

磷酸二铵施肥量和单混种植对超高产大豆根系性状的影响研究

马兆惠, 车仁君, 张惠君, 王海英, 谢甫缙

(沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 在盆栽条件下, 以超高产大豆品种辽豆 14、中黄 35 和普通大豆品种辽豆 11 为试材, 探讨了超高品种在不同施肥量和种植类型处理下根系的竞争力。结果表明, 超高品种和普通品种大豆的根系形态性状、根系活力和伤流成份在品种和品种 × 肥力互作间均存在显著差异。开花期, 普通品种在不施肥条件下单播处理的根长、根表面积和伤流量较超高品种分别高出 46.3%、47.6% 和 27.9%, 差异达显著水平。超高品种在中肥和高肥水平下根系形态指标较高, 在鼓粒期和混播处理中其根系活力、伤流量和伤流成份含量均显著高于普通品种。说明在施肥量充足时, 超高品种的根系较普通品种表现了良好的生长优势和吸收能力。

关键词: 大豆; 施肥量; 根系形态; 根系活力; 伤流成份

中图分类号: S344 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)02-0119-07

Effect of different diammonium phosphate levels and population type on root traits of super-high-yield soybean cultivars

MA Zhao-hui, CHE Ren-jun, ZHANG Hui-jun, WANG Hai-ying, XIE Fu-ti

(Agronomy College of Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866, China)

Abstract: Super-high-yielding soybean cultivar Liaodou14, Zhonghuang35, and conventional cultivar Liaodou11 were used to study the root competitiveness of Super-high-yield soybean under different fertilizer rate (0, 100 and 200 mg diammonium phosphate/kg soil) and population type (single seeding and mix seeding). The result showed that the root morphological trait, root vigor and bleeding sap amount of soybean showed a significant difference for cultivar and cultivar × fertility interaction. The root length, root surface, and bleeding sap of conventional cultivar Liaodou11 were higher than those of super-high-yield cultivar under the non-fertilizer treatment especially at blooming stage and single seeding treatment (46.3%, 47.6% and 27.9%). On the other hand, the root morphological index, root activity, bleeding and bleeding element content of super-high-yielding soybean cultivar was significant higher than that of the conventional cultivar, which was more obviously at seed filling stage and mix seeding treatment. The results indicated that super-high-yield soybean root had higher growth rate and absorbing ability at abundant fertilizer rate.

Keywords: soybean; fertilizer amount; root morphological; root activity; bleeding sap

根系是植物在生长发育过程中起吸收作用和部分的同化作用的主要营养器官, 施肥量和种植密度是大豆研究中常常涉及到的两个因素, 它们直接影响大豆的地上、地下部的生长及产量的形成^[1-3]。根系形态决定了作物获得养分和水分的能力^[4-5], 反映作物根系形态的参数, 主要包括根生物量、根长、根表面积、平均根直径和根体积等^[6-7]。

植物吸收养分的能力主要取决于根系的形态。韩晓增等指出, 不同形态 N 处理下, 大豆根长、根体积、根表面积、根尖数均随生育期的推进而逐渐增加。不施肥处理的根长、根体积、根表面积和根尖数均显著低于其它不同形态 N 处理^[8], 表明适时适量施用不同形态 N 对大豆根系生长有促进作用。同时, 随着施氮肥量增加, 根系活力均表现先增大后减

收稿日期: 2013-10-18

基金项目: 国家自然科学基金(31071355); 辽宁省科技厅攻关项目(2011201020); 国家“十一五”科技支撑计划(2011BAD35B06-2)

作者简介: 马兆惠(1985—), 女, 回族, 辽宁法库人, 博士研究生, 研究方向为大豆栽培生理。E-mail: xiaowanzi33333@163.com。

通信作者: 谢甫缙(1966—), 男, 江西上犹人, 教授, 博士生导师, 研究方向为大豆株型育种与栽培。E-mail: snssoybean @sohu.com。

小趋势;随着土层深度的增加,各施氮肥水平根系活力均随土层深度增加而逐渐减小^[9]。长期氮素充足的 NK 处理根瘤干重增长速率最慢,PK 处理根瘤干重最大,这不仅表明氮磷在大豆共生固氮中的重要作用,而且说明磷的作用较氮更为重要^[10]。丁玉川等研究表明,不同磷浓度对大豆株高、根体积等具有显著或极显著影响,且不同大豆品种和不同生长发育阶段对磷浓度的反应表现出显著差异^[11]。前人的研究,鲜有对超高产品种和普通品种进行混合种植比较,因此本试验将有助于揭示不同类型品种在单一群体及混合群体条件下根系对磷酸二铵适应的差异性及根系竞争力,为不同产量水平品种大豆的高产高效栽培管理提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

采用超高产品种辽豆 14(L14)和中黄 35(Z35),普通品种辽豆 11(L11)为试材。苗期追肥(磷酸二铵)。

1.2 试验设计

试验于 2012 年 5—9 月在沈阳农业大学试验基地进行,试验采取盆栽方式,盆规格 25 cm × 20 cm × 30 cm(高 × 底径 × 顶径),每盆装土 12.5 kg,随机区组设计。设 3 个品种(超高产品种 2 个、普通品种 1 个),3 个磷酸二铵施肥水平(即盆栽 0(F₁)、100(F₂)、200(F₃)mg·kg⁻¹土),2 个群体类型(单一群体(S):各品种单播;混合群体(M):同一盆中按 1:1 种植),5 次重复。

