

Opracowanie własne wykonane przez mgr.inż Adama Jeznach dla przyszłych prac badawczo rozwojowych w zakresie wykorzystania jodu i mikrośladników w ontogenezie roślin.

## **Znaczenie jodu dla heterotrofów i autotrofów**

### **Znaczenie jodu dla człowieka i zwierząt**

Jod został odkryty na początku XIX w. Odkrycie jodu nastąpiło przypadkowo w 1812 r. Dokonał go Courtois, gdy na zlecenie Napoleona poszukiwał surowców w wodorostach morskich. W 1896 r. Baumann odkrył obecność jodu w tarczycy i stwierdził, że jego niedobór powoduje powstawanie wola endemicznego. Pierwiastek ten występuje w wodach mórż i oceanów oraz w organizmach zwierząt i roślin morskich. W małych ilościach obecny jest także w glebie. Naturalnymi substancjami zawierającymi jod są jego sole: jodki i jodany, hormony tarczycy, a także inne produkty, które powstały w miejscach występowania jodu. Rola jodu w życiu człowieka i zwierząt jest znacznie bardziej poznana.

Ciało zdrowego człowieka zawiera 30-50mg jodu. Najwięcej jodu występuje w tarczycy, która ma zdolność aktywnego gromadzenia tego pierwiastka. Bez jodu niemożliwa jest produkcja w pęcherzykach tarczycy hormonów tarczycy, tyroksyny (T4) i trójjodotyroniny (T3), niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania wszystkich komórek organizmu. źródło: [Wapń, Magnez, Żelazo i jod http://pl.shvoong.com/books/1866075-wap%C5%84-magnez-%C5%BCelazo-jod/#ixzz1lfw4U023](http://pl.shvoong.com/books/1866075-wap%C5%84-magnez-%C5%BCelazo-jod/#ixzz1lfw4U023)

Jod służy do syntezy hormonu tarczycy – tyroksyny i trójjodotyroniny, regulatora procesów przemiany materii w ustroju. Tyroksyna (pochodna aminokwasu – tyrozyny) składa się w 50% z jodu. Tyroksyna i trójjodotyronina wywołują większe zużycie tlenu przez tkanki i zwiększenie przemiany materii, pobudzają wzrost i rozwój organizmu (Rozański 2004). Miąższ tarczycowy składa się z pęcherzyków tarczycowych, które są pokryte licznymi naczyniami krwionośnymi. W błonach komórkowych tych pęcherzyków znajdują się pompy jodowe (białko śródbłonkowe), które wychwytyują jod z krwi i pompują go do wnętrza komórek. Peroksydaza zawarta w cytoplazmie komórek utlenia jony jodu do jodu pierwiastkowego, który łączy się do tetraglobuliny (tyroksyny) w pęcherzykach tarczycowych. Proces ten może być przerwany przez tiocyjany, wchodzące w skład roślin kapustnych, przy nadmiernym ich spożywaniu. Hamują one aktywność peroksydaz i w ten sposób dochodzi do niedoczynności tarczycy i powstania woli endemicznych.

Niedobór jodu w organizmie człowieka powoduje kretynizm, matolectwo endemiczne, związane z zahamowaniem rozwoju umysłowego, fizycznego, głuchoniemotę, obrzęk strun

głosowych i inne dotkliwe dolegliwości, jak: łysienie, poronienia, bezpłodność, niekontrolowana otyłość, zanik piersi i produkcji mleka (Szybiński 2008).

Dobowe zapotrzebowanie na jod jest bardzo małe zaledwie 200 mikrogramów (200 milionowych części grama), w ciągu całego życia potrzeba zatem zaledwie kilka gramów jodu. Dzielne zapotrzebowanie na jod w czystym składniku dla osób dorosłych wynosi 150µg, dla dzieci 90-120µg, dla kobiet karmiących i ciężarnych 250µg. Warto wiedzieć, że niektóre warzywa głównie z rodziny kapustowatych (np. kapusta) zawierają rodanki, które działając antagonistycznie do jodków, mogą pogorszyć przebieg niektórych schorzeń tarczycy. Spośród produktów spożywczych najwięcej jodu zawierają ryby i skorupiaki morskie od 570-1200µg/kg, glony i sinice morskie, tran (8387µg/kg). Wśród roślin największą zawartością tego pierwiastka charakteryzują się: szpinak 201µg/kg, ziemniaki 45µg/kg, marchew 38µg/kg, szparagi 42µg/kg, bób 36µg/kg, płatki owsiane 60µg/kg. Z produktów zwierzęcych bogatych w jod należy wymienić: szynkę 77µg/kg, wieprzowina 45µg/kg, masło 56µg/kg, jaja 93µg/kg, mleko 35µg/l (Szybiński 2008). Zawartości jodu w wymienionych produktach spożywczych pochodzenia zwierzęcego są standardem tylko wtedy, gdy zwierzęta były karmione paszą wzbogaconą solą jodowaną (otrzymywały tzw. lizawki), a rośliny, którymi skarmiano zwierzęta rosły na stanowiskach zasobnych w jod lub nawożonych preparatami jodowymi.

