

氮素形态对比对全膜双垄沟播玉米 干物质积累及产量的影响

李春春¹, 高玉红^{1,2}, 郭丽琢^{1,2}, 刘宏胜³, 录亚丹¹, 杨 萍¹, 杨天庆¹
(1. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070;
3. 甘肃省会宁县农牧局, 甘肃 会宁 730799)

摘 要: 为优化陇中干旱、半干旱地区全膜双垄沟播玉米的氮肥运筹并最终提高子粒产量, 通过大田试验, 探索了硝态氮/铵态氮分别按 1:0(N₁)、1:1(N₂)、1:2(N₃)、1:3(N₄)、2:1(N₅)、3:1(N₆) 对比对旱地全膜双垄沟播玉米的光合特性、干物质积累、产量及其构成因素的影响。结果表明: 硝态氮和铵态氮配施下玉米的叶面积、光合势相比单施硝态氮均有所提高, 以硝铵比为 3:1(N₆) 最佳, 较 N₁ 叶面积和光合势分别提高 12.59% ~ 39.85%、13.71% ~ 25.00%。提高硝态氮的施用比例利于改善玉米的光合性能, 进而促进干物质积累及产量形成。硝态氮和铵态氮两种氮素形态配施对玉米的生长发育具有明显的促进作用, 较单施硝态氮的干物质质量和产量分别提高了 5.45% ~ 52.74% 和 3.85% ~ 9.93%。其中 N₆ 配比下玉米干物质的积累和产量最高, 较其它配比分别平均提高了 17.13% 和 4.73%, 是最优配比。

关键词: 氮素形态配比; 玉米; 全膜双垄沟播; 干物质积累; 产量
中图分类号: S143.1 **文献标志码:** A

Effects of different ratios of nitrate to ammonium on dry matter accumulation and yield of maize planting in furrows under alternating narrow and wide ridges completely mulched

LI Chun-chun¹, GAO Yu-hong^{1,2}, GUO Li-zhuo^{1,2}, LIU Hong-sheng³,
LU Ya-dan¹, YANG Ping¹, YANG Tian-qing¹
(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. Gansu Provincial Key Lab of Arid Land Crop Science, Lanzhou, Gansu 730070, China;
3. Huining Agricultural Husbandry Bureau, Huining, Gansu 730799, China)

Abstract: Field experiment was used to study the effects of different ratios of nitrate to ammonium on dry matter accumulation and yield formation of maize planting in furrows under alternating narrow and wide ridges completely mulched. NO₃⁻ - N/NH₄⁺ - N was in the ratios of 1:0(N₁), 1:1(N₂), 1:2(N₃), 1:3(N₄), 2:1(N₅) and 3:1(N₆). Photosynthetic characteristics, dry matter accumulation and grain yield were determined under different treatments. The results showed that the NO₃⁻ - N and NH₄⁺ - N mixture ratio could increase leaf area and photosynthetic potential of maize compared with the single nitrogen form. Among them, the fertilizer ratio of 3:1(N₆) was the best treatment, the leaf area and photosynthetic potential of maize was increased 12.59% ~ 39.85%、13.71% ~ 25.00%, respectively, compared with the N₁. Increasing the proportion of nitrate fertilizer improved photosynthetic performance, and then promoted dry matter accumulation and yield formation. Mixed supply of nitrate and ammonium fertilizer significantly promoted maize growth and development, the dry matter accumulation and yield were higher 5.45% ~ 52.74% and 3.85% ~ 9.93% than that of the single NO₃⁻ - N. N₆ was the best treatment which had the highest dry matter accumulation and grain yield, which increased by 17.13% and 4.73% than those of other treatments.

Keywords: different ratios of nitrate to ammonium; maize; planting in furrow under alternating narrow and wide ridges completely mulched; dry matter accumulation; grain yield

收稿日期: 2016-05-18 修回日期: 2017-02-06
基金项目: 国家自然科学基金项目(31460331); 甘肃省干旱生境作物学重点实验室开放基金(GSCS-2012-16)
作者简介: 李春春(1992—), 女, 甘肃华池人, 硕士研究生, 研究方向为旱地与绿洲农作制。E-mail: 250664634@qq.com。
通信作者: 郭丽琢, 女, 教授, 主要从事作物栽培与生理生态研究。E-mail: guoliz@gsau.edu.cn。

