

Resumen

La escarola (*Cichorium endivia* L.) es una hortaliza aprovechable por sus hojas tanto de forma directa como en presentaciones de IV gama. La acumulación de nitratos en este tipo de hortalizas es un factor a tener en cuenta en su cultivo, puesto que su ingesta tiene efectos perjudiciales en la salud humana y que se encuentra influenciada por factores como la fertilización nitrogenada, la radiación y la temperatura. El 'tipburn', la subida a flor prematura y la 'mancha translúcida' son tres de las fisiopatías que afectan a la calidad comercial de la escarola. El 'tipburn' se manifiesta como una desecación marginal de las hojas, mientras que la 'mancha translúcida' se presenta como manchas aceitosas en los limbos.

En esta tesis doctoral se ha estudiado la influencia de diferentes factores ambientales (temperatura y humedad), de la fertilización nitrogenada y del cultivar empleado en la acumulación de nitratos, incidencia de fisiopatías y producción comercial en plantas de escarola. Por otro lado, se han establecido correlaciones entre los diferentes parámetros fisiológicos determinados con el fin de conocer, a través de algunas de ellas, si los medidores portátiles SPAD-502 y el colorímetro podrían emplearse para determinar de forma indirecta el contenido en nitratos y nitrógeno.

Para ello se realizaron diferentes experimentos utilizando en todos ellos cultivares de escarola de hoja lisa ('Cuartana', 'Natacha', 'Santel') que fueron cultivados tanto al aire libre como bajo invernadero y bajo distintos niveles de humedad en diferentes ciclos de cultivo.

Respecto de la fertilización, los experimentos se dividieron en dos bloques. En el primero de ellos se realizaron varios ensayos en los cuales se modificó la ratio $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, variando el porcentaje de nitrógeno aportado en forma de amonio (0, 5, 10 y 20%). En el segundo bloque, se aportaron tres soluciones nutritivas, en las que parte de los nitratos se reemplazaron por iones cloruro representando un 0, 20 y 40% respecto del nitrógeno total.

Periódicamente se determinó el contenido en clorofilas (extracción mediante acetona y medidor SPAD-502), color, concentración de nitratos (reflectometría), porcentaje de nitrógeno total (Kjeldahl) y fósforo, así como la actividad de la enzima nitrato-reductasa. Al final del ciclo se determinó la producción y la incidencia de fisiopatías.

Los resultados mostraron que el cultivar 'Cuartana' resultó más resistente a la aparición de 'tipburn', cuya incidencia fue más severa en ciclos estivales y bajo invernadero, pero se consiguió disminuirla con incrementos de la humedad relativa. El cultivar 'Santel' presentó una mayor susceptibilidad a la subida a flor prematura, que afectó en mayor medida en condiciones de fotoperiodo corto, mientras que la 'mancha translúcida' se vio favorecida por las condiciones de humedad relativa más baja, siendo más susceptible el cultivar 'Cuartana'. La acumulación de nitratos fue superior en ciclos primaverales-estivales y bajo invernadero. Con el aporte de un 10-20% de amonio en la solución nutritiva y el reemplazo de parte de los nitratos por iones cloruro se redujo el contenido de nitratos de las hojas de escarola sin verse disminuida su calidad comercial. Por otro lado, en nuestras condiciones el medidor SPAD-502 así como el colorímetro no serían herramientas útiles para estimar de manera indirecta el contenido en nitratos y nitrógeno de la planta.

Resum

L'escarola (*Cichorium endivia* L.) és una hortalissa aprofitable per les seues fulles, tant de forma directa, com en presentacions de IV gama. L'acumulació de nitrats en aquest tipus d'hortalisses, és un factor a tenir en compte en el seu cultiu, ja que la seua ingesta té efectes perjudicials en la salut humana, i es trova influenciada per factors com la fertilització nitrogenada, la radiació i la temperatura. El 'tipburn', la floració prematura i la 'taca translúcida', són tres de les fisiopaties que afecten a la qualitat comercial de l'escarola. El 'tipburn' es manifesta com una dessecació marginal de les fulles, mentre que la 'taca translúcida' es presenta en forma de taques olioses als limbes.

A aquesta tesi doctoral s'ha estudiat la influència de diferents factors ambiental, como la temperatura i la humitat relativa, així com de la fertilització nitrogenada i del cultivar emprat en l'acumulació de nitrats, incidència de fisiopaties i producció comercial en plantes d'escarola. Per altra banda, s'han establert correlacions entre els diferents paràmetres fisiològics determinats, amb l'objectiu de conèixer, mitjançant algunes d'elles, si els mesuradors portàtils de clorofil·la SPAD-502 i el colorímetre es podrien utilitzar per a determinar de forma indirecta el contingut en nitrats i nitrogen total.

