

壳低聚糖处理对苗期甘蔗抗旱性的影响

叶燕萍, 娄予强, 罗香英, 周岐伟, 蒋洪涛

(广西大学农学院, 广西南宁 530005)

摘 要: 采用三种不同分子量($M_w < 3\ 000$; $3\ 000 < M_w < 5\ 000$; $5\ 000 < M_w < 10\ 000$)相同浓度(50 mg/L)的壳低聚糖分别叶面喷施苗期甘蔗,并测定土壤相对含水量和甘蔗叶片抗旱性生理指标(水势、脯氨酸含量、可溶性蛋白质),以期了解不同分子量壳低聚糖对甘蔗苗期抵御土壤不同程度水分胁迫的影响。结果表明,壳低聚糖叶面喷施可以延缓干旱胁迫下叶片水势下降,提高叶片脯氨酸含量和可溶性蛋白质含量。壳低聚糖有望成为一种新型的甘蔗抗旱调节剂。

关键词: 壳聚糖;壳低聚糖;甘蔗;抗旱性

中图分类号: Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0094-05

我国蔗区大约有三分之二面积分布在丘陵旱坡地。特别是广西,旱地甘蔗面积达 90% 以上,灌溉条件差,常受到季节性干旱或难以预测的旱灾影响,甘蔗单产低。旱灾已成为影响甘蔗生产最频繁、范围最广的自然灾害之一。解决甘蔗旱害的途径很多,如选用耐旱品种、改善灌溉条件等,通过栽培措施也能增强甘蔗自身的耐旱能力^[1,2]。应用化学调控技术对甘蔗进行抗旱性诱导已成为近年研究的热点。

壳聚糖(chitosan)是甲壳素(chitin)经脱乙酰化处理后的产物,学名聚氨基葡萄糖,化学名称为(1,4)-聚-2-氨基-2-脱氧- β -D-葡聚糖,是由 N-乙酰-D-氨基葡萄糖单体通过 β -1,4-糖苷键连接起来的直链状高分子化合物。它是迄今为止发现的唯一阳离子动物纤维和唯一的碱性多糖。平均分子量在 1 万以下的壳聚糖为低分子量壳聚糖(简称壳低聚糖),与高分子量壳聚糖相比,具有水溶性好、生物活性高、功能作用大、易被人体吸收等突出特点^[3]。

自从上世纪中叶甲壳素被发现以来,前人在利用甲壳素或壳聚糖的物理降解、化学降解和生物降解方面,以及甲壳素或壳聚糖在医学保健领域的应用等方面,研究得较为全面和深入,取得了较为丰硕的研究成果。近年来,壳聚糖在农业领域的应用越来越受到重视,集中在植物保护^[4-10]、农产品保鲜^[11-17]、促进植物生长^[18-24]、改善农产品品质^[25-27]等方面,但是关于壳聚糖促进植物抗旱性的诱导研究并不多见。本试验利用具有较高生物活

性的壳低聚糖对苗期甘蔗叶面喷施,研究其对甘蔗幼苗抵御土壤不同程度水分胁迫的影响,为提高甘蔗抗旱性提供参考。

1 材料与方法

甘蔗品种为新台糖 22 号(简称为 ROC22 #,为抗旱性及综合性状比较好的当家品种)和园林 6 号(简称为 YUANLIN 6 #,抗旱性、抗黑穗病比 ROC22 差)。壳低聚糖由广西大学生命科学与技术学院提供。壳低聚糖分为低分子量壳低聚糖($M_w < 3\ 000$)、中分子量壳低聚糖($3\ 000 < M_w < 5\ 000$)和高分子量壳低聚糖($5\ 000 < M_w < 10\ 000$)。

甘蔗于 2008 年 3 月 12 日下种。采用桶栽,每桶 4 芽(一芽一节),甘蔗 6~8 叶时叶面喷施不同分子量壳低聚糖,每个处理 8 桶,喷施浓度 50 mg/L,对照(CK)为清水,以喷施叶面欲滴为度。喷施两天后进行土壤水分胁迫处理(自然干旱),分别在第 2、7、10 天取样。测定其生理指标,各项指标均做三次重复。