玉米(*Zea mays* L)是我国北方旱农地区主要的粮食、饲料和经济兼用作物^[1],其产量高低直接影响粮食供应、畜牧业兴衰及社会经济的可持续性发展。影响北方旱区玉米增产的关键限制因子是干旱及水分利用效率的低下,作为地膜覆盖技术的重大革新,全膜双垄沟播显著促进了雨水向土壤水和作物水的转化,改善了土壤的理化性质^[2-4],增强了作物的光合作用^[3-4],增加了玉米的干物质累积量及子粒产量,提高了玉米的水分利用效率^[5-6]。由于该技术凸现的保水增产优势,其在西北旱区玉米等作物上得以广泛应用^[7]。作为一项创新技术,其理论支撑相对薄弱,初步的探索表明,全膜双垄沟播栽培下的水热条件发生了深刻的变化,从而改变了养分的供给和吸收^[2],进而影响氮肥等的肥效。探讨适应于全膜双垄沟播栽培条件下的施肥技术,以通过水肥的激励机制充分发挥全膜双垄沟播技术的增产潜力,成为新条件下的必需课题。

氮是植物生长发育中最重要的矿质元素之一,氮肥在植物生态系统生产力的形成中具有重要的支持作用^[8]。铵态氮和硝态氮是植物吸收氮素的主要形态,但植物对这两种形态氮素的吸收和利用以及生理调节过程存在差异^[9]。研究表明,当生长介质中同时提供铵态氮和硝态氮的混合氮营养时,许多旱地作物比单一硝态氮源具有更高的氮素吸收利

用、干物质积累和经济产量等^[10]。等比例硝态氮和铵态氮对冬小麦氮素积累和利用的促进作用最大,有利于提高冬小麦子粒蛋白质含量和产量^[11];而对我国西南石灰性黄壤上的枳砧脐橙幼树而言,硝态氮和铵态氮的比例为 3:1 时,植株生长发育最好,氮的吸收量和利用效率最大^[12]。可见,旱作作物适宜的硝态氮和铵态氮比例因作物种类及其生态环境而有所差异。全膜双垄沟播下的土壤水热环境发生了强烈变化,但全膜双垄沟播玉米适宜的氮素形态配比研究尚未见报道。本文拟探讨硝态氮和铵态氮的施用比例对全膜双垄沟播玉米干物质积累及产量形成的影响,以期全膜双垄沟播条件下旱地玉米的氮肥合理运筹及高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设于甘肃省会宁县会师镇南嘴村的旱川地,试验区地处北纬 35°38′33.2″、东经 105°02′15.2″,海拔 1 772 m,年均气温 8.3℃,无霜期 155 d,≥10℃的有效活动积温 2 664℃左右,年平均降雨量 340 mm,年平均蒸发量 1 800 mm,属温带半干旱气候。供试土壤为黄绵土,地力均匀,肥力中等,耕层(0~30 cm)土壤的基本理化性状如表 1;前茬作物为马铃薯。

表 1 供试土壤的基本理化性状
Table 1 Chemical properties of the soil used

土壤类型 Soil type	有机质 OM /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Avail. N /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Avail. P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Avail. P /(mg·kg ⁻¹)	pH
黄绵土 Loess soil	12.05	0.96	60.09	11.36	184.58	8.08

1.2 试验设计

供试玉米品种为高产抗旱的金苹果 608。以氮素形态配比为试验因素,采用单因素完全随机区组设计,共 6 个处理,以硝态氮和铵态氮的比例(NO₃⁻-N/NH₄⁺-N)表示,分别为:1:0(N₁)、1:1(N₂)、1:2(N₃)、1:3(N₄)、2:1(N₅)、3:1(N₆)。施用铵态氮的处理均应施用相应的硝化抑制剂 DMPP(3,4-二甲基吡唑磷酸盐),以抑制试验期间铵态氮向硝态氮的转化,其施用量以铵态氮中纯氮的 1% 计算。每个处理设 3 次重复。各处理的施肥量分别为 N 180 kg·hm⁻²、P₂O₅ 180 kg·hm⁻²和 K₂O 580 kg·hm⁻²。硝态氮肥和铵态氮肥分别为硝酸钾和硫酸铵;磷肥为普通过磷酸钙;钾肥为硝酸钾和硫酸钾,根据处理要求单独施用硝酸钾(N₁ 处理)或二者配合施用(其它 5

个处理)。氮肥的 60% 作基肥施入,40% 分别在拔节期和灌浆期按 1:1 的比例追施,DMPP 亦按照铵态氮肥的基肥和追肥比例分次施入;磷肥均作为基肥一次性施入。钾肥结合氮肥的分期方式施入,保证钾含量一致。

试验采用全膜双垄沟播技术,大垄宽 70 cm,小垄宽 40 cm。种植密度为 67 500 株·hm⁻²,宽行距 70 cm,窄行距 40 cm。试验小区长 10 m、宽 4.4 m,小区面积 44 m²。2015 年 4 月 26 日播种,10 月 10 日收获。

出苗后根据叶面积及干物质动态测定要求的次数及每次取样的株数,选择并标记相似株,用于叶面积和干物质测定的取样株。

1.3 测定项目及方法

叶面积及光合势:分别在苗期、拔节期、抽雄期、

灌浆期和成熟期采集标记的相似株,采用长宽法测定叶面积,依据测定的叶面积计算光合势,计算公式如下^[13]:

叶面积(cm²) = 长(cm) × 宽(cm) × 0.75;

光合势(cm²·d·hm⁻²) = 叶面积(cm²·hm⁻²) × 生长天数(d);

干物质积累量:分别于苗期、拔节期、抽雄期、灌浆期和成熟期,每小区选取标记的相似株 5 株,取其地上部分,于 105℃烘箱中杀青 30 min,而后将温度降至 80℃烘干至恒重,分别称取叶片、茎、苞叶、穗的干物质重量。

干物质增长模型及计算公式^[14]:采用 Logistic 模型来模拟玉米整个生育期内的干物质积累过程,以生育时期 t 为自变量 x ,地上部干物质积累量为因变量 (y)。其实质是一个干物质累积增长曲线,方程的表达为:

$y = K / (1 + ae^{-bx})$

其中, K 为干物质最大积累量上限, a 和 b 为常数。

干物质积累速率($g \cdot d^{-1}$) = 干物质积累量(g)/干物质积累时间(d)。参照盖钧镒等^[15-17]的方法计算干物质积累速率及干物质积累时间参数。

产量及其构成因子:收获时每小区中间行随机取样 5 株,进行室内考种(穗长、穗粗、穗粒数、百粒重);按小区单收单打,测得小区实际产量。

1.4 数据分析

用 Microsoft Excel 2007 软件处理数据和作图,用 SPSS17.0 软件对相关数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同氮素形态配比对玉米光合特性的影响

2.1.1 玉米叶面积的动态变化 由表 2 可以看出,单一施用硝态氮的 N_1 处理,苗期至成熟期其叶面积均处于 6 个处理中的最低水平,且除苗期外,其叶面积均显著低于其它 5 个两种氮素形态配合施用的处理,表明全部施用硝态氮肥不利于叶片的生长。随着铵态氮比例的升高(N_2 、 N_3 、 N_4),叶面积呈降低趋势, N_2 、 N_3 、 N_4 3 个处理间的差异显著程度因生育时期而异,拔节前差异不显著,拔节后随生育时期的推进,差异逐渐加大。随硝态氮比例的增加(N_5 、 N_6),叶面积呈增加趋势。各时期 N_6 、 N_5 的叶面积均显著大于 N_1 ,且除拔节期之外,也显著大于铵态氮比例较高的 N_4 ,表明铵态氮比例较高不利于玉米叶面积的扩展,而增大硝态氮的比例有助于增加光合面积,为干物质积累奠定良好的基础;硝态氮和铵态氮的用量比例为 3:1 时最利于叶片的生长,也更有利于延迟叶片的衰老。

表 2 不同氮素形态配比对玉米叶面积的影响/(cm²·plant⁻¹)

Table 2 Effect of the ratio of nitrate to ammonium on leaf area of maize

处理 Treatment	苗期 Seeding stage	拔节期 Jointing stage	抽雄期 Tasseling stage	灌浆期 Filling stage	成熟期 Mature stage
N_1	133 ± 3.68c	4018 ± 319.18b	6129 ± 171.20d	6757 ± 129.91d	6559 ± 48.59d
N_2	151 ± 6.15bc	4871 ± 61.98a	6614 ± 109.15bc	7541 ± 80.25ab	7262 ± 81.62ab
N_3	146 ± 6.44bc	4906 ± 63.92a	6863 ± 81.94ab	7371 ± 29.69bc	7084 ± 32.82bc
N_4	141 ± 6.46c	4634 ± 173.73a	6356 ± 87.36cd	7218 ± 52.56c	6983 ± 85.77c
N_5	164 ± 11.17b	4997 ± 108.07a	6755 ± 40.63ab	7439 ± 24.88b	7340 ± 63.87a
N_6	186 ± 2.46a	5019 ± 29.75a	7025 ± 174.20a	7712 ± 68.59a	7385 ± 41.57a

注:表中同列中不同小写字母表示在 5% 水平上差异显著,下同。

Note: Different letters in the same column indicate significance among treatments at 5% level. The same as below.