Badania prowadzone przez Brzóska, Szybińskiego i Śliwińskiego w latach 2007-2008 wykazały, że stężenie jodu w mleku wynosiło od 100,4 do 146,8µg/l i zawartość tą można było regulować przez wzbogacanie pasz solą jodowaną. Sprawdzono, że mleko z Francji zawiera ponad 300µg/l jodu. Jest to spowodowane podawaniem z paszą soli chilijskiej (źródło jodu) i wodorostów morskich. W przypadku mleka polskiego - jedna szklanka mleka zaspokoi dobowe potrzeby człowieka w jod mniej niż w 20%, natomiast mleko z Francji w 50%. Podobne badania przeprowadził Mielniczenko w latach 2001-2004, podając krowom wodny koncentrat jodu. Zawartość jodu w mleku wzrosła do 200mg/l (12 krotnie więcej, jak w mleku z Francji). Podobny eksperyment wykonano na kurach nioskach, dodając do wody koncentrat jodu. W efekcie wzrosła nieśność kur, jakość jaj, a zawartość w nich jodu zwiększyła się z 14 do 42mg/kg jaj (Rudawska, Michałowski, Salij). Wprowadzenie jodu do pasz dla zwierząt stymuluje odporność na choroby, poprawia przyswajanie pokarmu oraz następuje biofortyfikacja żywności w biologicznie aktywny jod. Według Mielniczenko koncentracja wody < 1,58 mol/l jest wskaźnikiem deficytowym dla jodu w otaczającym środowisku.

## Wpływ jodu na ontogenezę roślin

Rola jodu w fizjologii roślin jest wciąż mało poznana, a wyniki badań prowadzone w świecie wskazują na rozbieżne, często wykluczające się wnioski. Dane z literatury dotyczące nawożenia warzyw tym pierwiastkiem wykazują zarówno korzystne, jak i toksyczne działanie na rośliny – zależnie od zastosowanej dawki. Z tego powodu przez wiele lat panował pogląd, że lepiej spożywać warzywa gromadzące jod i bogate w ten pierwiastek (np. sałata, szpinak) niż nawozić rośliny jodem. W związku z tym w wielu ośrodkach naukowych prowadzone są badania dotyczące biofortyfikacji wybranych gatunków warzyw w jod. Biofortyfikacja jest to proces polegający na zwiększeniu w danym produkcie (np. w owocach, warzywach) dostępnej ilości pierwiastków odgrywających ważną rolę w organizmie człowieka (np. żelaza, cynku, manganu, miedzi, jodu czy selenu). Wzbogacanie tych produktów może odbywać się poprzez zabiegi agrotechniczne lub procesy biotechnologiczne. Odgrywa ono obecnie ważną rolę w tworzeniu tzw. żywności funkcjonalnej, która oprócz odżywiania ma korzystny wpływ na organizm ludzki. Prace w tym aspekcie zmierzają do zwiększenia zawartości jodu w warzywach do takiego poziomu, by ich konsumpcja była bezpieczna dla zdrowia i w stopniu większym niż dotychczas pokrywała dzienne zapotrzebowanie na jod. Badania mają także pomóc w opracowaniu skutecznych metod zwiększania zawartości jodu w roślinach, nie powodujących równocześnie obniżenia jakości i wielkości plonu (Kołaczyńska-Janicka 2009). Nawożenie roślin jodem może być więc alternatywnym źródłem tego pierwiastka stosowanym w diecie człowieka.

Opinie różnych naukowców prowadzących badania nad wpływem jodu na fizjologię roślin są często niespójne, a nawet wykluczające się. Według niektórych badaczy jod nie jest pierwiastkiem niezbędnym dla roślin, jednakże już przy niskich jego stężeniach w glebie obserwowany jest pozytywny wpływ na rośliny (Smoleń 2009). Przyczyny tego zjawiska nie zostały wyjaśnione (Kabata, Mukherjee 2007) (Murashige, Skoog 1962).

Wielu autorów prac w tym zakresie przypisuje pierwiastkowi ważną rolę w metabolizmie roślin. Mielniczenko (2000) i Borkowskij (2008) prowadząc badania w ramach Naukowo-Produkcyjnej grupy „Jodis” z Kijowa nad 3% koncentratem jodu (występującego w trwałym wiązaniu z cząsteczką wody) stosowanym w produkcji roślin, sprecyzowali jego funkcje w życiu roślin. Stwierdzili oni, że w efekcie stosowania jodu następuje:

1. Stymulacja procesów metabolicznych (jako składnik enzymów i koenzymów, stymulator syntezy niektórych aminokwasów), zwiększanie intensywności reakcji biochemicznych, stabilizacja genetycznie uwarunkowanych procesów metabolicznych.
2. Wzrost odporności roślin na choroby grzybowe przy udziale związków fenolowych (powstałych z rozpadu aminokwasu fenyloalaniny – prekursora tyrozony)

3. Alkaliczne oddziaływanie jodu na powstawanie enzymów, biorących udział w syntezie mikroskładników w organellach rośliny.

4. Stabilizacja innych jonów w glebie np.: Na<sup>+</sup> (nadmiar Na daje efekty braku Ca); Mg<sup>++</sup>(aktywator enzymów, skl. chlorofilu, synteza białek, reg. Gosp. wodą); Cu (synteza białka i tłuszczy; niedobór to; zasychanie wierzchołków roś., źle zawiązują nasiona;) K<sup>+</sup> (stymulator syntezy ATP i białek, reg. Gosp. wodnej, aktywator enzymów).