1.3 测定内容与方 法

1.3.1 根系形态指标 在大豆开花期、鼓粒期和成熟期取样,将根系从土中取出,反复冲洗,利用根系扫描仪 WinRhizo Program (Regent Instruments Inc. Canada)对样根进行扫描测量,测定主根长、根表面积、根体积。

1.3.2 根系活力测定 参照李合生^[12]和金锦子等^[13]的 TTC 法(甲醇浸泡法)测定根系活力。

1.3.3 伤流量 参照张宪政^[14]《作物生理研究法》的重量法收取伤流液。

1.3.4 伤流成份 参照张宪政^[14]《作物生理研究法》测定磷(钼锑抗法)、钾(火焰光度计)及可溶性糖(蒽酮法)。

1.4 数据分析

所有数据均在 Excel2003、DPS7.5 软件中进行分析和处理。

2 结果与分析

2.1 开花期超高产大豆的根系性状

2.1.1 根系形态性状 开花期(7月13日)测定了根系形态性状,结果表明,除 200 mg·kg⁻¹施肥处理外,超高产品种和普通品种的根长在混播时较单播处理有所下降(图 1)。随着施肥水平的提高,超高产品种混播时的根长有不同程度的提高。根长在品种($P = 0.0001$)、品种 × 肥力($P = 0.0002$)间均达到极显著差异。在 0 mg·kg⁻¹施肥处理下,普通品种辽豆 11 单播时的根长显著高于超高产品种($P = 0.0352$),而 100 mg·kg⁻¹施肥处理下,单播时品种间无差异,混播下超高产品种根长较长($P = 0.0350$)。在 200 mg·kg⁻¹施肥处理下,普通品种开花期的根长在单播和混播中均高于超高产品种($P = 0.0068$, $P = 0.0018$)。

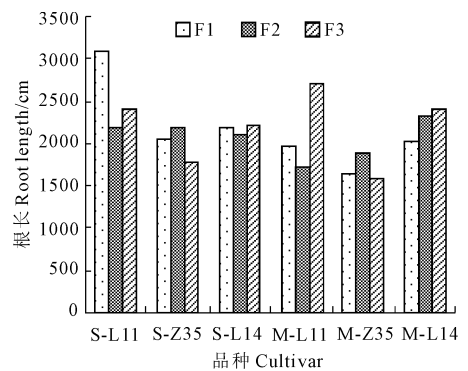


图 1 大豆开花期不同施肥量和群体类型下根长的比较
Fig.1 Root length of soybean cultivars at blooming stage under different fertilizer rates and population types

开花期的根表面积存在品种($P = 0.0001$)和品种 × 肥力($P = 0.0009$)间极显著差异(图 2)。混播条件下超高产品种的根表面积随着施肥水平的提高而增加。不施肥(0 mg·kg⁻¹)时,单播($P = 0.0389$)和混播条件下普通品种的根表面积均较超高产品种的高。中等施肥水平(100 mg·kg⁻¹)下,单播时超高产品种的根表面积较低,但混播时超高产品种辽豆 14 和中黄 35 的根表面积显著高于辽豆 11($P = 0.0405$)。200 mg·kg⁻¹处理下,普通品种根表面积均高于超高产品种($P = 0.0150$, $P = 0.0029$)。

开花期根体积在品种($P = 0.0001$)、肥力($P = 0.0269$)和品种 × 肥力($P = 0.0064$)间存在显著或极显著差异(图 3)。0 mg·kg⁻¹磷酸二铵水平下,普通品种根体积大于超高产品种。100 mg·kg⁻¹磷酸二铵水平下,单播中辽豆 11 的根体积较高,混播时辽豆 14 和中黄 35 的根体积超过普通品种($P =$

0.0409),较单播分别提高了45.8%和32.0%。200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 磷酸二铵处理中,辽豆11的根体积均大于辽豆14和中黄35($P=0.0313$, $P=0.0436$)。

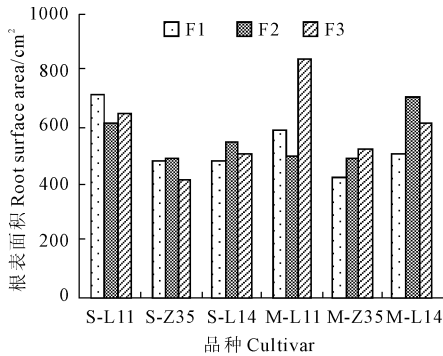


图2 大豆开花期不同施肥量和群体类型下根表面积的比较

Fig.2 Root surface area of soybean cultivars at blooming stage under different fertilizer rates and population types