土壤相对含水量的测定采用烘干称重法。相对含水量(%)=(含水率/饱和含水率) $\times$ 100。含水率由德国赛多利斯 Sartorius 红外水分测定仪 MA30 测得。经三次平行测定,供试土壤饱和含水率(土壤相对含水量为 100% 时土壤净含水量)为 19.35%。

叶片水势用 WP4-T 水势仪测定,WP4-T 采用冷镜露点技术来测量样品的水势,在平衡点时样品室内空气的水势与样品的水势相同。脯氨酸含量采用茚三酮显色法。可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝 G

收稿日期:2009-09-12

基金项目:广西亚热带生物资源保护利用重点实验室、省部共建国家重点实验室培训基地开放课题(SB0704)

作者简介:叶燕萍(1955—),女,研究员,硕士生导师,研究方向为代谢植物学。E-mail: yanchen@gxu.edu.cn。

- 250 染色法。

2 结果与分析

2.1 土壤干旱胁迫程度的确定

一般认为,土壤的相对含水量为 70% ~ 80% 时,作物正常生长;土壤相对含水量为 60% ~ 70% 时,作物轻度胁迫;土壤相对含水量为 50% ~ 60% 时,作物中度胁迫;土壤相对含水量 30% ~ 40% 时,作物重度胁迫。本试验进行处理之后,土壤相对含水量的变化如表 1 所示。

表 1 干旱处理之后土壤水分变化
Table 1 Soil water regimes after treatments

处理时间(d) Days after treatments	土壤相对含水量(%) Relative soil water content	胁迫程度 Degree of water stress
2	80.88	正常 Normal
7	53.93	中度胁迫 Middle stress
10	31.34	重度胁迫 Severe stress

2.2 干旱对甘蔗叶片水势的影响

如图 1 所示,在正常供水条件下,各处理间无显著差异。随着胁迫的加剧,各处理的水势均呈下降趋势。在中度胁迫条件下,高分子量壳低聚糖处理叶片水势均低于对照。在重度胁迫条件下,低分子量壳低聚糖处理的叶片水势明显高于其他处理。从整体来看,低分子量(小于 3 000)壳低聚糖处理可以使新台糖 22 号甘蔗叶片保持比较恒定的水势。

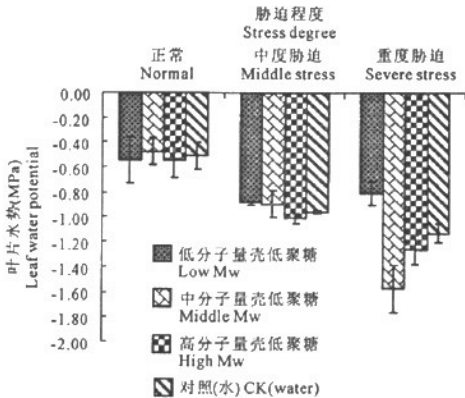


图 1 壳低聚糖处理对新台糖 22 号叶片水势的影响

Fig.1 The effect of COS on water potential in leaves of ROC 22 #

由图 2 可以看出,在正常供水条件下,三个处理间无明显差异,中分子量壳低聚糖处理的叶片水势明显低于对照。随着胁迫的加剧,各处理的水势也均呈下降趋势。在中度胁迫条件下,各处理水势均低于对照,彼此间差异不大。在重度胁迫条件下,高

分子量壳低聚糖处理的叶片水势高于对照和其他两个处理,而低、中分子量处理的叶片水势与对照相近。从整体来看,高分子量壳低聚糖处理可以使园林 6 号甘蔗叶片保持比较高且恒定的水势。