5. Aktywność jodowa przez proces fosforylacji: normalizuje reakcje obronne roślin przed stresami.

6. Ograniczenie dyfuzji substancji odżywczych od rośliny do pasożyta i odwrotnie.

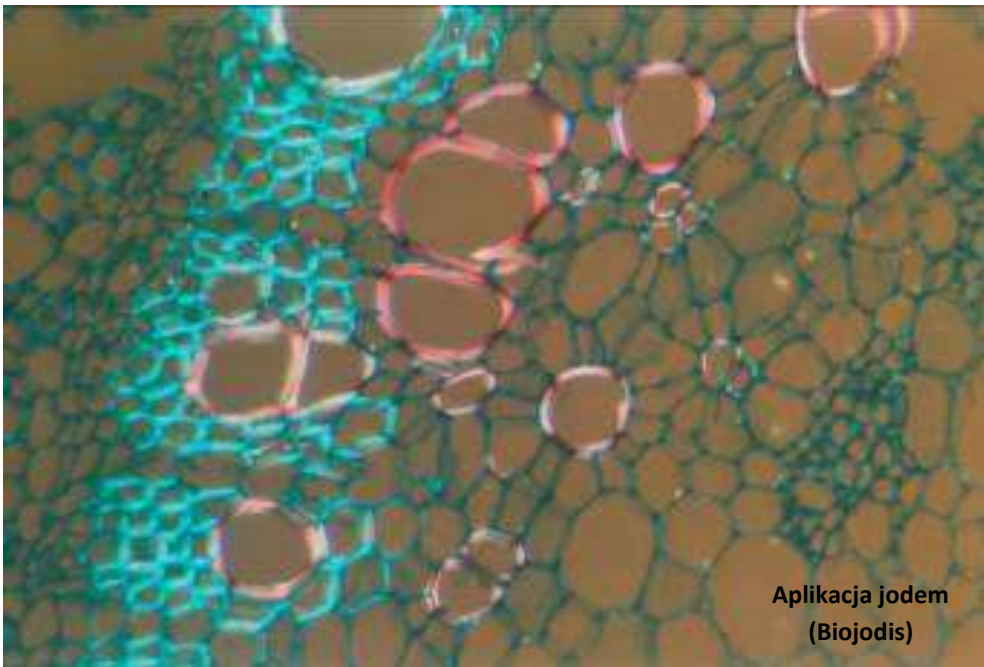
7. Zwiększenie oporności błony komórkowej roślin na przenikanie zarodników grzybów

8. Stymulacja procesów regeneracji uszkodzeń roślin przez zwiększenie form anionowych peryksydaz wywołujących syntezę ligniny i polisacharydów.

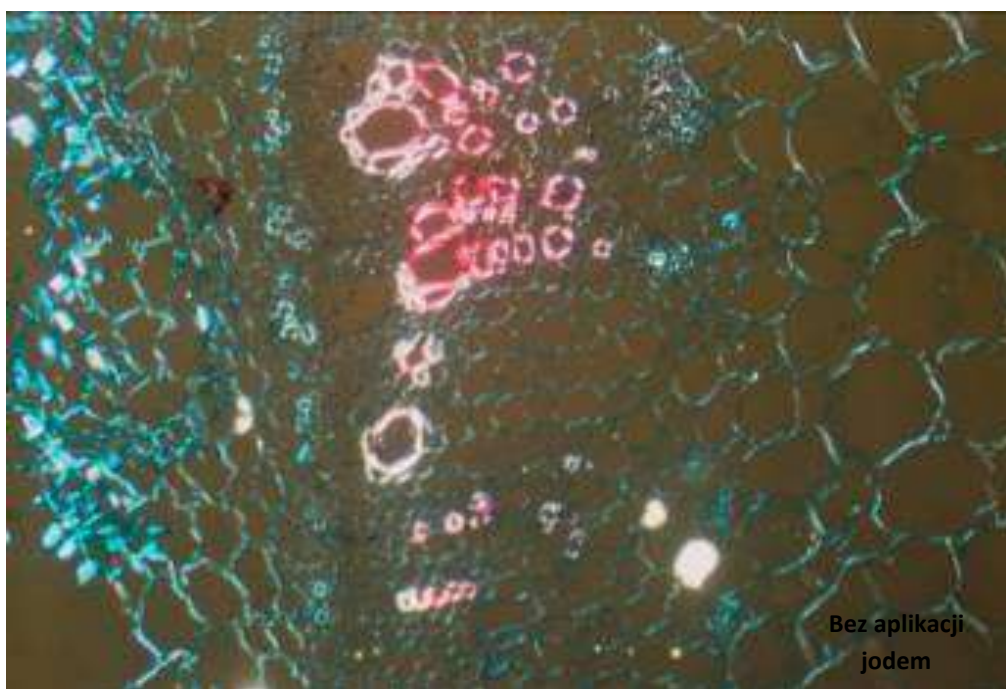
Z licznych cytowanych doniesień literatury wynika, iż **forma i dawka** jodu ma istotny wpływ na efektywność biofortyfikacji roślin w ten pierwiastek oraz na ich skład mineralny. Dostępne są różnego rodzaju formułacje preparatów zawierających jod. Ich produkcja opiera się głównie na algach morskich, minerałach (sól chilijska), jodek potasu, jodan potasu, wodny koncentrat jodu itd. Przy wyborze odpowiedniej formy jodu i jego dawki, ważna jest znajomość dystrybucji jodu w roślinie. Po raz pierwszy badanie takie wykonali Weng, Yan, Qin i inni (2008) za pomocą elektronowego mikroskopu transmisyjnego. Aplikowany koncentrat jodu daje najlepsze efekty, jeśli jest stosowany dolistnie. Pierwiastek ten przedostaje się wraz z wodą przez mikrootwory w kutikuli do stref międzykomórkowych liści. Ma to szczególne znaczenie u roślin dwuliściennych, gdyż aparaty szparkowe (o znacznie większej średnicy) znajdują się głównie na spodniej stronie liści. W przypadku roślin jednoliściennych aparaty szparkowe rozłożone są równomiernie po obydwu stronach liści, stąd łatwiejszy jest dostęp do wnętrza liścia.

