分析

2.1 不同水氮处理的玉米产量及相关性状比较

表 2 不同水氮处理的玉米产量及相关性状

处理	W1 N0	W1 N1	W1 N2	W2 N0	W2 N1	W2 N2
产量(kg/36m ²)	26.2Bb	25.8Bb	25.2Bb	34.6Aa	34.6Aa	35.0Aa
百粒重(g)	33.8	32.3	31.8	34.7	34.4	35.0
含水率(%)	14.8	14.6	15.3	15.1	14.9	14.8
穗长(cm)	14.6	14.4	14.3	16.1	16.6	16.6
秃尖长(cm)	2.3	2.2	2.3	2.0	2.0	2.0
穗粗(cm)	4.5	4.4	4.4	4.8	4.8	4.8
穗行数	14.5	14.9	14.9	16.2	16.2	16.3
行粒数	30.7	29.9	29.8	33.7	33.5	33.7
穗粒数	446.7	445.7	445.0	544.8	543.2	547.7

注:1.表中产量及百粒重的含水率均为 14%。2.不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。

表 2 中,在施肥水平相同的情况下,灌水 300 mm 的玉米产量极显著高于灌水 100 mm 的产量。而在 100 mm 水分胁迫情况下,玉米产量随着施肥量的增加而减少,也就是说氮肥胁迫的越重,玉米产量反而越高,相反,在施氮正常的情况下,玉米反而减产。这说明肥力越高,对土壤水分的需求量越大,即水分成了玉米产量提高的限制性因子。在灌水量 300 mm 情况下,玉米产量与施肥量正相关。在灌水量相同的条件下,施氮水平间差异并不显著。水分胁迫情况下,百粒重、穗长、穗粒数均随着施氮量的增加而减少,与产量的变化趋势一致,穗粒数减少,百粒重降低,这些均是导致产量降低的主要原因。其它性状变化不显著。正常供水情况下,百粒重、穗长、穗行数、穗粒数呈增加趋势。

总之,水分胁迫条件下,较正常施氮量,氮胁迫有增产趋势;而水分相对充足情况下,氮胁迫相

对减产,但增减差异均不显著。

2.2 水氮处理对玉米形态指标的影响

由表 3 可以看出,水分胁迫下玉米株高和单株叶面积显著降低,相同水分不同施肥水平间株高变化不大,叶面积呈现出略增趋势。同一肥力不同灌水量的结果说明,在水分充足的条件下,氮肥能够发挥出促进作用,反之,氮肥起到抑制作用。

2.3 不同水氮条件下干物质积累情况

从各时期的干物质积累来看,除部分雄穗和轴在低水量和高水量间变化不是很明显外,其余各项指标均是高水区明显高于低水区。除正常供水正常施肥区的干物质最高外,其余相同水分不同肥力间干物质质量变化无规律性。拔节期营养物质及光合产物主要积累在茎部,拔节后开始向叶和鞘转运,吐丝期后部分光合积累物开始向生殖器官转运,吐丝后 30 d 以后粒的储藏量明显高于

其它器官。

表 3 不同水氮处理的玉米株高及叶面积

项目	时期	W1N0	W1N1	W1N2	W2N0	W2N1	W2N2
株高 (m)	吐丝 15 d	3.00	2.96	2.94	3.23	3.27	3.25
	吐丝 30 d	2.99	3.04	3.03	3.24	3.28	3.26
	平均	3.00	3.00	2.99	3.24	3.28	3.25
单株	拔节期	0.07	0.07	0.06	0.09	0.09	0.09
叶面积 (m ²)	吐丝期	0.63	0.67	0.68	0.86	0.83	0.85
	吐丝 15 d	0.63	0.59	0.62	0.84	0.83	0.86
	吐丝 30 d	1.99	1.99	2.01	2.55	2.51	2.56
	合计	3.31	3.31	3.38	4.33	4.27	4.36