2.1.2 玉米光合势的变化 由表 3 可以看出,苗期~拔节期、拔节期~抽雄期、抽雄期~灌浆期、灌浆期~成熟期, N_1 处理均较其它处理显著降低了玉米的光合势,降低幅度为 4.86%~25.00%; N_6 的光合势在各时期均为 6 个处理中的最高值,且除苗期外,均显著高于铵态氮比例较高的 N_4 处理,其总光合势亦显著高于 N_5 之外的其它 3 个两种氮素形态配合施用的处理; N_2 、 N_3 和 N_5 的总光合势亦较 N_1 、 N_4 分别高出 12.16%~13.21%和 4.29%~5.26% ($P <$

0.05)。以上结果表明,与单施硝态氮相比,硝态氮和铵态氮两种氮素形态配施更有利于提高玉米的光合势;配合施用,铵态氮比例较高不利于玉米的光合作用,而适当提高硝态氮的比例有助于改善光合性能,其中, N_6 处理下玉米各时期的光合势及总光合势最高,可为干物质积累和高产奠定良好的基础。

2.2 不同氮素形态配比对玉米干物质积累量的影响

2.2.1 氮素形态配比对干物质积累的影响 由图 1 可以看出,在整个生育期中,与其它处理相比, N_1

处理的干物质积累量均处于最低水平,而 N₆ 处理均为最高水平。苗期 N₆ 和 N₂ 较 N₁ 高 13.79% 和 10.34% ($P < 0.05$);拔节期至灌浆期,N₁ 的干物质积累量较其它处理低 6.58% ~ 52.74% ($P < 0.05$),表明 N₆、N₅、N₂、N₃ 和 N₄ 处理更有利于增加生育期间的干物质积累量。成熟期各处理下干物质积累量从高到低排序均为 N₆ > N₅ > N₂ > N₃ > N₄ > N₁,与 N₁ 处理相比较,N₆、N₅、N₂、N₃、N₄ 的干物质质量分别提高

23.67%、14.72%、14.22%、11.89%、5.45% ($P < 0.05$)。由此可见,与单施硝态氮相比,硝态氮和铵态氮两种氮素形态配施对干物质的积累具有明显的促进作用,且促进作用随硝态氮比例的增加而增加。玉米的干物质积累量因两种氮素形态比例的调整而变化,提高硝态氮的施用比例有利于促进玉米的干物质积累,其中,N₆ 处理下干物质累积量最高,能够为玉米高产奠定基础。

表 3 不同氮素形态配比对玉米光合势的影响/(10⁴ cm²·d·hm⁻²)
Table 3 Effect of the ratio of nitrate to ammonium on photosynthetic potential of maize

处理 Treatment	苗期~拔节期 Seedling~jointing	拔节期~抽雄期 Seedling~tasseling	抽雄期~灌浆期 Tasseling~filling	灌浆期~成熟期 Filling~mature	总光合势 Total photosynthetic potential
N ₁	52 ± 4.03b	106 ± 3.31c	144 ± 3.20d	175 ± 1.99c	477 ± 7.34d
N ₂	63 ± 0.76a	120 ± 0.99ab	158 ± 1.81b	196 ± 0.91a	537 ± 4.38b
N ₃	63 ± 0.75a	123 ± 0.59a	159 ± 1.23ab	190 ± 0.59cb	535 ± 2.13b
N ₄	60 ± 2.20a	115 ± 1.11b	151 ± 0.39c	187 ± 1.77b	513 ± 4.16c
N ₅	64 ± 1.28a	123 ± 1.52a	158 ± 0.42ab	195 ± 0.67a	540 ± 2.72ab
N ₆	65 ± 0.36a	126 ± 2.02a	164 ± 2.66a	199 ± 0.75a	554 ± 5.59a

2.2.2 玉米干物质积累的方程 不同氮素形态配比下玉米全生育期植株干物质质量均呈“S”型曲线的变化趋势(图 1)。以生育时期(t)为自变量(x)、地上部干物质积累量(g)为因变量(y),对其进行 Logistic 方程拟合(表 4),结果表明:不同氮素形态配比处理下干物质积累的模拟方程的决定系数 R^2 在 0.9992 ~ 0.9998 之间,均达到极显著水平 ($P < 0.01$),说明各处理的干物质积累与生育时期的关系均符合 Logistic 生长规律。作为最大干物质积累上限的参数 K ,其从高到低的排序为:N₆ > N₅ > N₂ > N₃ > N₄ > N₁,说明硝态氮和铵态氮两种氮素形态配施较单一硝态氮更能够促进干物质的累积,干物质累积量的潜力因氮素形态配比比例的不同而产生差异,K 值随着硝态氮比例的增大而逐渐增大,铵态氮

表 4 不同氮素形态配比处理下玉米植株地上部干物质积累的 Logistic 模型

Table 4 The logistic equations of maize dry matter accumulation under different ratios of nitrate to ammonium

处理 Treatment	模拟方程 Logistic equations	R^2
N ₁	$y = 431.8845 / (1 + 698.7684e^{-0.0669x})$	0.9995 **
N ₂	$y = 490.0335 / (1 + 453.7231e^{-0.0630x})$	0.9998 **
N ₃	$y = 484.4182 / (1 + 598.7327e^{-0.0656x})$	0.9992 **
N ₄	$y = 455.9807 / (1 + 587.0837e^{-0.0660x})$	0.9993 **
N ₅	$y = 495.4698 / (1 + 668.8761e^{-0.0690x})$	0.9993 **
N ₆	$y = 534.2738 / (1 + 429.8313e^{-0.0636x})$	0.9994 **