Tkanka naczyniowa roślin pozytywnie reaguje na aplikację koncentratem jodu . Wiązki przewodzące (floem i ksylem) zwiększają swoją średnicę bardzo wyraźnie (Dyki 2007) (fot 1 i 2)

Fot.1 Wiązki przewodzące u pomidora po aplikacji jodem (Biojodis).



Dyki B.2007. Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach



Fot. 2 Wiązki przewodzące u pomidora bez aplikacji jodem

Dyki B. 2007. Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach

Jod pobrany przez roślinę kumulowany jest w 60% przez liście roślin i tam bezpośrednio wykorzystywany jest w procesach biochemicznych. Pozostałe 40% jodu włącznie z asymilatami przemieszcza się za pomocą wiązek sitowych (floemu) do łodyg i korzeni (Strzetelski 2005). Według wymienionych autorów zawartość jodu w różnych organach roślin można uszeregować w następujący sposób: liście 59-61%, kora 20-21%, łodyga 19-19,8%. Jon jodu przenika przez włósniki i wraz z enzymami roślinnymi przedostaje się do ryzosfery. Wydzielane przez włósniki substancje bogate w enzymy, zmieniają się w zależności od fazy wzrostu i rozwoju roślin. Obecność tych enzymów w ryzosferze aktywuje określone typy morfologiczne mikroorganizmów glebowych. Jeśli jod był aplikowany doglebowo to droga wnikania do rośliny jest odwrotnie analogiczna i zaczyna się od włósników, przy czym kumulacja tego pierwiastka w roślinie jest identyczna. Jony jodu zazwyczaj osadzają się na ścianach komórkowych, wykazując gotowość do procesów biochemicznych (Weng, Hong i inni 2008).

Prowadzone były również badania nad wpływem jodu na gospodarkę azotową roślin. Strzetelski i in. (2010) określili wpływ różnych form jodu ( $I^-$  i  $IO_3^-$ ) i jego aplikacji (doglebowej i dolistnej) na akumulację azotanów oraz zawartość wybranych składników w roślinach rzodkiewki. Stwierdzili oni, że we wszystkich obiektach traktowanych jodem następowało zwiększenie zawartości jonów amonowych w zgrubieniach rzodkiewki w porównaniu z kontrolą. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu badanych kombinacji na zawartość suchej masy, azotanów(V), azotanów(III) w liściach i zgrubieniach oraz na zawartość barwników asymilacyjnych i jonów amonowych w liściach, jak i na zawartość cukrów rozpuszczalnych w zgrubieniach rzodkiewki.

Strzetelski i współautorzy (2005) udowodnili, że pobieranie jodu z gleby przez różne gatunki roślin jest zróżnicowane i uzależnione od temperatury oraz ilości opadów w poszczególnych latach i sezonach. Trawy pobierały więcej jodu niż rośliny strączkowe i kukurydza, a ziarna zbóż zawierały znikome ilości jodu.

Ważnym problemem przy stosowaniu jodu jest określenie **jego interakcji z nawożeniem innymi składnikami pokarmowymi**. Szkolnik (1980) wykazała antagonistyczne oddziaływanie jodu na pobieranie chloru. Badania w tym zakresie prowadził także Smoleń (2009) oceniając wpływ nawożenia jodem i azotem na skład mineralny marchwi. Wykazała ona istotny wpływ nawożenia jodem (na tle zróżnicowanego nawożenia azotem) na skład mineralny marchwi. Odnotowano interakcję nawożenia jodem i azotem dla 11 spośród 19 przebadanych pierwiastków: Al, B, Fe, Mn, Sr, Ti, Cd, Cu, Cr, Li i V. W obiektach nie nawożonych azotem, jod w formie  $KIO_3$  powodował wzrost zawartości Al i Li oraz zmniejszenie zawartości Cu, natomiast jod w formie KI powodował zmniejszenie zawartości B, Fe, Ti i V. W porównaniu do kontroli w obiektach nie nawożonych azotem aplikacja jodu zarówno w formie KI, jak i  $KIO_3$  wpłynęła na zmniejszenie zawartości Co, Mn i Sr oraz na zwiększenie zawartości Cr w marchwi.

Nawożenie azotem zarówno w formie  $Ca(NO_3)_2$ , jak i  $(NH_4)_2SO_4$  wpłynęło na zmianę oddziaływania jodu w formie KI i  $KIO_3$  na pobieranie i akumulację Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Li, Ti i V (w porównaniu do obiektów nie nawożonych azotem) u marchwi. Prawie we wszystkich przypadkach stwierdzono mniejszą zawartość metali ciężkich w marchwi.

Inne badania dotyczące wpływu nawożenia jodem i azotem na plon i jakość marchwi wykazały, że nie miało ono statystycznie istotnego wpływu na wielkość plonu, zawartość azotanów oraz aktywność wolnorodnikową korzeni spichrzowych marchwi (Smoleń i in. 2009). Wykazano też zróżnicowaną interakcję pomiędzy doglebową aplikacją jodu w formie KI i  $KIO_3$  a nawożeniem azotowym na zawartość: azotanów, jonów amonowych, wolnych aminokwasów, związków fenolowych, fenylopropanoidów i flawonoidów w marchwi. Aplikacja  $KIO_3$ , w porównaniu do KI, powodowała wzrost zawartości azotanów w marchwi nawożonej  $Ca(NO_3)_2$ , jak i w kontroli nie nawożonej azotem. We wszystkich obiektach korzenie spichrzowe roślin nawożonych jodem (w formie KI i  $KIO_3$ ) zawierały istotnie mniej chlorków od korzeni roślin nienawożonych jodem.