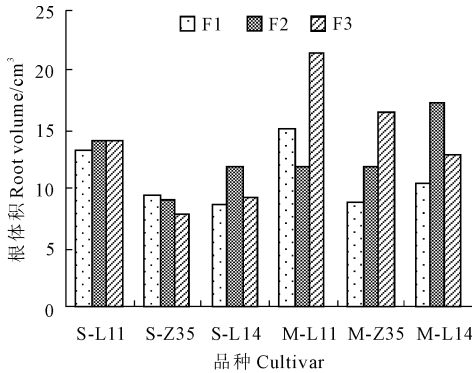


图3 大豆开花期不同施肥量和群体类型下根体积的比较

Fig.3 Root volume of soybean cultivars at blooming stage under different fertilizer rates and population types

2.1.2 根系活力和伤流量 在0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理下,开花期(7月13日)超高产品种根系活力均高于普通品种,且在混播时达显著差异水平($P=0.0457$)。100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理中,普通品种单播时的根系活力较高,但混播时超高产品种辽豆14和中黄35根系活力大幅增长,较普通品种分别高出16.7%和32.3%,而普通品种根系活力下降。200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平下,混播处理的根系活力极显著高于单播($P=0.0053$),超高产品种单播和混播($P=0.05$)处理中的根系活力均高于普通品种(图4)。

开花期大豆的伤流量在品种($P=0.0001$)和品种 \times 肥力($P=0.0348$)间达到显著或极显著差异(图5)。0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平下混播时各品种的伤流量显著低于单播($P=0.0422$),普通品种单播下伤流量较高,但混播中低于超高产品种($P=0.0309$)。100

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理使超高产品种伤流量在单播和混播时均高于普通品种,且品种间差异在混播中达极显著($P=0.0015$)。200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平下,混播的伤流量显著低于单播($P=0.0249$),超高产品种在单播和混播中的伤流量分别比普通品种高73.9%和26.1%,差异达显著水平($P<0.05$)。

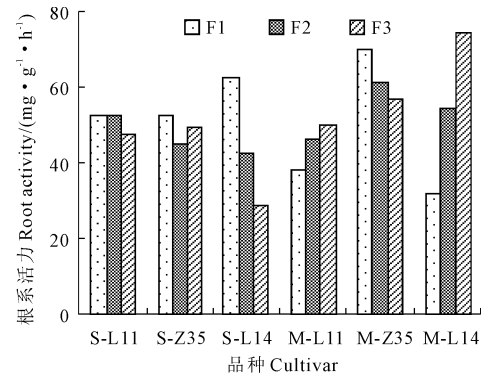


图4 大豆开花期不同施肥量和群体类型下根系活力的比较

Fig.4 Root activity of soybean cultivars at blooming stage under different fertilizer rates and population types

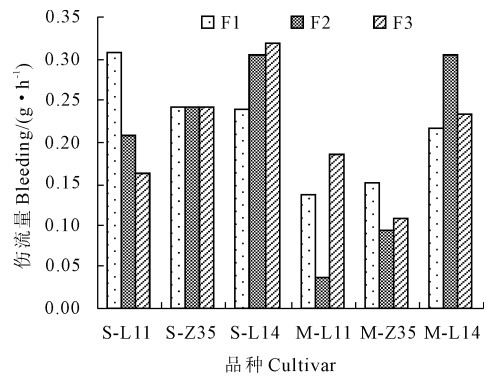


图5 大豆开花期不同施肥量和群体类型下伤流量的比较

Fig.5 Root bleeding sap of soybean cultivars at blooming stage under different fertilizer rates and population types

2.1.3 伤流成份 开花期(7月13日)的伤流成份分析结果表明(表1),在0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理下,各品种伤流成份在混播下均高于单播处理,其中普通品种混播时的全钾含量极显著高于超高产品种($P=0.0013$)。100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理下,混播中普通品种全钾、全磷及可溶性糖含量较单播分别增长了87.1%、112.4%和144.6%,且与超高产品种伤流含量差异达到显著或极显著水平。而200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平使混播下的超高产品种中黄35的全钾、全磷及可溶性糖含量较单播增长了171.5%、122.6%和153.8%,且可溶性糖含量显著高于普通品种辽豆11($P=0.0190$)。

表 1 大豆开花期不同施肥量和群体类型下伤流成份的比较

Table 1 Bleeding sap components of soybean cultivars at blooming stage under different fertilizer rates and population types

伤流成份 Bleeding component/%	施肥量 Fertilizer rate /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	单播 Single seeding			混播 Mix seeding		
		辽豆 11 Liaodou 11	中黄 35 Zhonghuang 35	辽豆 14 Liaodou 14	辽豆 11 Liaodou 11	中黄 35 Zhonghuang35	辽豆 14 Liaodou14
全钾 Total potassium	0	0.031B	0.036B	0.033B	0.111A	0.038B	0.036B
	100	0.043b	0.031b	0.032b	0.081a	0.045b	0.037b
	200	0.061	0.027	0.032	0.054	0.073	0.029
全磷 Total phosphorus	0	0.024	0.026	0.026	0.055	0.024	0.027
	100	0.037B	0.026B	0.034B	0.457A	0.031B	0.032B
	200	0.038	0.034	0.031	0.030	0.075	0.035
可溶性糖 Soluble sugar	0	0.131	0.058	0.058	0.283	0.084	0.062
	100	0.165B	0.084B	0.057B	2.546A	0.095B	0.037B
	200	0.202a	0.054c	0.060c	0.051c	0.136ab	0.082bc

注:表中数据表示各品种的平均值。第一列不同大小写字母为各品种在不同肥力和播种处理下 0.05 和 0.01 水平上的差异显著性。

Note: Values are averages. Different letters indicate significance at the 5% and 1% levels.