表 4 各水氮处理不同时期的干物质积累

g

时期	项目	W1N0	W1N1	W1N2	W2N0	W2N1	W2N2
拔节期	茎	1.21	1.27	1.29	1.89	2.56	2.09
	鞘	3.17	3.14	3.25	3.83	4.75	3.77
	叶	11.96	12.08	11.70	14.92	15.91	16.01
	合计	16.34	16.49	16.24	20.64	23.22	21.86
吐丝期	茎	35.13	36.87	44.83	51.12	52.36	54.27
	鞘	18.61	19.23	21.79	24.84	24.37	26.06
	叶	37.09	36.94	41.63	48.99	47.12	50.23
	雄	1.84	2.14	2.24	3.31	2.55	3.09
	苞叶	3.22	2.87	4.47	3.10	3.58	4.08
	轴	2.48	2.17	2.83	1.87	2.21	2.21
	合计	98.38	100.23	117.79	133.23	132.19	139.94
吐丝 15 d	茎	51.42	49.19	48.14	64.26	68.82	70.62
	鞘	23.16	22.14	23.56	26.52	26.64	25.87
	叶	41.59	39.81	41.16	49.99	51.07	54.73
	雄	1.86	1.88	1.86	2.04	2.03	1.97
	苞叶	16.21	13.58	14.02	18.56	18.22	21.77
	轴	14.59	13.44	14.20	14.93	15.80	17.02
	粒	13.09	11.89	13.17	14.87	17.09	18.40
	合计	161.90	151.90	156.10	191.20	199.70	210.40
吐丝 30 d	茎	48.76	48.26	47.32	61.22	57.64	61.76
	鞘	22.18	20.89	21.99	24.49	23.37	25.11
	叶	42.93	42.33	42.53	52.11	49.22	51.09
	雄	1.87	1.73	1.96	1.83	1.92	1.76
	苞叶	15.82	15.15	14.95	16.59	15.44	18.54
	轴	17.49	17.39	16.82	17.33	17.64	19.74
	粒	72.46	67.52	69.92	83.75	85.81	94.59
	合计	221.51	213.27	215.49	257.32	251.03	272.59
成熟期	茎	40.08	39.29	41.65	54.86	59.42	65.73
	鞘	16.44	17.63	19.09	20.40	20.94	22.58
	叶	33.03	33.11	38.06	44.98	47.81	45.99
	雄	1.20	1.46	1.57	1.13	1.38	1.31
	苞叶	10.37	10.95	11.25	11.91	11.98	12.64
	轴	18.03	17.99	19.16	19.93	21.46	23.63
	粒	134.44	132.22	141.67	151.11	163.89	189.44
	合计	253.61	252.66	272.44	304.31	326.87	361.33

2.4 玉米根系生态监测

表 5 为玉米不同处理的根系变化情况,表中的数据为同一处理内各根系监测分析数据的平均值。从表中可以看出,相同处理条件下,玉米根系的各项指标均随着时间的推移而减少。各处理间根系变化情况:水分胁迫情况下,正常施氮的根长、根表面积、计划面积、根体积及根平均直径都显著高于氮胁迫处理,即氮、水双重胁迫对玉米根系的生长发育影响更重,也可以说适当的氮肥可

以促进根系对土壤水分的吸收,从而促进根系发育;正常供水情况下,正常施氮的根系长度高于氮胁迫处理,而根表面积、计划面积、根体积及平均直径则是氮胁迫下数值明显高于正常施氮处理,说明水分充足的情况下适当控制氮肥能够促进根系发育;正常施肥情况下,水胁迫的玉米根系各项指标高于正常供水处理。说明适当的干旱可以促进植株根系发育;氮胁迫情况下,正常供水的根系各项指标高于水分胁迫处理。