Wyniki wymienionych autorów wskazują na zróżnicowane oddziaływanie nawożenia jodem w formie KI oraz  $KIO_3$  zarówno w zależności od nawożenia azotem, jak i od rodzaju zastosowanego nawozu azotowego. Miało to wpływ na zawartość suchej masy, ekstraktu, karotenoidów i kwasu askorbinowego. Odnotowano wówczas spadek zawartości Ca, K, S w korzeniach spichrzowych marchwi i niewielki wzrost ilości Mg, S i Na, P.

Inną formą aplikowanego do roślin jodu jest wodny koncentrat jodu 30mg l/l wody – składnik preparatu Biojodis. Preparat aplikowany jest dolistnie. Przy jednorazowym oprysku nanosi się 60µg czystego jodu na 1ha (aplikację powtarza się dwukrotnie). Taka ilość jodu nie może mieć znaczenia biofortyfikacyjnego (zbyt mała dawka), ale może mieć znaczenie w życiu roślin. Prowadzone badania na pszenicy ozimej wykazały wzrost białka o 0,33% i glutenu o 0,99% (Pekarskas 2005). Użycie preparatu Biojodis w dawce 4l/ tonę ziarna do półsuchego zaprawiania pszenicy powodowało zmniejszenie liczby grzybów patogenicznych z  $9,0 \times 10^3/\text{cm}^2$  w kontroli do  $5,5 \times 10^3/\text{cm}^2$ . Wyniki badań nad jęczmieniem jarym wykazały zwiększenie energii i siły kiełkowania ziarna o 5,5%, natomiast plon wzrósł o 3,3% (Pekarskas 2005).

Oceniając przydatność preparatu Biojodis do stosowania w uprawie warzyw, stwierdzono jego pozytywny wpływ na plonowanie różnych odmian kapusty i ogórka. U kapusty odm. Chopin F<sub>1</sub> następował wzrost plonu na poziomie 4-5% (bez nawożenia pogłównego N) w stosunku do kontroli z nawożeniem pogłównym N. Zastosowany preparat pozytywnie wpłynął na strukturę plonu. Stwierdzono mniej główek o wadze < 2kg w stosunku do kontroli.

W przypadku ogórka konserwowego zwiększał się o 10% plon handlowy owoców, owoce były bardziej odporne na wędnięcie i wyrównane. Stwierdzono, że mimo ograniczonego stosowania nawożenia, plon owoców ogórków nie zmniejszył się (Babik 2006).

Doświadczenia wdrożeniowe z użyciem preparatu Biojodis (stężenie jodu analogiczne z koncentratem, stosowanym w badaniach niniejszej pracy), wykazały pozytywne oddziaływanie na rośliny warzywne, a uzyskane plony i ich jakość były zróżnicowane (Kowalczyk 2008). U kapusty głowiastej odm. Arivist główki były wyrównanej wielkości o średniej masie od 1,5 do 2 kg, natomiast plon był wyższy w porównaniu do kontroli o 12%. Kapusta odmiany Bilko F<sub>1</sub> traktowana jodem charakteryzowała się większą intensywnością wzrostu i wcześniej o tydzień w stosunku do kontroli osiągała dojrzałość zbiorczą. Średnia masa główek dla roślin traktowanych Biojodisem wynosiła od ok. 1,25-1,50kg, a dla roślin kontrolnych: ok. 1 – 1,20kg.

W latach 2005-2010 przeprowadzono 38 doświadczeń wdrożeniowych na roślinach ogrodniczych i rolniczych z zastosowaniem preparatu Biojodis. W każdym przypadku odnotowano wyrównaną strukturę plonu, natomiast plon wzrastał od 4 do 24% w zależności od gatunku i przebiegu warunków pogodowych w danym okresie wegetacji. Bardzo dobre efekty uzyskiwano w produkcji warzyw i owoców o stosunkowo krótkim okresie wegetacji. Badania prowadzone na truskawkach wykazały wzrost plonu od 21 do 33% w zależności od odmiany (Adamczyk 2010).



Wśród innych badanych form jodu na uwagę zasługują takie związki jak jodek i jodan potasu. Badania z ich zastosowaniem w uprawach rzodkiewki, sałaty, szpinaku, marchwi i ziemniaków prowadził Smoleń w latach 2005-2007. Rośliny dokarmiano doglebowo i dolistnie i w efekcie zauważono, że warzywa liściowe znacznie lepiej reagowały na aplikację dolistną, natomiast marchew i ziemniaki nie wykazywały różnic w sposobie aplikacji (Smoleń 2009). Oceniając formę aplikowanego jodu, najbardziej efektywne okazało się nawożenie dolistne jodanem potasu. Zaobserwowano toksyczne działanie jodu aplikowanego dolistnie (nekrozy, przebarwienia) przy stężeniu powyżej 0,2% czystego pierwiastka (Smoleń 2007).

## WYNIKI

Przeprowadzone w ramach pracy badania nad jodem stosowanym w postaci koncentratu jodu w uprawach kapusty głowiastej białej odmiany odm. Kilazol F<sub>1</sub> oraz kapusty pekińskiej odmiany Bilko F<sub>1</sub> wskazują na pozytywny efekt oddziaływania preparatu zarówno w aspekcie przedsewnego traktowania nasion (biokondycjonowania), jak i dolistnego dokarmiania roślin w uprawach polowych. Kompleksowe wyniki badań zestawiono w tabelach (tab. 6 - 13) zamieszczonych w tekście pracy oraz na rysunkach (4 - 18) zamieszczonych w aneksie. Ich uzupełnieniem jest dokumentacja fotograficzna zamieszczona w aneksie pracy (fot. 3 - 40).