2.2 鼓粒期超高产大豆的根系性状

2.2.1 根系形态性状 鼓粒期(8月22日)的根长在品种($P = 0.0001$)、肥力($P = 0.0001$)和品种 \times 肥力($P = 0.0001$)间均达到极显著差异(图6)。在 $0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 施肥水平下,超高产品种混播时的根长高于普通品种($P = 0.0451$)。 $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理下,普通品种的根长在单播时较长,但混播时,超高产品种辽豆 14(38.8%, 2.9%)和中黄 35(12.4%, 58.7%)的根长均有所增长,显著高于普通品种的根长($P = 0.0179$, $P = 0.0251$)。

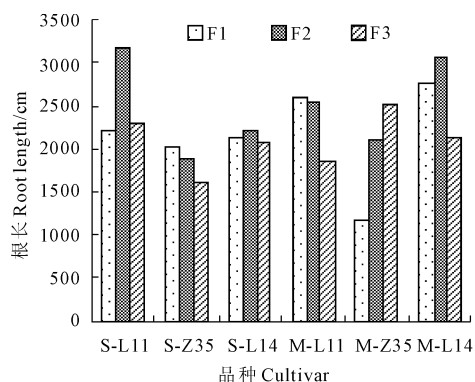


图 6 大豆鼓粒期不同施肥量和群体类型下根长的比较

Fig.6 Root length of soybean cultivars at seed filling stage under different fertilizer rates and population types

大豆的根表面积在品种($P = 0.0001$)、肥力($P = 0.0001$)和品种 \times 肥力($P = 0.0004$)间均达到极显著差异(图7)。 $0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平下,普通品种的根表面积在单播($P = 0.0021$)和混播($P = 0.0045$)中均显著高于超高产品种。 $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理下,普通品种单播的根表面积较大,而混播时辽豆 14、中黄 35

和辽豆 11 根表面积分别较单播下降了 7.4%、28.4%和 25.7%,超高产品种根表面积显著高于普通品种($P = 0.0104$)。 $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平下,普通品种根表面积大于超高产品种。

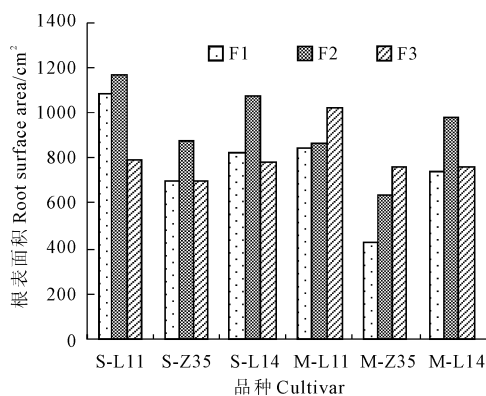


图 7 大豆鼓粒期不同施肥量和群体类型下根表面积的比较

Fig.7 Root surface area of soybean cultivars at seed filling stage under different fertilizer rates and population types

根体积在品种($P = 0.0001$)、肥力($P = 0.0139$)和品种 \times 肥力($P = 0.0001$)间均达到显著差异(图8)。 $0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理下,普通品种的根体积大于超高产品种($P < 0.05$)。而 $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平下,超高产品种在单播($P = 0.05$)和混播($P = 0.0099$)时的根体积均高于普通品种。 $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 水平下,普通品种混播的根体积较超高产品种高($P = 0.0493$),单播中品种间无差异。

2.2.2 根系活力和伤流量 鼓粒期(8月22日)大豆的根系活力在品种($P = 0.0001$)和肥力($P = 0.0012$)间差异均达到极显著(图9)。各品种单播时的根系活力高于混播处理($P < 0.01$)。 $0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 施

肥水平下,超高产品种单播时的根系活力大于普通品种($P = 0.05$),但混播时普通品种根系活力较高。 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,超高产品种单播时的根系活力显著高于普通品种($P = 0.0259$),混播时品种间无差异。而在 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理下,超高产品种根系活力在单播($P = 0.0001$)和混播中均高于普通品种。

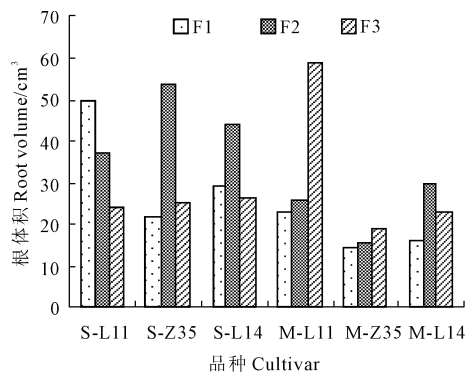


图 8 大豆鼓粒期不同施肥量和群体类型下根体积的比较

Fig. 8 Root volume of soybean cultivars at seed filling stage under different fertilizer rates and population types