比例的增大抑制了 K 值增加,表明硝态氮和铵态氮配施时,硝态氮比例的增大更有利于积累较多的干物质。

2.2.3 氮素形态配比对玉米干物质积累速率的影响 由图 2 可以看出,苗期~灌浆期,玉米植株干物质积累的速率比较快,灌浆期的积累速率达到最大,之后逐渐降低。干物质积累速率因氮素形态配比的不同而存在一定差异,硝态氮和铵态氮配施的干物质积累速率较单施硝态氮增幅明显,增加幅度因配比比例而异,其中,N₆ 的积累速率较高。苗期,N₆ 较 N₁、N₃、N₄、N₅ 增加 6.96% ~ 12.84% ($P < 0.05$);拔节期,N₆ 较其它处理增加 15.24% ~ 52.42% ($P < 0.05$);抽雄期,N₆ 较 N₁、N₃、N₄ 处理分别增加 30.70%、17.43% 和 20.43% ($P < 0.05$);灌浆期,N₆

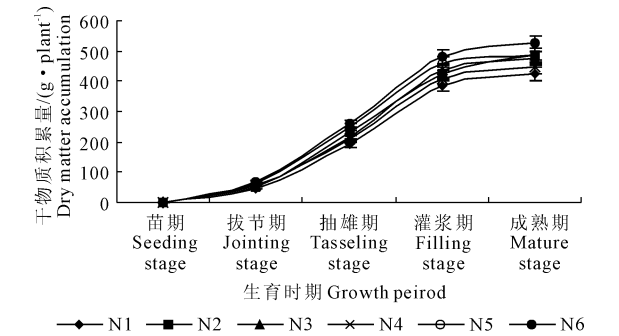


图 1 不同氮素形态配比下玉米干物质积累的动态
Fig.1 Maize dry matter accumulation under different ratios of nitrate to ammonium

高达 $6.66\text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$,均高于其它处理。成熟期,干物质积累速率降低,处理间差异不显著($P>0.05$)。

2.2.4 氮素形态对比对玉米干物质分配的影响
玉米干物质在不同器官之间的分配比例随生育时期的推进而发生变化(图 3)。随着生育进程的推进,营养器官所占的比例逐渐减少,生殖器官的分配比例逐渐上升。苗期,叶、茎干物质重分别占地上干物质总量的 $82.11\% \sim 83.14\%$ 、 $16.86\% \sim 17.89\%$,各处理间无显著差异;拔节期,叶片所占干物质比例逐渐减小,茎所占比例逐渐增大,二者分别占地上干物质总量的 $50.72\% \sim 54.12\%$ 、 $45.88\% \sim 49.28\%$,处理间差异亦不显著;苗期和拔节期玉米进行营养生长,说明不同氮素形态配比不影响干物质在营养器官间的分配比例。抽雄期,玉米开始进入生殖生长,穗的分配比例为 $7.15\% \sim 9.49\%$,N5、N6 较其它处理分别高 $9.72\% \sim 27.83\%$ 和 $13.93\% \sim 32.73\%$ ($P<0.05$),表明硝态氮比例的增加更有利于干物质向穗部分配。之后随着生育进程的推进,穗分配比例逐渐增加,营养器官的分配比例开始下降。成熟期

N₆ 处理营养器官的分配比例均低于其它处理,表明该处理下有更多的同化物转到子粒中,从而获得较高的经济产量;N₁ 处理的叶分配比例较其它处理显著高出 $11.16\% \sim 20.38\%$ ($P<0.05$),可见,与硝态氮和铵态氮两种氮素形态配施相比,单一硝态氮不利于同化物向生殖器官的转移。

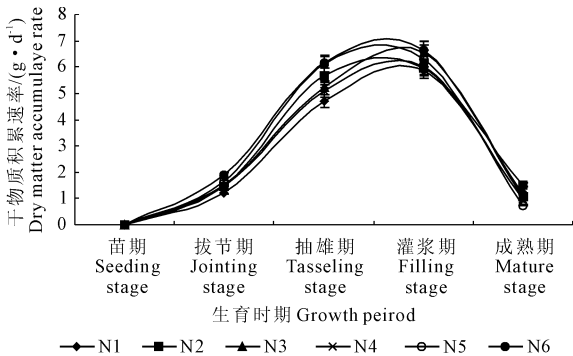


图 2 不同氮素形态配比下干物质的积累速率

Fig.2 Maize dry matter accumulation rate under different ratios of nitrate to ammonium