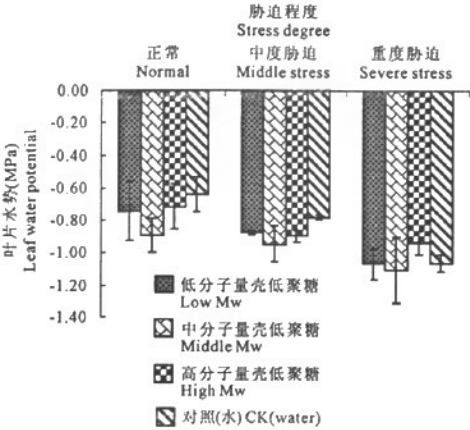


图 2 壳低聚糖处理对园林 6 号叶片水势的影响

Fig.2 The effect of COS on water potential in leaves of YUANLIN 6 #

2.3 干旱对甘蔗叶片脯氨酸含量的影响

如图 3 所示,随着胁迫程度的增大,新台糖 22 号各处理的脯氨酸含量均呈上升趋势,且均在重度胁迫时,达到最大值。在正常供水条件下,各处理差异不明显。而在中度胁迫条件下中分子量壳聚糖处理的脯氨酸含量明显高于对照,而高分子量壳聚糖处理的脯氨酸含量却低于对照。重度胁迫条件下,低、中、高三种分子量壳低聚糖处理间存在显著差异,低分子量壳聚糖处理叶片的脯氨酸含量最高。

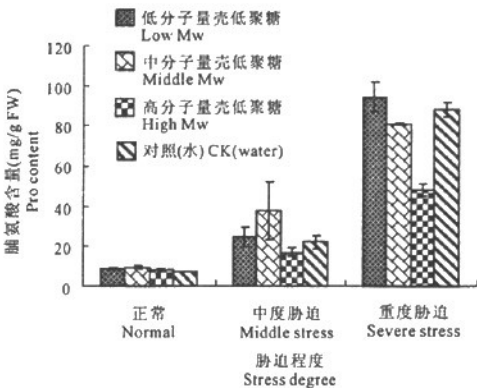


图 3 壳低聚糖处理对新台糖 22 号叶片脯氨酸含量影响

Fig.3 The effect of COS on proline content in leaves of ROC 22 #

如图 4 所示,在正常供水条件下,各处理差异不明显。而在中度胁迫条件下中分子量壳低聚糖处理的脯氨酸含量明显低于对照,而低分子量壳低聚糖

处理的脯氨酸含量却明显高于对照。重度胁迫条件下,各处理的脯氨酸含量均低于对照。整体上看,随着胁迫程度的加剧,只有中分子量壳低聚糖处理的脯氨酸含量一直呈上升趋势,而其他处理均呈现先上升后下降趋势。

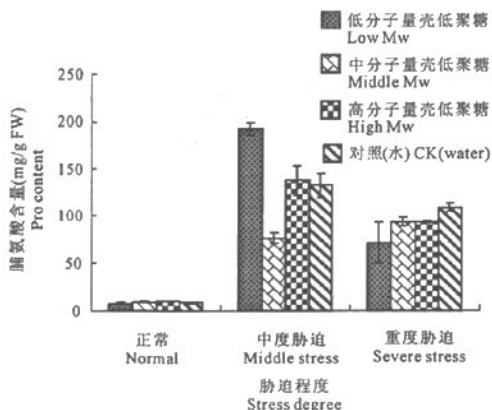


图 4 壳低聚糖处理对园林 6 号甘蔗叶片脯氨酸含量的影响

Fig.4 The effect of COS on proline content in leaves of YUANLIN 6 #

2.4 干旱对甘蔗叶片可溶性蛋白质含量的影响

从图 5 可以看出,新台糖 22 号在胁迫条件下,其可溶性蛋白质含量会有所上升,且最大值出现在中度胁迫条件下。正常供水条件下,各处理的可溶性蛋白质含量均低于对照。而在中度胁迫条件下,各处理的可溶性蛋白质含量均大幅度上升,其中低、高分子量壳低聚糖处理的可溶性蛋白质含量高于对照。在重度胁迫条件下,中、高分子量壳低聚糖处理的可溶性蛋白质含量都低于对照。