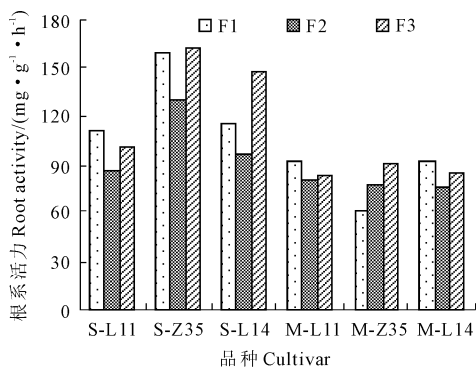


图 9 大豆鼓粒期不同施肥量和群体类型下根系活力的比较

Fig. 9 Root activity of soybean cultivars at seed filling stage under different fertilizer rates and population types

鼓粒期大豆的伤流量在品种($P = 0.0015$)和品种 × 肥力($P = 0.0153$)间存在显著或极显著差异(图 10)。在不施肥($0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)和高肥($200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)处理下,单播和混播时的大豆伤流量在品种间无明显差异。而在中肥($100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)水平下,超高产品种单播时的伤流量较普通品种高($P = 0.0178$),但混播时低于普通品种($P = 0.0412$)。

2.2.3 伤流成份 在 $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 施肥($P = 0.0184$)水平下,鼓粒期(8月22日)大豆的全钾含量在单播时均低于混播,品种间差异均不显著。 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下超高产品种混播时的全钾含量高于普通品种($P = 0.0001$)。

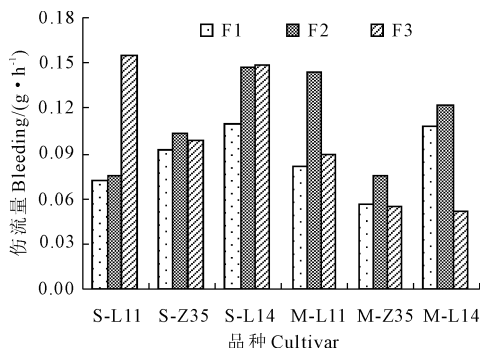


图 10 大豆鼓粒期不同施肥量和群体类型下伤流量的比较

Fig. 10 Root bleeding sap of soybean cultivars at seed filling stage under different fertilizer rates and population types

全磷含量在品种($P = 0.0039$)和肥力($P = 0.0043$)间差异达到了极显著水平。 $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下各品种全磷含量无显著差异。 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,普通品种单播时的磷含量高于超高产品种,但混播时超高产品种的磷含量大于普通品种。

鼓粒期大豆的可溶性糖含量在品种($P = 0.0009$)、肥力($P = 0.0024$)和品种 × 肥力($P = 0.0122$)间达到显著或极显著差异。 $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下各品种可溶性糖含量无显著差异。 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,超高产品种可溶性糖含量在单播和混播时均高于普通品种。 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理下,大豆单播时的可溶性糖含量极显著低于混播($P = 0.0002$),与单播相比,辽豆 14、中黄 35 和辽豆 11 混播时的可溶性糖含量分别提高了 1740.5%、1017.2%和 151.7%。

2.3 成熟期超高产大豆的根系性状

2.3.1 根系形态性状 成熟期(9月26日)大豆的根长在品种($P = 0.0001$)、肥力($P = 0.0001$)和品种 × 肥力($P = 0.0001$)间均达到极显著差异(图 11)。在 $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 施肥水平下,超高产品种的根长在单播($P = 0.0319$)和混播($P = 0.0001$)时均高于普通品种。而 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,普通品种在单播($P = 0.0010$)和混播($P = 0.0045$)时的根长均较超高产品种长。 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理下,普通品种单播时根长较长,但混播时极显著低于超高产品种的根长($P = 0.0007$)。

根表面积在品种($P = 0.0001$)、肥力($P = 0.0001$)和品种 × 肥力($P = 0.0001$)间差异均达到极显著(图 12)。 $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,超高产品种辽豆 14 的根表面积在单播($P = 0.0024$)和混播时较普通品种辽豆 11 高 47.9%和 20.3%。 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,普通品种的根表面积在单播($P = 0.05$)和混播

($P = 0.0137$)时均高于超高产品种。200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理下,普通品种单播时的根表面积较大,但混播时超

高产品种的根表积极显著大于普通品种($P = 0.0011$)。

表 2 大豆鼓粒期不同施肥量和群体类型下的伤流成份的比较

Table 2 Bleeding sap components of soybean cultivars at seed filling stage under different fertilizer rates and population types

伤流成份 Bleeding component/%	施肥量 Fertilizer rate $\text{/(mg} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)}$	单播 Single seeding			混播 Mix seeding		
		辽豆 11 Liaodou 11	中黄 35 Zhonghuang 35	辽豆 14 Liaodou 14	辽豆 11 Liaodou 11	中黄 35 Zhonghuang35	辽豆 14 Liaodou14
全钾 Total potassium	0	0.021	0.020	0.025	0.042	0.047	0.053
	100	0.057ab	0.046ab	0.020b	0.024b	0.024b	0.116a
	200	0.053	0.013	0.025	0.074	0.074	0.065
全磷 Total phosphorus	0	0.032	0.021	0.012	0.057	0.039	0.048
	100	0.084	0.051	0.023	0.019	0.044	0.090
	200	0.063bc	0.015c	0.015c	0.123ab	0.146a	0.147a
可溶性糖 Soluble sugar	0	0.667	0.289	0.130	0.684	0.714	0.679
	100	1.076ab	1.097ab	0.212b	0.261b	0.727ab	1.415a
	200	0.799b	0.211b	0.121b	2.011a	2.361a	2.227a