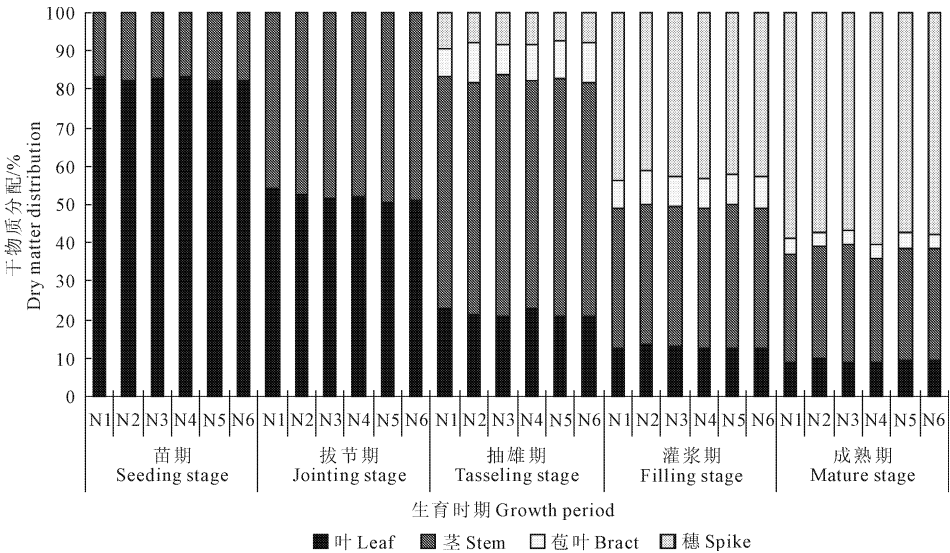


图 3 不同氮素形态配比下干物质的分配

Fig.3 The distribution of dry matter of maize under different ratios of nitrate to ammonium

2.3 不同氮素形态对比对子粒产量及产量构成因素的影响

由表 5 可以看出,子粒产量因氮素形态配比的不同而有较大差异。各处理产量从高到低的顺序是 N₆ > N₅ > N₂ > N₃ > N₄ > N₁。与 N₁ 相比,其它 5 个处理的产量均显著提高,其增幅为 $3.85\% \sim 9.93\%$ ($P<0.05$)。N₆ 较 N₅ 之外的其它处理高 $3.31\% \sim 9.93\%$ ($P<0.05$)。N₅ 虽与 N₂ 间差异不显著,但与 N₃、N₄ 间的差异达到显著水平,分别比其增加了

3.25% 和 3.89% 。可见,两种氮素配施较单一硝态氮肥能够提高子粒产量,但随着铵态氮比例的增加,产量呈降低趋势;增加硝态氮的比例有利于提高子粒产量。

产量构成因素也因氮素形态配比而异(表 5)。与单施硝态氮相比,两种氮素形态配施有利于提高穗长、穗粗、穗粒数和百粒重。N₆ 的穗长和穗粗较 N₁ 分别高出 10.00% 和 5.77% ($P<0.05$)。虽然其它各处理在穗长和穗粗上无显著性差异,但穗粒数

存在较大差异, N_6 较 N_1 、 N_4 分别高出 15.02% 和 8.87% ($P < 0.05$), 且 N_2 、 N_3 、 N_5 与 N_1 处理间的差异达到显著水平, 可见, 铵态氮比例的增加对子粒形成产生了一定的抑制作用。氮素形态配比对百粒重的影响较大, 随着硝态氮比例的增加, 百粒重增加明

显, N_6 处理较其它处理高出 6.06% ~ 16.67% ($P < 0.05$)。因此, 通过合理增加硝态氮的用量比例, 使硝态氮和铵态氮的比例达 2:1 或 3:1 时, 可显著增加百粒重, 进而促进产量的形成。

表 5 不同氮素形态配比对玉米产量及产量构成因素的影响					
Table 5 Effect of under different ratios of nitrate to ammonium on yield and its components					
处理 Treatment	穗长/cm Spike length	穗粗/mm Ear width	穗粒数 Number of grains per ear	百粒重/g 100-grain weight	子粒产量/(kg·hm ⁻²) Grain yield
N_1	20 ± 0.58b	52 ± 0.40b	619 ± 16.56c	30 ± 0.54c	11818 ± 113.64d
N_2	22 ± 0.59ab	53 ± 0.05ab	695 ± 11.68ab	33 ± 0.34b	12576 ± 100.22bc
N_3	21 ± 0.37ab	53 ± 0.51ab	662 ± 12.32ab	32 ± 0.60b	12349 ± 100.22c
N_4	20 ± 0.81ab	53 ± 0.88ab	654 ± 20.10bc	31 ± 0.29c	12273 ± 173.58c
N_5	21 ± 0.36ab	54 ± 0.27ab	691 ± 14.06ab	33 ± 0.14b	12750 ± 73.06ab
N_6	22 ± 0.12a	55 ± 0.67a	712 ± 6.41a	35 ± 0.39a	12992 ± 136.57a