### 1.1. Badania nad wpływem jodu na jakość nasion i procesy fizjologiczne w siewkach kapusty głowiastej białej odmiany Kilazol F<sub>1</sub>

Hydrokondycjonowanie nasion kapusty głowiastej białej odmiany Kilazol F<sub>1</sub> wykonane przed biokondycjonowaniem z użyciem jodu było traktowane jako metoda wstępna, pomocna w określeniu optymalnej dawki wody i wskazaniu czasu inkubacji nasion (rys. 3 i 4).

Nasiona kapusty po wstępnym uwilgotnieniu do 40% oraz dwu i czterodobowej inkubacji poddane następnie biokondycjonowaniu w 3% koncentracji jodu i dla porównania w preparacie Biojodis nieco różniły się jakością. Najlepsze efekty biokondycjonowania uzyskano dla kombinacji z koncentratem jodu i Biojodis po 2 dobowej inkubacji nasion. Otrzymano wówczas najwyższą w porównaniu do kombinacji z kontrolą (nie traktowaną) energię i zdolność kiełkowania nasion w obydwu przypadkach - 96% i oraz 81% kontrola (rys.5). Różnice były statystycznie udowodnione. W konsekwencji biokondycjonowania w koncentracji jodu, uzyskano dla odnośnych kombinacji istotne przyspieszenie i wyrównanie wschodów roślin. Po 8 dniach od wysiewu nasion kapusty odnotowano najwyższy procent skiełkowanych nasion a po 12 dniach praktycznie zakończyły się wschody roślin i 96% nasion skiełkowało. W porównaniu z kontrolą uzyskano średnio o 14% wyższe wschody. Ogólnie nastąpił wzrost dynamiki kiełkowania, w konsekwencji przyspieszenie i wyrównanie wschodów nasion kapusty głowiastej o 3 dni (rys.5).

**Pomiary wymiany gazowej** roślin wykonane w fazie siewek wskazują, iż badane kombinacje z różnymi formami jodu użytymi do biokondycjonowania różniły się między sobą **intensywnością fotosyntezy (Pn)** i transpiracji (E), przewodnictwem szparkowym (Gs) oraz stężeniem międzykomórkowego dwutlenku węgla (Ci). Największymi wartościami pierwszego parametru (Pn) charakteryzowały się siewki powstałe z nasion uwilgotnionych do 40%, poddane 2 dobowej inkubacji a następnie biokondycjonowane w 3% koncentracji jodu. Współczynnik **intensywności fotosyntetycznej (Pn)** osiągał wartość  $4,9\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ . Najniższą wartość dla tego współczynnika odnotowano w siewkach powstałych z nasion

traktowanych Biojodisem -  $4,6\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ , pośredni w kontroli (nie traktowanej) -  $4,5\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  (rys. 6). Odwrotne zależności otrzymano dla pozostałych parametrów wymiany gazowej mierzonej w siewkach - **procesu transpiracji (E)**, **przewodności aparatów szparkowych (Gs)** i **międzykomórkowego stężenia  $\text{CO}_2$  (Ci)**. Tutaj najwyższe wartości dla wymienionych współczynników otrzymywano dla siewek uzyskanych z nasion traktowanych Biojodisem.

Pomiary wymiany gazowej wykazały bardzo wyraźny, udowodniony statystycznie wzrost **transpiracji (E)** w siewkach powstałych z nasion uwilgotnionych do 40% i inkubowanych 4 doby, traktowanych Biojodisem w stosunku do kontroli i do kombinacji, którą traktowano 3% koncentratem jodu. Wartość tego współczynnika wyniosła odpowiednio dla Biojodisu  $1,64\text{mmol H}_2\text{O/m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ , dla koncentratu jodu -  $1,35\text{mmol H}_2\text{O/m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  i kontroli  $1,28\text{mmol H}_2\text{O/m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  (rys. 7). Sposób biokondycjonowania (forma związków jodu) nie wpłynął w sposób istotny na **przewodność aparatów szparkowych (Gs)** w siewkach kapusty głowiastej białej. Otrzymano analogiczne zależności dla współczynnika Gs w poszczególnych kombinacjach, jak dla współczynnika transpiracji (E). Wartość Gs wynosiła odpowiednio  $506\text{mmol H}_2\text{O/m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  (Biojodis),  $498\text{mmol H}_2\text{O/m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  (koncentrat jodu i inkubacja 2 doby),  $453\text{mmol H}_2\text{O/m}^{-2}\text{ s}^{-1}$  (kontrola) równa była (rys 6).

Wartości pomiarów **międzykomórkowego stężenia  $\text{CO}_2$  (Ci)** potwierdziły wykazaną wyżej prawidłowość. Najwyższe wartości dla tego współczynnika uzyskano dla siewek przy uwilgoceniu nasion do 40% i 2 dobowej inkubacji oraz biokondycjonowaniu Biojodisem -  $330\mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$  powietrza,  $328\mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$  powietrza dla 3% koncentratu jodu (2 dni inkubacji), najniższe dla kontroli  $298\mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$  powietrza (rys 7).