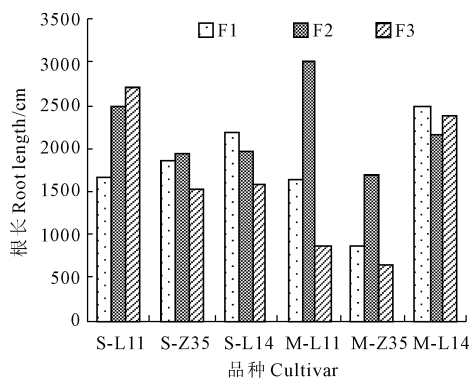


图 11 大豆成熟期不同施肥量和群体类型下根长的比较

Fig. 11 Root length of soybean cultivars at mature stage under different fertilizer rates and population types

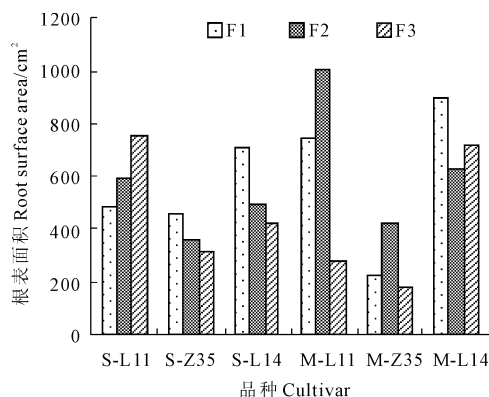


图 12 大豆成熟期不同施肥量和群体类型下根表面积的比较

Fig. 12 Root surface area of soybean cultivars at mature stage under different fertilizer rates and population types

根体积在品种($P = 0.0001$)、肥力($P = 0.0001$)和品种 \times 肥力($P = 0.0002$)间均存在极显著差异

(图 13)。0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,超高产品种单播时的根体积高于普通品种($P = 0.0005$),但混播时较普通品种低($P = 0.0281$)。100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下,普通品种辽豆 11 混播时的根体积较单播增长幅度最大(114.1%),根体积在品种间差异达显著水平($P = 0.0219$)。200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理下,单播时普通品种的根体积高于超高产品种,但混播时较超高产品种低 35.5%,差异达极显著水平($P = 0.0022$)。

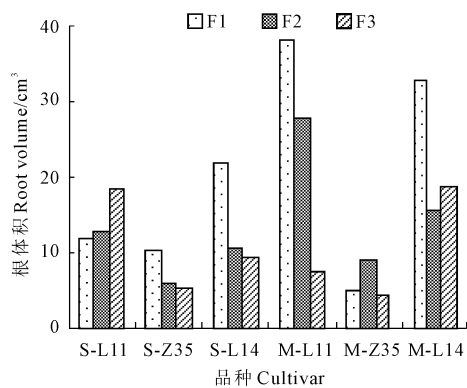


图 13 大豆成熟期不同施肥量和群体类型下根体积的比较

Fig. 13 Root volume of soybean cultivars at mature stage under different fertilizer rates and population types

2.3.2 根系活力 成熟期(9月 26 日)大豆根系活力在品种($P = 0.0001$)和肥力($P = 0.002$)间差异达极显著水平(图 14)。不施肥(0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)处理下,超高产品种辽豆 14 和中黄 35 混播时的根系活力较单播分别增长了 49.7%和 32.9%,但其根系活力在两类种植类型中均低于普通品种辽豆 11,其中单播下差异达显著水平($P = 0.0425$)。中肥(100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

使普通品种成熟期的根系活力在单播时显著高于超高产品种($P = 0.0331$),但这种差异在混播处理下消失。高肥($200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)水平下各品种混播时的根系活力较单播处理显著提高($P = 0.0117$)。

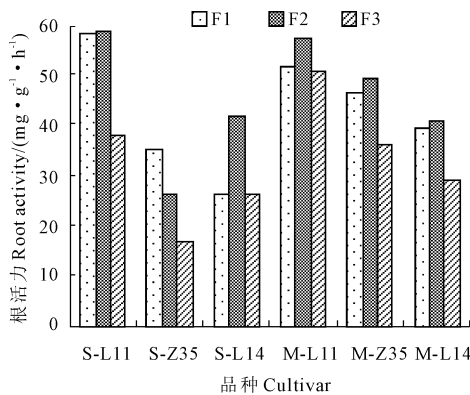


图 14 大豆成熟期不同施肥量和群体类型下根系活力的比较

Fig. 14 Root activity of soybean cultivars at mature stage under different fertilizer rates and population types