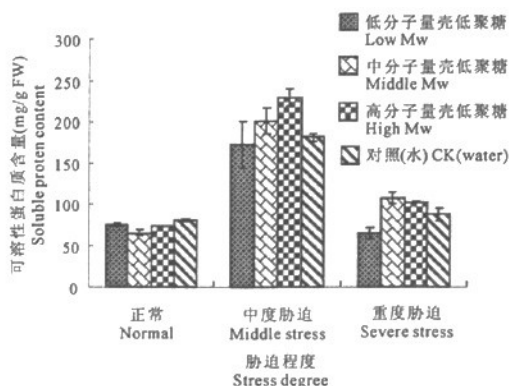


图 5 壳低聚糖处理对新台糖 22 号甘蔗叶片可溶性蛋白质含量的影响

Fig.5 The effect of COS on soluble protein content in leaves of ROC 22 #

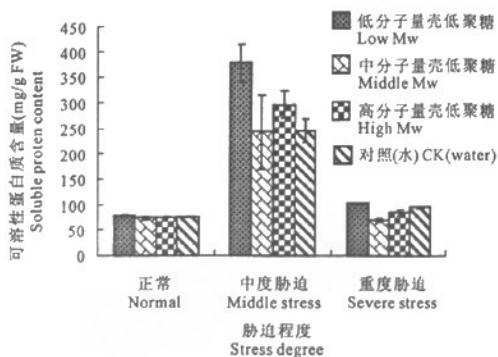


图 6 壳低聚糖处理对园林 6 号甘蔗叶片可溶性蛋白质含量的影响

Fig.6 The effect of COS on soluble protein content in leaves of YUANLIN 6 #

从图 6 可以看出,园林 6 号可溶性蛋白质含量的总体变化规律与新台糖 22 号相同。不同的是,在正常供水条件下各处理与对照无明显差异;而在中度胁迫条件下,低、高分子量壳低聚糖处理的脯氨酸含量明显高于对照,中分子量处理的脯氨酸略高于对照;在重度胁迫条件下,只有低分子量壳低聚糖处理高于对照。

3 讨论

植物细胞水势的高低反映了植物水分亏缺状况^[28]。在干旱条件下植株维持较高水势是作物抗旱性的一个重要机制。从本试验的结果可以看出,叶片喷施壳低聚糖可以延缓水势的下降。但是,不同处理对两品种的效果不尽一致,低分子量壳低聚糖处理可以使新台糖 22 号叶片始终保持较高的水势;而园林 6 号在中度胁迫条件下低分子量壳低聚糖处理保持较高的水势。

渗透调节作用是植物抵御干旱胁迫的重要机制,脯氨酸作为渗透调节重要物质之一,在植物的抗旱生理中发挥着重要作用^[29]。脯氨酸在渗透调节方面的作用,一是作为细胞质的渗透调节物质,二是作为防脱水剂。抗旱性差的甘蔗品种对胁迫反应比抗旱性强的品种敏感,其较容易积累脯氨酸^[30],本研究的结果与此相符。大量研究表明,在干旱或其他逆境条件下植物体内脯氨酸含量会大量积累。黄诚梅^[30]认为,这既可能有适应性的意义,又可能是细胞结构与功能受到损伤的表现,其积累量与逆境水平及植物对这种逆境的抗性有关。大量积累脯氨酸可以维持细胞膨压,增强保水能力。作为渗透调节物质之一,高含量的可溶性蛋白质可使细胞维

持较低的渗透势,抵抗水分胁迫^[31]。干旱抑制蛋白质的合成,导致蛋白质降解,引起总蛋白含量的降低^[32]。在本试验中,两品种可溶性蛋白质含量先增加后降低,与袁有波等人^[31]的研究结果一致,这可能是因为干旱处理初期植物体内可溶蛋白增强渗透调节能力,但随着干旱时间的延长,植物对于旱的忍耐能力降低,植物体内代谢受阻,导致蛋白质降解^[8]。本试验中,中、高分子量壳低聚糖处理可以提高中度和重度胁迫条件下新台糖22号叶片的可溶性蛋白质含量,起到渗透调节作用;而低分子量壳低聚糖可以提高中度和重度胁迫条件下园林6号叶片的可溶性蛋白质含量。

壳聚糖较多地应用于医学、食品、环保等领域,近年来应用壳聚糖增强植物抗旱性的研究报道逐渐增多,其抗旱作用已在苹果^[33]、苜蓿^[34]、红掌^[35]等植物上证实。而本试验的研究与杨峰^[33]、王延峰^[34]、从心黎^[35]的人的结论基本一致,叶面喷施分子量10 000以下的壳低聚糖可以通过保持较高的叶片水势,提高渗透调节物质的含量来增强苗期甘蔗的抗旱性。

