

# 萝卜肉质根形成与膨大的生理研究

谭亮萍, 寿森炎

(浙江大学园艺系, 杭州 310029)

**摘要:** 萝卜肉质根形成和膨大与其解剖构造密切相关, 同时受地上部生长情况、花芽分化、植物激素种类与含量及外界环境条件(如温度、光照、水分及矿质营养等)的影响, 概述了肉质根形成和膨大的生理机制。

**关键词:** 萝卜; 肉质根; 生理机制

**中图分类号:** S631.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2006)01-0017-03

萝卜属十字花科根菜类蔬菜, 其食用部位主要是肉质根。萝卜本身是由直根膨大而成为肉质根的蔬菜植物。萝卜的肉质根是由胚轴和胚根发育而来的。上胚轴发育成根头部, 即短缩茎, 下胚轴发育成根茎, 即肉质的主要部分, 胚根发育成根部, 侧根着生于其上。

## 1 萝卜肉质根的外部形态

萝卜肉质根在外形上分为以下三个部分: 根头部: 为短缩的颈部, 由幼苗的上胚轴发育而成。上生芽和叶, 肉质根膨大后, 此部还能看到早期叶子着生的痕迹。根颈部: 亦称“轴部”, 主要由幼苗的下胚轴发育而成, 此部分没有叶, 一般也无侧根。真根部: 由幼苗的初生根肥大而成。上生侧根, 其侧根为两列生长。

根头、根颈和真根三个部分, 在功能上构成一个统一的整体, 是贮藏养料的器官。形态因品种特性及栽培条件有很大差异。根的长短受真根部长短的支配较大, 也与轴部和根头部所占比例不同有关。肉质根露出地面部分和埋入土壤中的比例, 取决于不同种类和品种特性, 同时也与土壤性质及播种深浅有关。

## 2 萝卜肉质根的解剖构造与膨大

萝卜肉质根的形成与其解剖结构密切相关。将充分膨大的萝卜肉质根横向剖开, 其内部组织由外到内主要为周皮层、韧皮部、形成层和木质部, 而我们食用的部分主要是次生木质部的薄壁细胞, 木质部特别发达是萝卜的主要特点之一<sup>[1]</sup>。

组织解剖学上观察到萝卜肉质根形成的特点是, 除了初生成层以外, 在木质部的薄壁组织里还有次生成层的发生, 形成了三次木质部和三次韧皮部。因而大大增加了木质部薄壁细胞的数量。三次加粗, 结合次生木质部薄壁细胞的分生, 及初生成层的作用成为萝卜肉质根的主要食用器官。萝卜的次生韧皮部薄壁细胞的分生及膨大的能力比木质部要小得多, 维管束鞘也很狭窄, 所以萝卜的韧皮部直到充分成熟时厚度不过 0.5 cm(厘米), 为肉质根的一个不重要的部分。而皮层是一个不发达的组织, 在中柱的初生组织分化完成以后, 皮层及表皮既不分裂也不膨大, 后来由于中柱组织的生长发生向外的压力, 因而表皮及皮层均破裂而脱落, 农民称之为“破白”或者“破肚”, 所以在成熟的肉质根的外面包围着的是一层周皮层, 而不是原来的皮层。周皮层是由维管束鞘形成

的。因此萝卜的“破白”标志着萝卜肉质根开始迅速膨大, 需水需肥量逐渐增加<sup>[2]</sup>。

## 3 萝卜地上部生长与肉质根发育

一般在萝卜地上部正常生长的情况下, 其地上部生长状况和肉质根的形成呈显著的正相关关系( $r=0.87$ )<sup>[3]</sup>。但在地上部徒长的情况下, 根的膨大就会受影响, 两者的相关关系不明显。

在萝卜的生育过程中, 地上部与肉质根部重量的比值是不断变化的, 其规律是: 随着萝卜生育期的不断推进, 萝卜的根/冠比(Root/Shot Ratio)由小变大, 当根/冠比接近 1 时, 是以叶部生长为中心转向以肉质根发育为中心的转折点<sup>[4]</sup>。如果这时适当灌水追肥, 肉质根重迅速增加, 而未浇水追肥的则肉质根重增加缓慢。由此可见, 当萝卜根/冠比接近 1 时适当加强肥、水的供应就能促进肉质根迅速发育。如果在“破肚”以后就大量灌水追肥, 这时萝卜叶部生长占绝对优势, 灌水追肥后叶部生长更加旺盛, 而输送到肉质根部的同化物就减少, 肉质根膨大缓慢。