3 讨论

根系作为作物重要的吸收和代谢器官,其生长状况不仅直接控制着作物根系吸收水分和养分的能力,而且制约着作物地上部生长发育^[15]。施肥是提高作物产量的关键措施之一,施肥必然影响大豆营养元素间的协调供应,大豆根系形态及根瘤性状受到营养元素种类及总体供应状况的影响^[16],其中氮磷的施用直接影响大豆的根瘤形成和生长过程^[17-18]。通过本研究表明,超高产品种根系形态性状在不施肥条件下低于普通品种,在肥力充足的条件下根系较为发达,鼓粒期和混播时这种表现更为突出,可见适量的氮磷可促进根系的生长,增大根系在土壤中的养分吸收空间,而超高产品种在生殖生长期对肥的需求和吸收能力更强。

作为客观地反映根系生命活动的生理指标^[19],各品种大豆的根系活力和伤流量在不同的施肥处理下有不同程度的变化^[20-24]。普通品种大豆的根系活力和伤流量在 $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平下较高,但在 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 磷酸二铵处理下,超高产品种的根系活力和伤流量显著高于普通品种,差异在开花期和混播模式中更明显。伤流液的成份可作为根系活动能力强弱的指标^[25-26]。普通品种在不施肥和中肥水平下开花期的伤流成份含量均高于超高产品种,但自鼓粒期起,超高产品种的伤流成份含量在 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 磷酸二铵处理下显著大于普通品种,混播时品种间差异明显。说明在肥力

不足的情况下超高产品种开花期后的根系活力只能维持在一个较低的水平。而肥力充足时,超高产品种根系则具有较强的生命活力和竞争力,与普通品种在共同的生长环境中表现得更具优势。

用盆栽法研究大豆的根系性状,虽然可以比较完整地植株的根系做定量研究,但是盆内土壤的理化状况毕竟与田间土壤不同,加之盆本身容积的限制,对大豆根系的生长不会没有影响。同时,研究只是用两个超高产品种和一个普通品种作为研究材料,初步探讨了不同类型品种在单一群体及混合群体条件下根系对磷酸二铵适应的差异性及根系竞争力,有些结论可能不具有代表性,还有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] 傅金民,董 钻.大豆根系生长及其与产量的关系[J].大豆科学,1987,6(4):261-271.
- [2] 杜吉到,丁希武,郑殿峰,等.不同密度下大豆叶部性状生长发育规律的研究[J].黑龙江农业科学,2006,(5):40-43.
- [3] 杜吉到,杜汝军,郑殿峰,等.不同密度下大豆茎部性状生长发育规律的研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2006,18(3):1-4.
- [4] 金 剑,王光华,刘晓冰,等.东北黑土区高产大豆 R5 期根系分布特征[J].中国油料作物学报,2009,28(3):426-433.
- [5] Costa C, Fwyer LM, Hamilton R I, et al. A sampling method for measurement of large root systems with scanner-based image analysis[J]. Agronomy Journal, 2000,92:621-627.
- [6] 陈 杨,李 隆,张福锁.大豆和蚕豆苗期根系生长特征比较[J].应用生态学报,2005,16(11):2112-2116.
- [7] Vameralo T, Saccomani M, Bona S, et al. A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids[J]. Plant and Soil, 2003,255:157-167.
- [8] 严 君,韩晓增,王守宇.不同施氮量及供氮方式对大豆根瘤生长及固氮的影响[J].江苏农业学报,2010,26(1):75-79.
- [9] 李 曼.不同施氮量对大豆根系生理指标的影响[J].现代农业,2010,5:42-44.
- [10] 乔云发,韩晓增.长期定量施肥对大豆根系形态和根瘤性状的影响[J].大豆科学,2011,30(1):119-122.
- [11] 丁玉川,陈明昌,程 滨,等.不同大豆品种磷吸收利用特性比较研究[J].西北植物学报,2005,25(9):1791-1797.
- [12] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:119-120.
- [13] 白宝璋,金锦子,白 崧,等.玉米根系活力 TTC 测定法的改良[J].玉米科学,1994,2(4):44-47.
- [14] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1990.
- [15] Marschner H, Kirkby EA, Cakmak I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients[J]. Journal of Experimental Botany, 1996, 47: 1255-1263.

性分析表明,冬油菜苗期抗寒性与抗旱性存在显著正相关性。由此推断,旱寒区冬油菜抗寒品种选育与耐旱品种选育可结合进行。陇油 7 号可作为冬油菜抗寒耐旱新品种选育的首选资源。

2) 朱成刚等^[9], Efeoglu B 等^[10]研究表明,干旱胁迫后植物叶绿素含量呈逐渐减少的趋势,此结果与本试验结果不同。本试验叶绿素含量呈逐渐增加的趋势,但胁迫 28 d 比胁迫 14 d 增加幅度较少,说明叶绿素含量的变化与胁迫时间的长短有关。谢小玉等^[11]研究表明,油菜苗期干旱胁迫后丙二醛相对值、SOD 活性相对值、POD 活性相对值、脯氨酸含量相对值、可溶性糖含量相对值和可溶性蛋白相对值呈先增加后降低的趋势,当胁迫天数到 20 ~ 25 d 时,各指标值逐渐降低。对于干旱胁迫后油菜叶绿素含量的变化,可进一步进行验证。