表 5 玉米不同处理的根系变化情况

处理	监测日期	长度 px	表面积 px ²	计划面积 px ²	体积 px ³	平均直径 px/10
W1N1	7月29日	583.63	36685.43	11677.34	197208.78	196.77
	8月23日	572.98	29154.77	9280.25	139138.23	161.53
	9月6日	550.78	25817.30	8217.90	117607.67	147.82
W1N2	7月29日	698.27	70737.08	22516.31	949836.37	326.85
	8月23日	647.92	64300.44	20467.46	803733.69	318.66
	9月6日	613.54	53426.83	17006.29	585963.44	295.30
W2N1	7月29日	656.87	93438.20	29742.30	1352039.28	431.94
	8月23日	566.42	68974.13	21955.15	935098.90	393.32
	9月6日	554.44	63856.96	20326.30	889327.10	374.86
W2N2	7月29日	633.74	45342.44	14432.95	332007.69	226.35
	8月23日	604.91	39120.63	12452.48	297221.54	203.89
	9月6日	626.10	36475.35	11610.47	246134.03	179.36

从表 5 还可以看出,正常施氮缺水情况下根系最长,但各处理间差距不大,缺氮情况下根系表面积最大,其次是正常施肥缺水处理;正常供水氮胁迫下根系计划面积最大,其次是正常施氮缺水处理;正常供水缺氮时根系体积最大,其次是正常施氮缺水处理;氮水双重胁迫下各数值均为最低。

3 讨论与结论

本试验结果表明,水分胁迫条件下,较正常施氮量,氮胁迫有增产趋势;而水分相对充足情况下,氮胁迫相对减产,但不显著。结果还表明,水分胁迫情况下,百粒重、穗长、穗粒数均随着施氮量的增加而减少,这些均是导致产量降低的主要原因。

水分胁迫下玉米株高和单株叶面积显著降低,相同水分不同施肥水平间株高变化不大,叶面积呈现出略增趋势。同一肥力不同灌水量的结果说明,在水分充足的条件下,氮肥能够发挥出促进作用,反之,氮肥起到抑制作用。

从各时期的干物质积累来看,高水区明显高于低水区。除正常供水正常施肥区的干物质最高外,其余相同水分不同肥力间干物质质量变化无规律性。

在玉米的根系变化方面,吐丝期后玉米根系

的各项指标均随着时间的推移而减少。水分胁迫情况下,正常施氮的根长、根表面积、计划面积、根体积及根平均直径都显著高于氮胁迫处理,即氮、水双重胁迫对玉米根系的生长发育影响更重,也可以说适当的氮肥可以促进根系对土壤水分的吸收,从而促进根系发育;正常供水情况下,正常施氮的根系长度高于氮胁迫处理,而根表面积、计划面积、根体积及平均直径则低于氮胁迫,说明水分充足的情况下适当控制氮肥能够促进根系发育;正常施肥情况下,水胁迫的玉米根系各项指标高于正常供水处理,说明适当的干旱可以促进植株根系发育。氮胁迫情况下,正常供水的根系各项指标高于水分胁迫处理。水氮双重胁迫下根系衰老最为严重。

参考文献:

- [1] Dang Tinghui, Cai Guixin, Guo Shengli, et al. Effect of nitrogen management on yield and water use efficiency of rainfed wheat and maize in Northwest China[J]. *Pedosphere*, 2006, 16(4):495-504.
- [2] Christos A D, Christos S. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed condition [J]. *Industrial Crops and Products*, 2008, 27(1):75-85. (下转第 13 页)

照品种也相近,而且比中熟对照品种九农 21 表现的更为稳产。

从 2004 年的组合中已选育出一批植株强壮、抗倒伏,具顶簇荚,茎中下部也结较多荚类型,如 08-4321 等。在行距 65 cm、株距 15 cm 的栽培方式下获得了一批单株粒数超过 400 粒、单株粒重超过 70 g 的 F_4 代植株。从 F_5 代的稳定品系中获得了多个综合性状好且高产的优良材料。

3 讨 论

在利用中国扁茎大豆品种选育高产大豆品种中,克服其茎秆软弱是关键,所以如何找到茎秆特别强韧的种质至关重要。如果从表象看,通常就会根据中国扁茎大豆的成熟期(中熟),用其与相近成熟期而且不倒伏的品种进行杂交选育,但效果并不理想,但采用成熟期很晚但也较抗倒伏的引 17