致谢:特别感谢广西大学生命科学与技术学院姚评佳研究员等提供试验所需的壳低聚糖。

参考文献:

- [1] 叶燕萍,李杨瑞,李水健,等.不同砍种方式的甘蔗抗旱性比较[J].甘蔗,2001,8(2):7—11.
- [2] 黄荣韶,莫家让.旱地甘蔗若干生理特性比较及其与抗旱性的关系[J].广西农业生物科学,1995,14(3):201—206.
- [3] 舒彤.院企学助燃生物技术新亮点[N].科技日报,2002-09-26(T00).
- [4] Yun K S. Method for producing biological insecticide using chitosan-alginate and *Ficus carica* extract [P]. KR 2002014190, 20022022251.
- [5] Elise Portes, Christian Gardrat, Alain Castellan, et al. Environmentally friendly films based on chitosan and tetrahydrocurcuminoid derivatives exhibiting antibacterial and antioxidative properties[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 76(4):578—584.
- [6] Franck E Dayan, Charles L Cantrell, Stephen O Duke. Natural products in crop protection[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2009, 17(12):4022—4034.
- [7] Marcello Iriti, Franco Faoro. Absciseic acid is involved in chitosan-induced resistance to tobacco necrosis virus (TNV)[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2008, 46(12):1106—1111.
- [8] Rodríguez A T, Ramírez M A, Cárdenas R M, et al. Induction of defense response of *Oryza sativa* L. against *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. by treating seeds with chitosan and hydrolyzed chitosan[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2007, 89(3):206—215.
- [9] Xiaoming Zhao, Xiaoping She, Yuguang Du, et al. Induction of antiviral resistance and stimulatory effect by oligochitosan in tobacco[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2007, 87(1):78—84.
- [10] Saravanakumar D, Charles Vijayakumar, Kumar N, et al. PCPR-induced defense responses in the tea plant against blister blight disease [J]. Crop Protection, 2007, 26(4):556—565.
- [11] 陈春明,翁樱,庄勤标.水溶性壳聚糖的制备及其在葡萄保鲜中的应用[J].食品研究与开发,2008,29(7):130—133.
- [12] 上官新晨,肖锡湘,蒋艳,等.壳聚糖涂膜保鲜金柑的研究[J].食品研究与开发,2008,29(4):155—158.
- [13] 姚评佳,岳武,魏远安,等.保鲜剂壳寡糖基聚合物对芒果保鲜试验初报[J].中国果树,2006,(2):15—18.
- [14] SUN Xiao-juan, BI Yang, LI Yong-cai, et al. Postharvest Chitosan Treatment Induces Resistance in Potato Against *Fusarium sulphureum* [J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(5):615—621.
- [15] LJU Jia, TIAN Shiping, MENG Xianghong, et al. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 44(3):300—306.
- [16] Bautista-Banos S, Hernández-Luazardo A N, Velázquez-del Valle M G, et al. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities[J]. Crop Protection, 2006, 25(2):108—118.
- [17] Mohamed E I Badawy, Entsar I Rabea. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 51(1):110—117.
- [18] Nguyen Quoc Hien, Naotsugu Nagasawa, Le Xuan Tham, et al. Growth-promotion of plants with depolymerized alginates by irradiation [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2000, 59(1):97—101.
- [19] XU Qiu-jin, NIAN Yue-gang, JIN Xiang-can, et al. Effects of chitosan on growth of an aquatic plant (*Hydrilla verticillata*) in polluted waters with different chemical oxygen demands[J]. Journal of Environmental Sciences, 2007, 19(2):217—221.
- [20] 张文清,隋雪燕,夏玮,等.壳寡糖的制备及其对黄瓜的促生长作用[J].功能高分子学报,2002,(6):200—202.
- [21] 陆引翌,钱晓刚,彭义,等.壳寡糖油菜种衣剂剂型应用效果研究[J].种子,2003,(4):38—40.
- [22] Staehelin C, Schultze M, Kondorosi E, et al. Lipo-chitooligosaccharide nodulation signals from *Rhizobium meliloti* induce their rapid degradation by the host plant alfalfa[J]. Plant Physiology, 1995, 108(4):1607—1614.
- [23] Zhang H, Prithiviraj B, Souleimanov A, et al. The effect of temperature and genistein concentration on lipo-chitooligosaccharide (LCO) production by wild-type and mutant strains of *Bradyrhizobium japonicum* [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2002, 34(8):1175—1180.
- [24] 李艳,赵小明,夏秀英,等.壳寡糖对干旱胁迫下油菜光合参数的影响[J].作物学报,2008,34(2):326—329.
- [25] 江晓路.一种半纤维素酶及其在制备壳寡糖中的应用:中国,01114352[P].2003-02-12.
- [26] 王黎明,夏文水.甲壳低聚糖对茶叶品质的影响[J].安徽农业科学,2008,36(5):1908—1911.
- [27] Tahirou T, 夏文水.甲壳低聚糖对酸奶品质的影响[J].食品工业,2006,(4):35—37.
- [28] 杨丽涛,陈超君,李杨瑞,等.甘蔗叶片气体交换及对光的响应