## 4 萝卜花芽分化与肉质根发育

通常认为, 萝卜是低温长日照植物, 属于种子春化型的肉质根类蔬菜, 萌动的种子在一定的低温条件下, 经过一定的时间后, 即通过春化阶段, 开始花芽分化, 并在较长日照条件下抽薹开花<sup>[5]</sup>。萝卜一旦进入花芽分化状态, 植株就以生长点为生长中心, 肉质根膨大基本停止, 且随着花芽分化、抽薹开花, 肉质根的膨大受到严重影响, 主要是由于大部分营养物质供应植株抽薹开花, 肉质根得不到足够的营养而处于“饥饿”状态。因此使肉质根的产量和品质均大大降低。

## 5 植物激素与肉质根形成

植物激素对肉质根的形成具有一定的影响。生长素对肉质根的形成有促进作用, 赤霉素、细胞分裂素则有利于地上部的生长, 相对抑制了肉质根的形成。生长抑制剂前期喷叶有一定的抑制作用, 但后期喷则有利于肉质根的形成。

Mahbir<sup>[6]</sup>用 IAA、IBA、NAA 和 GA 三种使用方法来进行, 结果表明, GA 和 NAA 的增产效果较为明显, 分别比对照增产 71.1% 和 57.8%, 而不同的施用方法对产量的影响却不是很大。

Thompson<sup>[7]</sup>给不同苗龄的萝卜使用丁酰肼(2 mg(毫克)/株), 对 8 d(天)和 12 d(天)的幼苗只有很小和短暂的促进反应, 对 14 d 和 16 d(天)的幼苗可明显增加根重和根冠比, 而

20 d(天)的苗龄则产生不利的影响。形态观察表明,肉质根开始膨大时,植株对丁酰肼反应最为敏感,这时候处理植株对根重和根冠比增加会产生最大的刺激作用。Thompson<sup>[8]</sup>的研究还表明,肉质根生长期丁酰肼抑制萝卜体内赤霉素的合成,相对提高了 IAA 的含量,所以丁酰肼有利于植株的根/冠比的提高。

Pandita<sup>[9]</sup>用 10% 的凝血激酶(Cytozyme)处理萝卜种子,并在萝卜播种后 15 d 和 20 d(天)分别喷施一次 1.25% 的凝血激酶也可以提高肉质根的产量。

## 6 环境条件影响萝卜肉质根的形成和膨大

### 6.1 温度

萝卜肉质根膨大的适宜昼夜温度一般在 13℃~23℃,肉质根膨大的最低温度为 6℃,在此温度下肉质根膨大得很缓慢,甚至停止。同时昼夜温差也会影响到肉质根的重量。在同一昼夜温度组合下不同地温对肉质根的形成也有很大影响,而且地温的影响要大于气温,肉质根膨大的最适地温是 18℃~23℃,地温过高或者过低均不利于肉质根的膨大。昼夜温度和温差不仅影响到肉质根的膨大,还会影响到肉质根的质量。特别是土壤温度影响更大,Kano<sup>[10]</sup>用分期播种和不同地温处理的研究结果发现,地温高时不但降低肉质根的重量,而且还容易出现糠心;适当降低地温不仅可以增加肉质根重量,还能明显抑制糠心根的出现。

### 6.2 光照

在萝卜肉质根形成与膨大的过程中,光照条件是一个重要的影响因子。萝卜生长过程中要求有充足的光照,这样有利于光合作用的进行,加速叶片的分化和叶面积的扩大,从而使光合产物增加,有利于光合产物在肉质根中的累积,肉质根膨大加快,产量提高。同时日照长短对萝卜肉质根的形成也有一定影响。

### 6.3 水分

萝卜肉质根形成和膨大过程中对水分的要求比较严格,是影响其产量与品质的重要因素。土壤含水量以田间最大持水量的 65%~80% 为宜,空气相对湿度以 80%~90% 为宜。土壤水分不足,空气湿度过低,萝卜肉质根膨大受阻,表皮粗糙,品质下降。但若土壤水分过多,则通气不良,不利于根系的生长和吸收,肉质根皮孔变大,表皮粗糙,侧根着生处形成不规则的突起,商品品质下降。肉质根膨大期,如土壤干湿不均匀,干旱时肉质根韧皮部和周皮层细胞木栓化、角质化;水分多时,肉质根木质部的薄壁细胞迅速膨大,而韧皮部和周皮层的细胞不能相应膨大,易造成裂根。

### 6.4 矿质营养

萝卜肉质根的形成过程中需要大量的矿质营养,如果缺乏就会影响肉质根的产量和品质。萝卜对营养元素的吸收量以钾最多,其次为氮,再次为磷。萝卜对钾的需求量最大,钾可以促进细胞分裂和膨大,促进维管束的发育,还可以使肉质根组织致密,含糖量增加,从而促进肉质根膨大而提高产量和品质。萝卜对磷不敏感,但磷可提高萝卜肉质根中的可溶性固形物含量和抗坏血酸含量,由此也能促进肉质根的膨大。萝卜幼苗期缺氮对肉质根膨大的影响最大,而在收获前一周