3) 很多研究报道^[12-15],水分胁迫后组织相对含水量逐渐降低,与植物的抗寒性呈正相关性。本试验结果表明,叶片含水量和根含水量与苗期油菜抗旱性不存在相关性。可能因为植物鲜重常随时间及处理条件而变化,生长旺盛的幼嫩叶子,常随时间而会显著增加,所以用组织含水量来评价植物抗旱性不恰当。

4) 董守坤等^[16]研究表明,干旱胁迫后,抗旱性强的品种根系活力显著高于抗旱性弱的品种。Dodd I C^[17]等报道,植物根系作为植物的吸收器官,在对于干旱胁迫的响应过程中起着关键的作用,水分胁迫时,保持较高的根系活力是作物抗旱性强的表现。此结果与本试验一致。本试验相关性分析表明,根系活力与油菜干旱胁迫存活率存在极显著相关性。

参考文献:

[1] 孙万仓,马卫国,雷建民,等.冬油菜在西北旱寒区的适应性和

- 北移的可行性研究[J].中国农业科学,2007,40(12):2716-2726.
- [2] 陈姣荣,孙万仓,方彦,等.白菜型冬油菜在北方旱寒区的适应性分析[J].干旱地区农业研究,2012,30(6):17-30.
- [3] 石建红,王凤英,周吉红.白菜型冬油菜在北京怀柔区的适应性研究[J].作物杂志,2011,5:56-60.
- [4] 李强,顾元国,林萍,等.新疆冬油菜不同密度水平生育特性及经济性状比较研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):59-64.
- [5] 刘立峰,马国治,刘维,等.宁夏银北地区白菜型冬油菜品种比较研究[J].宁夏农林科技,2011,52(4):69-70.
- [6] 任朝霞,杨达源.西北干旱区近 50 年气候变化特征与趋势[J].地球科学与环境学报,2007,29(1):99-102.
- [7] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:2-3.
- [8] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000:192-199.
- [9] 朱成刚,李卫红,马晓东,等.塔里木河下游干旱胁迫下的胡杨叶绿素荧光特性研究[J].中国沙漠,2011,31(4):927-936.
- [10] Efeoglu B, Ekmekci Y, Cicek N. Physiological response of three maize cultivars to drought stress and recovery[J]. South African Journal of Botany, 2009,75(1):34-42.
- [11] 谢小玉,张霞,张兵.油菜苗期抗旱性评价及抗旱相关指标变化分析[J].中国农业科学,2013,46(3):476-485.
- [12] 罗梦,郭春会,马小卫.水分胁迫对长柄扁桃叶片含水量及保护酶活性的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(6):103-106.
- [13] 栾忠奇,刘晓红,王国栋.水分胁迫下小麦叶片的电容与水分含量关系[J].西北植物学报,2007,27(11):2323-2327.
- [14] 张东昱,盖玥,牛俊义,等.白菜型油菜抗寒生理生化特性动态研究[J].甘肃农业大学学报,2011,46(3):43-48.
- [15] 彭云玲,王涛,李燕,等.干旱胁迫对玉米耐旱自交系与早敏感自交系苗期生理特性的影响[J].草业科学,2012,29(2):1401-1406.
- [16] 董守坤,赵坤,刘丽君,等.干旱胁迫对春大豆叶绿素含量和根系活力的影响[J].大豆科学,2011,30(6):949-953.
- [17] Dodd I C. Root-to-shoot signaling: assessing the roles of up in the up and down world of long-distance signaling in planta[J]. Plant and Soil, 2005,274:251-270.

(上接第 125 页)

- [16] 王庆成,程云环.土壤养分空间异质性与植物根系的觅食反应[J].应用生态学报,2004,5(6):1063-1068.
- [17] 苗淑杰,乔云发,韩晓增,等.根瘤形成后缺磷对大豆生长和根瘤固氮功能的影响[J].作物学报,2009,35(7):1344-1349.
- [18] 苗淑杰,乔云发,韩晓增.大豆结瘤固氮对磷素的需求[J].农业系统科学与综合研究,2006,22(4):276-282.
- [19] 王芳,刘鹏,朱靖文.镁对大豆根系活力叶绿素含量和膜透性的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(2):235-239.
- [20] 张含彬,任万军,杨文钰,等.不同施氮量对套作大豆根系形态与生理特性的影响[J].作物学报,2007,33(1):107-112.
- [21] 孙庆泉,胡昌浩,董树亭,等.我国不同年代玉米品种生育全程根系特性演化的研究[J].作物学报,2003,29(5):641-645.

- [22] Osaki M, Shinano T, Matsumoto M, et al. A root-shoot interaction hypothesis for high productivity of field crops[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1997,43:1079-1084.
- [23] 王法宏,郑丕尧,王树安,等.大豆不同抗旱性品种根系性状的比较研究, I 形态特征及解剖组织结构[J].中国油料,1989,(1):32-37.
- [24] 王法宏.大豆抗旱性品种特性的研究[J].莱阳农学院学报,1990,7(3):196-199.
- [25] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2000:63-70.
- [26] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1983.