Indeks zawartości chlorofilu był wprost proporcjonalny do szybkości przebiegu fotosyntezy w siewkach. Najwyższy wskaźnik odnotowano w siewkach wyrosłych z nasion uwilgotnionych do 40% i inkubowanych 2 doby, a następnie biokondycjonowanych w 3% koncentracji jodu - wynosił 31,2 IZCh. Nieco niższą wartość otrzymano dla analogicznych warunków kondycjonowania dla preparatu Biojodis - 30,3 IZCh, a w kontroli wynik ten był najniższy i wynosił 28,1 IZCh (rys. 16). Więcej więc było chlorofilu w siewkach, w których fotosynteza przebiegała intensywniej, co wykazano po stosowaniu 3% koncentratu jodu.

## 1.2. Skuteczność oddziaływania jodu na ontogenezę i plon roślin kapusty głowiastej białej odmiany Kilazol F<sub>1</sub>

### 1.2.1 Produkcja rozsady, a dokarmianie dolistne jodem

Dwukrotne dolistne dokarmianie rozsady kapusty głowiastej białej 3% koncentratu jodu miesiąc po wysiewie nasion i 11 dni przed posadzeniem rozsady w polu w sposób istotny wpłynęło na kondycję roślin i jakość rozsady (fot.3, 4, 6). Pomiary zawartości chlorofilu w

liściach wykazały istotny wzrost barwnika zielonego w roślinach traktowanych jodem w stosunku do roślin kontrolnych (nie traktowanych). Rośliny charakteryzowały się większą masą i długością (średnio 16,5cm wraz z korzeniem) w porównaniu z obiektami kontrolnymi, gdzie były krótsze średnio o 2cm (średnio 14cm) (tab. 6). Rozsada z kombinacji dokarmianych jodem była wyrównana, krępa, o sztywnym pokroju, liście masywniejsze i grubsze, ale nie łamliwe. Bryła korzeniowa roślin traktowanych jodem odznaczała się większą masą od korzeni rozsady bez dokarmiania (ok. 20%) (fot. 5).

Tabela 6. Wpływ dolistnego dokarmiania roślin kapusty głowiastej białej koncentratem jodu na jakość rozsady.

<b>Kombinacje</b>	<b>Pomiary biometryczne rozsady kapusty białej odm. Kilozal F<sub>1</sub> (cm)</b>	
	<b>Aplikacja koncentratem jodu</b>	<b>Kontrola</b>
<b>I obiekt</b>	15,5	13,0
<b>II obiekt</b>	17,0	15,5
<b>III obiekt</b>	15,5	13,5
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>16,0</b>	<b>14,0</b>
<b>Indeks zawartości chlorofilu</b>	<b>44,3 IZCh</b>	<b>38,6 IZCh</b>

## 1.2.2 Ocena wpływu dolistnego dokarmiania jodem kapusty głowiastej białej odmiany Kilazol F<sub>1</sub> na plon roślin

W doświadczeniu polowym z produkcją kapusty głowiastej białej odmiany Kilazol F<sub>1</sub> traktowanej dolistnie 3% koncentratem jodu wykazano pozytywny wpływ środka zarówno na ontogenezę roślin (wzrost i rozwój, procesy fizjologiczne), jak i plon i jego strukturę.

Jod aplikowany trzykrotnie miesiąc po posadzeniu roślin w fazie 9 liścia, następnie w fazie, gdy główka osiąga 40% typowej wielkości i ostatni zabieg w fazie, gdy główka osiągnęła 80% typowej wielkości tj. około 15 dni przed zbiorem (fazy rozwojowe oznaczono zgodnie z międzynarodową skalą oceny faz rozwojowych roślin BBCH) indukował wzrost i rozwój kapusty. Rośliny średnio o 5 dni wcześniej w stosunku do kontroli rozpoczynały kolejne fazy rozwojowe. W obiektach traktowanych jodem zaobserwowano już po dwóch tygodniach od zabiegu większą powierzchnię liści, bardziej rozłożysty pokrój rośliny niż w kontroli i przykryte międzyrzędzia. W obiektach kontrolnych były zupełnie odsłonięte, co ilustruje fotografia 7 i 8. Przeciętna długość liści dolnych była większa od liści roślin z obiektów kontrolnych od 2 do 5cm licząc od głąbika kapusty (fot. 9, 10). Po kolejnym zabiegu dokarmiania jodem (pod koniec wegetacji roślin) odnotowano wcześniejsze zawiązywanie główek niż w kontroli, główki były też intensywniej i równomierniej wybarwione, liście większe (fot. 11, 12). Ważną cechą roślin traktowanych jodem było znacznie lepsze wyrównanie główek niż w obiektach kontrolnych i korzystniejsza struktura plonu. W rezultacie rośliny kapusty dokarmiane jodem wytworzyły 96,1% główek o masie 1,5 do powyżej 2,5kg, najwartościowszych z punktu widzenia preferencji konsumentów i plonu handlowego. W strukturze plonów kapust nawożonych jodem tylko 3,9% stanowiły główki małe i średnie o masie 0,1-1,5kg. Odwrotne i niekorzystne proporcje dla struktury plonów otrzymano z poletek nie nawożonych jodem. Tutaj 12,3% stanowiły główki o małej wartości handlowej (poza wyborem) o masie 0,1-1,5kg, natomiast plon handlowy stanowił 87,7% (główki o masie 1,5 do powyżej 2,5kg) (tab.9).