缺氮,不但不会降低产量,反而能增产。幼苗期至叶生长盛期所吸收的氮素主要供给叶片生长,制造和积累更多的光合产物,为肉质根的生长和膨大准备养料和能量。Hegde<sup>[7]</sup>研究发现,施氮肥主要扩大了叶面积,提高了叶面积指数,增加了光合产物的制造量进而提高萝卜产量。

微量元素对萝卜肉质根的形成也有很大的影响。例如,浓度为 1.0 mg/L~3.0 mg/L(毫克/升)的硼有利于萝卜肉质根的形成,在此浓度条件下,萝卜地上部和地下部都重,且根冠比也比较大。如果浓度大于 4 mg/L(毫克/升),萝卜地上部和地下部的重量逐渐降低,并且随着硼浓度的增加对地上部的抑制作用要大于肉质根<sup>[12]</sup>。

缺素对萝卜肉质根生长的影响<sup>[13]</sup>表

处理	叶数	最大叶长(cm)	叶重	根重	全株
完全区	8.7	23.3	28.6	33.1	61.7
缺氮	3.3	2.8	0.3	0.13	0.34
缺磷	5.7	10.7	5.0	2.3	7.3
缺钾	3.0	13.3	5.5	0.57	6.07
缺钙	8.3	14.2	11.9	4.6	16.5
缺镁	9.7	23.2	27.9	32.5	60.4

## 7 萝卜膨大过程的生理机制

萝卜肉质根的形成受地上部状况、体内激素含量及外部环境条件(如温度、光照、水分以及矿质元素等)的影响。但萝卜贮藏根大小、形状在不同基因间差异很大。Stum<sup>[14]</sup>等认为肉质根的发育受地上部生长状况的影响,但主要同碳水化合物积累和分配有关,这种差异取决于不同基因型不同类型库活性的差异。

卢钢<sup>[14]</sup>等试验研究发现,在幼苗期,地上部生长较快,而根生长较慢,随后根作为库的活性逐渐增强,27 d(天)库的活性最强,而此时肉质根开始迅速膨大,地下部生长加快。

也有研究表明,萝卜肉质根的膨大是由于叶片通过光合作用合成的同化产物源源不断地输送到肉质根内的结果。

总之,萝卜肉质根膨大过程的生理机制较为复杂,要深入探讨其生理机制还有待于进一步研究。

### 参考文献:

- [1] [2] 李曙轩. 蔬菜栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1987, 2~6.
- [3] 李曙轩. 蔬菜栽培生理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.
- [4] 张振贤, 梁书华. 根菜类蔬菜肉质根形成生理研究进展[J]. 山东农业大学学报, 1994, 25(2): 249~254.
- [5] 汪炳良, 邓俭英, 曾广文. 萌动种子低温处理对萝卜花芽分化及植株生长的影响[J]. 浙江大学学报, 2003, 29(5): 504~508.
- [6] Mahbir S. et al. Response of growth regulator and their methods of application on field of radish. CAB HcA. 1990, 60(11): 1020.
- [7] Thompson JA et al. The effect of plant age at the time of treatment on the response of radish to daminozide. Scientia Hort. 1984, 22(1/2): 33~37.
- [8] Thompson JA et al. The effect of daminozide on the level of indole-3y-acetic acid and gibberellins in radish in relation to the control of storage root growth. Plant Growth Regulation. 1982~83, 1(4): 269~278.
- [9] Pandita ML et al. Effect of cytozyme on growth and yield of radish, a note. GAB HcA, 1983, 53(3): 175.
- [10] Kano Y. Effect of time high and low temperature treatments on

# 越冬菠菜早春死苗的原因及预防

闻长青, 韩成新, 赵丰秋

齐齐哈尔市郊区和所属各县种植的越冬菠菜, 每年都有—些农户出现越冬菠菜早春不缓苗的死苗问题。笔者多年考察, 对其死亡原因及预防对策提出以下三点建议。

## 1 越冬菠菜必须选用尖叶菠菜(刺菠菜)类型的品种

菠菜分尖叶菠菜(刺菠菜)和圆叶菠菜(无刺菠菜)两个类型的品种。

尖叶菠菜叶片狭小, 叶形戟形或箭形, 叶柄细长, 种子棱刺, 果皮厚。耐寒力强, 耐热力弱。春播易抽薹, 夏播生长不良, 适宜秋播越冬栽培。

圆叶菠菜叶片肥大, 叶形卵圆或椭圆形, 叶柄短, 种子无刺, 果皮薄。耐寒力较弱, 耐热力较强。适宜春、秋菠菜栽培和埋头菠菜栽培。越冬菠菜栽培不能选用圆叶菠菜类型品种。