3 结论与讨论

叶片是有机物质生产的主要器官, 其面积大小及光合作用的强弱对玉米的生长发育有重要的影响^[18]。全膜双垄沟播具有显著的增温和保水效应, 改善了土壤的理化性质^[2-4,13], 有效增加了光合面积、增大了光合势^[3-4,13]。全膜双垄沟播玉米在不同氮素形态配比处理下的单株叶面积变化趋势一致, 但叶面积大小因配比不同而存在很大差异。硝态氮和铵态氮为 3:1 的 N_6 处理可显著增加全生育期的叶面积和光合势, 改善了玉米的光合性能, 为获得高产奠定了基础。曹翠玲和李生秀等^[19]在小麦上的研究表明, 氮素形态配比影响小麦的叶面积和叶绿素含量, 铵/硝态氮比例为 50:50 时, 小麦地上部分叶面积最大, 小麦成熟后生物量和产量最高。这些研究均表明, 硝态氮和铵态氮的配施比例影响作物的光合性能, 利于光合作用的适宜配比因作物种类而异。

干物质积累是子粒产量形成的物质基础, 促进干物质向子粒转运和分配是高产的关键^[20]。本研究结果表明, 硝态氮和铵态氮配施的干物质积累量均高于单一的硝态氮源, 当硝态氮和铵态氮比例小于 3:1 后, 随铵态氮比例的逐渐增大, 干物质质量明显降低, 这与樊卫国等^[12]研究结果基本相似, 即混施 75:25 的硝态氮和铵态氮能够促进脐橙的生长发育和提高氮的吸收及利用效率。氮素形态配比虽明显改变了玉米干物质积累量的大小, 但未改变干物质积累的总体态势, 这与魏景云等^[21]研究结果一致。不同氮素形态配比下玉米干物质积累的 Logistic 模

型均达到极显著相关水平, 不同氮素形态配比虽然改变了特征参数值, 但并不改变生长模型, 可为生产上确定氮素形态配比提供参考。孙文涛^[22]、金继运^[23]的研究指出, 玉米在灌浆期以后干物质积累增加量较为平缓, 主要是此时玉米秸秆和叶片的增加量已呈缓慢下降趋势, 表现出的只是子粒中干物质的积累。本试验中, 干物质快速积累期以单一硝态氮处理的积累速率最低; 硝态氮和铵态氮两种氮素形态配比中, 随着硝态氮比例的增大, 干物质积累速率增加, 且最大积累速率出现的时间比较晚, 硝态氮和铵态氮比例为 3:1 时玉米全生育期均保持了较高的增长速率。不同氮素形态配比下玉米干物质积累速率“慢—快—慢”的增长规律与孙文涛^[22]和金继运^[23]的研究结果一致。

在一定范围内, 干物质积累量与产量正相关^[24], 高生物量是高产的物质基础^[25], 因此, 增强玉米生育期内干物质的积累能力是提高子粒产量的有效途径^[26]。和单一硝态氮处理相比, 硝态氮和铵态氮两种氮素形态配施因对干物质积累具有提高作用而对子粒产量的形成具有一定的促进作用, 且随着硝态氮比例的增大, 促进作用明显。铵态氮比例的增大因降低了穗长、穗粗、穗粒数和百粒重而显著降低了子粒产量, 铵态氮比例较高不利于玉米产量的形成。

在旱地全膜双垄沟播栽培技术下, 玉米的叶面积、光合势和干物质均以硝态氮与铵态氮配施高于单一硝态氮处理。硝态氮和铵态氮 3:1 的配比利于玉米生长发育及子粒产量形成。

参 考 文 献:

[1] 2016 年中国棉花种植面积同比下降 20% [EB/OL]. 世界农化网- 中文网. <http://cn.agropages.com>, 2016-5-13.

[2] 杨成勋. 化学打顶对棉花植株形态、冠层结构及群体光合生产的影响[D]. 石河子大学, 2016.

[3] 范修文, 张宏, 兰海鹏, 等. 新疆棉花打顶机存在问题及建议[J]. 新疆农机化, 2016, (4): 30-31.

[4] 陈昭阳, 石磊. 棉花打顶机研发历程及其研发重点探析[J]. 农机化研究, 2016, (1): 251-256.

[5] 周桂鹏, 张晓辉, 范国强, 等. 棉花打顶机械化的研究现状及发展趋势[J]. 农机化研究, 2014, 4(4): 242-245.

[6] 刘燕. 棉花缩节胺处理与整枝效应的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.

[7] 李霞, 王维新, 宋海堂, 等. 基于超声波技术棉株高度自动测

量的研究[J]. 农机化研究, 2008, (6): 187-189.

[8] 李亚兵. 基于群体数字图像的棉花生长发育监测研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.