- 和水势的日变化[J].甘蔗,2002,9(2):1—7.
- [29] 张红萍,牛俊义,轩春香,等.干旱胁迫及复水对豌豆叶片脯氨酸和丙二醛含量的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,43(5):50—54.
- [30] 黄诚梅,杨雨涛,江文,等.聚乙二醇胁迫对甘蔗生长前期叶片水势及脯氨酸代谢的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):205—208.
- [31] 袁有波,李继新,丁福章,等.干旱胁迫对烤烟叶片脯氨酸和可溶性蛋白质含量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(21):8891—8892.
- [32] 魏良民.几种旱生植物碳水化合物和蛋白质变化的研究[J].干旱区研究,1991,8(4):38—41.
- [33] 杨峰,胡景江,武杭菊.外源壳聚糖对苹果幼苗生长及抗旱性的影响[J].西北林学院学报,2007,22(3):60—63.
- [34] 王延峰,郝振荣,常海飞.壳聚糖处理对苜蓿幼苗抗旱性的影响[J].安徽农业科学,2008,36(24):10322—10323.
- [35] 从心黎,黄绵佳,冯妍,等.外源壳聚糖对干旱胁迫下红掌苗的生理效应[J].植物生理学通讯,2008,44(1):103—105.

Effect of oligochitosan on drought resistance of sugarcane seedlings

YE Yan-ping, LOU Yu-qiang, LUO Xiang-ying, ZHOU Qi-wei, JIANG Hong-tao

(College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005, China)

Abstract: The relative soil water content and some drought resistance indexes including leaf water potential, proline content and soluble protein content were employed for studying the effect of spraying leaves with three different molecular weight ($M_w < 3\ 000$; $3\ 000 < M_w < 5\ 000$; $5\ 000 < M_w < 10\ 000$) oligochitosan with concentration of 50 mg/L on drought resistance of sugarcane. The result showed that oligochitosan can delay the decrease of water potential, proline content and soluble protein content under drought stress, which implies that oligochitosan has a potential for drought-resistant modulation.

Keywords: chitosan; oligochitosan; sugarcane; drought resistance

(上接第 84 页)

Relationship of nitrate N concentration in petiole at seedling stage to seed yield and quality at harvest over rapeseed cultivars

ZHU Fei-fei, WANG Zhao-hui, LI Sheng-xiu

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Rapeseed is one of the high nitrogen-requiring crops. Effective management of nitrogen is the key for high yield, high efficiency and high quality rapeseed production. Field experiment was carried out to study nitrate N concentration in petiole at seedling stage and its relationship to seed yield and quality over 18 rapeseed varieties. The obtained results showed that petiole nitrate N concentrations were significantly different over rapeseed varieties at the same N application rate. Petiole nitrate N concentrations at seedling stage could reflect the change of shoot biomass, seed yield, and N uptake in seed and shoot over varieties at harvest, when soil N was sufficiently supplied. However, no significant relationship was observed between petiole nitrate N concentration at seedling stage and primary branches, seeds per pod and 1000-seed weight, and its relationships to plant height, branch height and silique number per plant were different under different N application rates. Whether the N rate was high or low, no significant relation was showed between petiole nitrate N concentration at seedling stage and seed quality indexes at harvest.

Keywords: rapeseed; nitrate N concentration; agronomic traits; yield; quality