后,却获得了很多中熟-中晚熟、具有很好丰产性的抗倒伏材料。这是因为成熟期对抗倒伏性状的表现有重大影响所致,成熟期越长,往往抗倒伏性表现越差,但外部表现晚熟、较抗倒伏的品种却有着更抗倒伏的基因,其后代就会由于成熟期的缩短表现出更强的抗倒伏性能。这启示我们应善于分析性状间的相互关系,透过现象看本质。

参考文献:

- [1] 田佩占,袁全,孙永纯,等. 改变普通大豆生物学特性提高大豆产量的研究. 中国扁茎大豆的生物学特性[J]. 大豆科学,1998,17(2):95-99.
- [2] 田佩占,袁全,王素云,等. 改变普通大豆生物学特性提高大豆产量的研究. 大豆扁茎性状遗传方式的探讨[J]. 大豆科学,1999,18(2):95-100.
- [3] “航天 2 号”豆种坑惨吉林农民,2008 年 4 月 1 日,东亚经贸新闻(转自《第一财经日报》).
- [4] 吉林省大豆品种区域(预备)试验总结(内部资料). 吉林省农业科学院大豆所,吉林省种子总站,1996.

(上接第 7 页)

- [3] 张福锁,巨晓棠. 对我国持续农业发展中氮肥管理与环境问题的几点认识[J]. 土壤学报,2002,39(增刊):41-55.
- [4] Benbi D K. Efficiency of nitrogen use by dry land wheat in a sub-humid region in relation to potimizing the amount of available water[J]. Journal of Agricultural Science,1989,115(1):7-10
- [5] 李生秀. 提高旱地土壤氮肥利用效率的途径和对策[J]. 土壤学报,2002,39(增刊):56-76.

(上接第 9 页) 资源为基础,对大豆测试指南中的 5 个主要数量性状进行数据采集,分别进行统计分析,判断主茎节数性状为正态分布,底荚高度、荚果数量、株高和百粒重性状为 X^2 分布,并针对两种情况,分别提出参考性的分级方法,为制定大豆测试指南中数量性状的分级标准提供了理论依据。

由于当前的育种目标较为集中,所以导致很多数量性状的分布并非呈正态分布,而是均值趋向于某一偏离于中值的特定值,且几个数量性状的均值偏离程度互为相关,对于这种情况,本文中提出的以最小显著差(LSD)为参数由均值向两侧进行等距划分的方法,可以很好的解决由于群体非正态分布而导致大量数据处于非中心区域的问题,在具体分级过程中需要注意的是,每个级别

- [6] Schahram B,Sharyar B,Peter W, et al. Improvement of water use and N fertilizer efficiency by subsoil irrigation of winter wheat[J]. European Journal of Agronomy,2008,28(1):1-7.
- [7] 朱娟娟,梁银丽,Tremblay Nicolas. 不同水氮处理对玉米氮素诊断指标的影响[J]. 作物学报,2011,37(7):1259-1265.
- [8] 刘小刚,张富仓,杨启良,等. 交替隔沟灌溉条件下玉米群体水氮利用研究[J]. 农业机械学报,2011,42(5):100-106.
- [9] 杨启良,张富仓,刘小刚,等. 沟灌方式和水氮对玉米产量与水分传导的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(1):15-21.

的覆盖区间应大于 2 倍 $LSD_{0.05}$ [3],这样可以保证测试样品不会由于自身群体内的变异程度而造成最终分级结果的偏差。

在 DUS 测试过程中,对于某些品种的群体内变异较大的问题,需按照 UPOV 提出的 COYU^[4]方法来进行一致性分析,如结果表明不具备一致性,则不应将数据进行特异性分析。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国农业部植物新品种保护名录 [Z]. 1999-2010.
- [2] 刘孟军. 枣树数量性状的概率分级研究[J]. 园艺学报,1996(2):105-109.
- [3] UPOV. Document TGP/9/1 (draft 7): Examining distinctness [S]. 2006:26-32.
- [4] UPOV. Document TGP/8/1: Use of statistical procedures in distinctness, uniformity and stability testing[S]. 2005.