[9] 邓劲松, 石媛媛, 陈利苏, 等. 基于近红外传感器和面向对象光谱分割技术的田间棉株识别与提取[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(7): 1754-1758.

[10] 瞿端阳, 王维新. 基于机器视觉技术的棉株识别定位[J]. 中国棉花, 2013, 40(2): 16-19.

[11] 李自学. 农作物田间试验实用手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版, 2007: 18-20.

[12] 彭强吉, 胡斌, 罗昕, 等. 不同打顶时间和高度对北疆高产棉花产量的影响[J]. 中国棉花, 2012, (5): 23-25.

[13] 全维维, 贾宁, 张晨阳, 等. 基于 Minitab 的 TFT-LCD 产品标准化率影响因素分析及改进[J]. 现代制造工程, 2015, (3): 90-94.

(上接第 203 页)

参 考 文 献:

[1] 宋尚有, 樊廷录, 王勇, 等. 氮素营养对黄土高原旱地玉米产量、品质及水分利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(3): 387-392.

[2] 汪佳, 黄高宝, 李玲玲, 等. 全膜双垄沟播玉米对土壤全氮及全磷时空变化的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(1): 22-27.

[3] 姚刚, 张胜, 王圣瑞, 等. 地膜覆盖对春玉米光合性能和干物质累积的影响[J]. 内蒙古农业大学学报, 2000, 21(增刊): 153-156.

[4] Ndubuisi M C. Physical properties of an ultisol under plastic film and no-mulches and their effect on the yield of maize[J]. Journal of American Science, 2009, 5(5): 25-30.

[5] 强生才, 张恒佳, 莫非. 微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(9): 2365-2373.

[6] 方彦杰, 黄高宝, 李玲玲, 等. 旱地全膜双垄沟播玉米生长发育动态及产量形成规律研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(4): 129-134.

[7] 潘渝, 郭谨, 李毅, 等. 地膜覆盖条件下土壤增温特性[J]. 水土保持研究, 2002, 9(2): 130-134.

[8] 谭贺. 不同氮肥运筹对春玉米干物质积累及氮吸收分配的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.

[9] 邢瑶, 马兴华. 氮素形态对植物生长影响的研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(2): 109-117.

[10] 高志, 徐阳春, 沈其荣, 等. 不同氮素形态配比的复混肥对玉米苗期生长及氮肥利用效率的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(6): 68-72.

[11] 黄明, 段有强, 李友军, 等. 不同氮素形态对比对冬小麦氮素积累和利用的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(6): 290-304.

[12] 樊卫国, 葛会敏. 不同形态及配比的氮肥对枳砧脐橙幼树生长及氮素吸收利用的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(13): 2666-2675.

[13] 高玉红, 牛俊义, 郭丽琢, 等. 不同覆膜栽培方式对玉米干物质积累及产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(4): 440-446.

[14] 杨萍, 李杰, 牛俊义, 等. 胡麻/大豆间作体系下施氮对胡麻干物质积累和产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(4): 489-497.

[15] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 101-103.

[16] 赵中华, 刘德章, 南建福. 棉花各器官干物质分配规律的数学模型[J]. 华北农学报, 1997, 12(3): 53-59.

[17] 李蕾, 娄春恒, 文如镜, 等. 新疆不同密度下棉花干物质积累及其分配规律研究[J]. 西北农业学报, 1996, 5(2): 10-14.

[18] 杨国虎, 李建生, 罗湘宁, 等. 干旱条件下玉米叶面积变化及地上干物质积累与分配的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(5): 28-32.

[19] 曹翠玲, 李生秀. 氮素形态对小麦中后期的生理效应[J]. 作物学报, 2003, 29(2): 258-262.

[20] 王丽梅, 李世清, 邵明安. 水、氮供应对玉米冠层营养器官干物质和氮素累积、分配的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(13): 2697-2705.

[21] 魏景云, 高炳德, 索全义, 等. 旱地油用亚麻优化施肥的研究[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20(4): 79-83.

[22] 孙文涛, 汪仁, 安景文, 等. 平衡施肥技术对玉米产量影响的研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(3): 109-111.

[23] 金继运, 何萍. 氮钾互作对春玉米生物产量及其组分动态的影响[J]. 玉米科学, 1999, 7(4): 57-60.

[24] 黄振喜, 王永军, 王空军, 等. 产量 15000 kg/hm² 以上夏玉米灌浆期间的的光合特性[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 1898-1906.

[25] 黄智鸿, 王思远, 包岩, 等. 超高产玉米品种干物质积累与分配特点的研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(3): 95-98.

[26] 丛艳霞, 赵明, 董志强, 等. 乙霉合剂对春玉米干物质积累和茎秆形态的调控[J]. 作物杂志, 2008, 21(4): 68-71.