Per assolir aquestos objectius, es varen realitzar diferents experiments emprant en tots ells cultivars d'escarola de fulla llisa ('Cuartana', 'Natacha', 'Santel') que foren cultivats tant a l'aire lliure com a l'hivernacle, amb distints nivells d'humitat en diferents cicles de cultiu.

Quan a la fertilització nitrogenada, els experiments es varen dividir en dos grups. En el primer d'ells es varen dur a terme diferents assaigs en els quals, es va modificar la ratio $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ variant el percentatge de nitrogen aplicat en forma d'amoni (0, 5, 10 y 20%). En el segon bloc, s'aportaren tres solucions nutritives, en les quals part dels nitrats van ser reemplaçats per ions clorur, representant un 0,20 y 40% respecte del nitrogen total.

Periòdicament es va determinar el contingut en clorofil·les (mitjançant extracció amb acetona i amb el mesurador SPAD-502), el color, la concentració de nitrats (reflectometria), percentatge de nitrogen (Kjeldahl) i fòsfor, així com l'activitat de l'enzima nitrat-reductasa. A la fi de cada cicle de cultiu es va determinar la producció i la incidència de fisiopaties.

Els resultats mostraren que el cultivar 'Cuartana' va ser més resistent a l'aparició de 'tipburn'. Fisiopatia que va aparèixer amb més intensitat en cicles estivals i en hivernacle, però que es va reduir amb increments de la humitat relativa. El cultivar 'Santel' presentà una major susceptibilitat a la floració prematura, que va afectar en major mesura en condicions de fotoperíode curt. La 'taca translúcida' es va veure afavorida per les condicions d'humitat relativa més baixa, sent més susceptible el cultivar 'Cuartana'.

L'acumulació de nitrats va ser superior en els cicles de primavera i estiu i en el cultiu a l'hivernacle. Amb l'aplicació d'un 10-20% d'amoni en la solució nutritiva i el reemplaçament de part dels nitrats per ions clorur, es va reduir el contingut de nitrats en les fulles d'escarola, sense veure un descens en la qualitat comercial. D' altra banda, en les nostres condicions, el mesurador SPAD-502, així com el colorímetre, no serien

unes eines útils per estimar de manera indirecta el contingut en nitrats i nitrogen de la planta.

Abstract

Endive (*Cichorium endivia* L.) is a leafy vegetable mainly used in ready-to use salads. Nitrate accumulation, is a serious problem in this type of vegetables, because when ingested, nitrate has toxic effects in the human health. Solar radiation, nitrogen fertilization and temperature are some factors that affect nitrate concentration in leaves. 'Tipburn', bolting and 'glassines' are some physiological disorders that appears in endives and impairs their marketable quality. 'Tipburn' is characterized by necrosis on the outside of leaves, and 'glassines' is associated with oil spots on leaves.

In this thesis have been studied the influence of different environmental factors (temperature, relative humidity), nitrogen fertilization and cultivar in the nitrate accumulation, the incidence of physiological disorders and marketable production. Also, we studied the correlations between different parameters in order to know, with some of this, if the chlorophyll meters SPAD-502 and the colorimeter could be useful for estimating indirectly nitrate and nitrogen content in endives.

Different experiments were realized using broad-leaved endive cultivars ('Cuartana', 'Natacha', 'Santel') that were cultivated in open-field and in greenhouse with different humidity levels in different seasons.

Regarding nitrogen fertilization, the experiments were separated in two groups. In the first group the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio was modified, increasing the percentage of nitrogen applied in ammonium form (0, 5, 10, 20%). In the second, three nutrient solutions were applied. In these solutions, a part of the nitrates were replaced by chloride (0, 20, 40% of total nitrogen).

Periodically, the chlorophyll content (extracted by acetone and measured with a chlorophyll meter SPAD-502), color parameters, nitrate concentration (reflectometry), total nitrogen (Kjeldahl) and phosphorus were determined. Also nitrate reductase activity was measured. At the end of each cycle the production and the incidence of physiological disorders were determined.

Results showed that cv. 'Cuartana' was more resistant to 'tipburn'. The hottest cycles and greenhouse favored the incidence of 'tipburn', but increasing the relative humidity we achieved reduced it. Cv. 'Santel' presented the highest susceptibility to bolting in conditions of short photoperiod. 'Glassines' was favored by low relative humidity, and cv. 'Cuartana' was the most susceptible.

Nitrate accumulation was higher in spring-summer cycles and in greenhouse. Applying a 10-20% of ammonium with the nutrient solution and replacing part of the nitrates by chloride, nitrate concentration in endive leaves was reduced, maintaining the quality of the plants.

In the other hand, in our conditions, the chlorophyll meter SPAD-502 and the colorimeter wouldn't be useful for estimate indirectly the nitrate and nitrogen content in plants.