尖叶菠菜类型的不同品种抗寒性亦有差异。若将适宜温和地区的尖叶菠菜品种引入寒冷北方地区, 有些品种则不能安全越冬, 出现死苗, 故需在本地地区试验示范后方可推广。黑龙江省的越冬菠菜栽培以选用双城尖叶菠菜品种为宜。尖叶菠菜不同采种地点, 抗寒性有差异。若是在本地区或接近本地区气候条件的地区采种, 因经寒冷自然选择, 抗寒性不会降低。若是在气候条件相差较大的地区, 即在气温较高的地区采种, 抗寒性下降, 可出现不同程度的死苗。

不同采种方法, 品种的抗寒性亦有差异。若是秋播越冬采种, 通过冬季选择, 可保持抗寒性。若是春播采种, 因未经冬季选择, 抗寒性减退。

## 2 适宜播期和播量是越冬菠菜安全越冬的关键

越冬前尖叶菠菜长出4~10片叶可安全越冬, 以长出6片叶抗寒性最强。播期偏晚, 少于4片叶, 积累养分少, 抗寒力降低; 土壤冻融交替时, 苗小易被拔除, 干枯死苗。播期偏早, 越冬前10片叶以上, 早春返青叶面蒸腾量大, 根系吸水量低于蒸腾量, 体内水分失去平衡, 造成叶片干枯不返青。在日平均气温18℃左右时为播种适期。

播量与抗寒力亦有一定关系。播量偏高, 苗密徒长, 根系不发达, 抗寒力差易死苗; 播量偏低, 出苗后叶片过渡开张, 生长反而缓慢, 浇冻水苗稀易使根茎部土壤受冲刷外露, 出现“干脖”, 每667 m<sup>2</sup>(平方米)播量以4 kg~5 kg(公斤)为宜。

## 3 适时适量浇冻水和返青水是防寒保苗的重要措施

浇冻水因冰的导热力小, 低温不易散失, 外界冷空气不易侵入土中, 可使幼苗免受冻害。早春返青时, 可延迟浇返青水时间, 使土温升得快, 利于缓苗。

浇冻水要适时、适量。土壤夜温冻结, 中午融化是浇冻水的时期。

冻水浇早了, 一是气温还不太低, 幼苗继续生长, 积累应用物质不足, 抗寒力降低; 二是土壤不结冰, 水分蒸发了, 起不到防寒作用。冻水浇晚了, 水分不易下渗, 形成不透气的冰层, 幼苗窒息。

冻水浇少了, 地面出现裂缝, 根部受冻。冻水浇多了, 地面结冰, 幼苗窒息; 春季解冻后, 低温回升慢, 延迟返青。

返青水浇早了、浇多了, 土壤下层尚未解冻, 水不易下渗, 地温下降, 发生沤根死苗。返青水浇早了, 还可使植株提早返青, 遇到寒流发生冻害。返青水浇晚了, 满足不了返青后对水分需求。浇返青水时期, 应选择气温趋于稳定, 耕层已解冻, 心叶开始生长, 叶片呈现暗绿色为宜。

(黑龙江省齐齐哈尔市农业技术推广中心, 161000)

the growth of Japanese radish and on the occurrence hollow root. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 1989, 57(4): 626~632.

[11] Hegde DM. Effect of soil water potential, methods of irrigation and N on yield, N uptake and water use of radish. Indian J. of Agronomy, 1987, 32(1): 24~29.

[12] Gupta UM. et al. Boron nutrition of carrots and table beets grown in a

boron deficient soil. Communication in Soil Sci. and Plant Analysis. 1985, 16(5): 509~516.

[13] 农文协编. 野菜全书(根菜类). 基础生理与应用技术. 关修堂齐藤印刷, 1983.

[14] 卢钢, 庄晓英, 叶帆芝. 萝卜肉质根膨大过程库活性与蛋白质变化研究[J]. 浙江大学学报. 2004, 3(1): 39~43.

## Physiological Research on the Constitution and Succulention in *Raphanus sativus* L.' S Succulent Root

TAN Liangping, SHOU Senyan

(Department of Horticulture, Zhejiang University, Hangzhou, 310029)

**Abstract:** The constitution and succulention in *Raphanus sativus* L.' S succulent root are closely associated with its anatomical comfomtion, while the process is affected by overground growth, flower bud differentiation, kinds and content of plant hormone, as well as outside environment(such as temperature, illumination, moisture and mineral nutrition, etc.). We also briefly summarize physiological mechanism of the constitution and succulention in radish' succulent root.

**Key words:** Radish(*Raphanus sativus* L.); Succulent root; Physiological mechanism