Plon ogólny otrzymany z obiektów, w których rośliny dokarmiano jodem był istotnie wyższy niż z kontrolnych i osiągnął wartość 681,7kg 100m<sup>-2</sup>. W obiektach nie traktowanych otrzymano średnio o 60kg mniej główek i wartość plonu wynosiła 621kg · 100m<sup>-2</sup> (tab.7). Traktowanie kapusty głowiastej białej 3% jodem korzystnie wpłynęło również na jej przechowywanie. Procentowe ubytki kapust wynosiły dla odnośnych roślin 5,3%. Kapusta nie traktowana jodem gorzej się przechowywała i straty wynosiły 7,4% (tab.8)

Tabela 7. Wpływ jodu na plon ogólny kapusty głowiastej białej odm. Kilozal F<sub>1</sub> oraz strukturę plonu

Kapusta głowiasta	Ilość roślin/100m <sup>2</sup>	Liczba główek kapusty (szt/100m <sup>2</sup> )				Plon ogólny kg/100m <sup>2</sup>
		Masa główki 0,1- 1kg	Masa główki 1,0 - 1,5kg	Masa główki 1,5 - 2,5kg	Masa główki > 2,5kg	
Obiekt I	317	11	28	221	57	695,6
Obiekt II	320	14	39	219	48	671,5
Obiekt III	315	12	35	232	36	678,0
⌘	<b>317,3</b>	<b>12,3</b>	<b>34 a</b>	<b>224 a</b>	<b>47 a</b>	<b>681,7</b>
Kontrola	316	39	65 a	206 a	6 a	621,0 b
Bez aplikacji Kontrola – % udział najbardziej handlowych główek z plonu ogólnego a		12,3 % towar o małej wartości handlowej	<b>87,7%</b>			
Aplikacja K.J. % udział najbardziej handlowych główek z plonu ogólnego a		3,9 % towar o małej wartości handlowej	<b>96,1 %</b>			

Tabela 8. Wpływ jodu na plon handlowy kapusty głowiastej białej odm. Kilozal F<sub>1</sub> oraz straty po przechowywaniu

Kapusta głowiasta	Plon Handlowy kg/100m <sup>2</sup>	Liczba główek szt/100m <sup>2</sup>	Średnia masa główki kg/100m <sup>2</sup>	Średnia masa główki (kg)				Straty przechowalnicze kg/100m <sup>2</sup>
				0,2- 1 kg	1,0 - 1,5 kg	1,5 - 2,5 kg	> 2,5 kg	
Obiekt I	659,0a	317ab	<b>2,08a</b>	0,85	1,42	2,16	2,94	36,6
Obiekt II	633,0ab	320a	<b>1,98ab</b>	0,79	1,37	2,10	2,86	38,5
Obiekt III	645,0ab	315b	<b>2,05a</b>	0,82	1,38	2,20	2,93	33,0
⌘	<b>645,7a</b>	<b>317,3a</b>	<b>2,04a</b>	<b>0,82</b>	<b>1,39a</b>	<b>2,15a</b>	<b>2,91a</b>	<b>36,0c-5,3%</b>
Kontrola	575,0c	316ab	<b>1,82b</b>	0,77	1,35a	2,04ab	2,89a	46,0a-7,4%

Jod stymulował także odporność roślin kapusty głowiastej białej na niektóre choroby grzybowe. W ostatnim okresie wegetacji odnotowano niekorzystne warunki meteorologiczne, jednorazowe sumy opadów powodujące zalewanie roślin i sprzyjające infekcjom. W efekcie w obiekcie kontrolnym zaobserwowano objawy porażenia suchą zgnilizną kapustnych, wywołaną przez *Phoma lingam* oraz szarą pleśnią powodowaną przez *Botrytis cinerea*. W konsekwencji dolne liście zasychały, rośliny traciły wigor, gniły (fot 14). W obiektach, gdzie kapustę traktowano jodem rośliny zachowywały wysoką zdrowotność i sporadycznie były infekowane przez wymienione patogeny (fot 13).

### 1.3. Skuteczność oddziaływania jodu na ontogenezę i plon roślin kapusty pekińskiej odmiany Bilko F<sub>1</sub>

Kapustę pekińską uprawiano z siewu wprost do gruntu (fot. 23, 24). Nie stosowano kondycjonowania nasion, gdyż w tym gatunku i odmianie materiał siewny odznacza się wysoką jakością i szybkimi wschodami. Praktycznie czas od wysiewu nasion do wschodów wynosi 4-5 dni, tak też było w założonym doświadczeniu. Ze względu na ulewne deszcze siewy nasion były niezgodne z terminem agrotechnicznym dla tego gatunku, opóźniono je i wysiewano 11.08.

Podobnie, jak w opisanym wyżej doświadczeniu polowym z uprawą kapusty głowiastej białej, również w kapuście pekińskiej, stwierdzono istotny wpływ aplikacji dolistnej 3% koncentratu jodu na wzrost i rozwój roślin, ich fizjologię, strukturę i wysokość plonu główek oraz wartość przechowalniczą i skład mineralny surowca roślinnego.

Jod aplikowano trzykrotnie – miesiąc po siewach, gdy rośliny były w fazie 8 liści, II zabieg wykonano, gdy rośliny osiągnęły 30% wielkości, kształtu i twardości główek tj. 08.10, III zabieg - 60% typowej wielkości, kształtu i twardości główek – 20.10 na niespełna miesiąc przed zbiorem (fot 27), który przeprowadzono 19.11.(fot. 28). Już po pierwszym zabiegu dolistnego dokarmiania jodem roślin kapusty pekińskiej obserwowano analogiczne zależności i działanie koncentratu, jak w kapuście głowiastej białej. Rośliny traktowane intensywniej rozwijały się i rosły. W efekcie szybciej przykrywały międzyrzędzia, dolne liście były większe i dłuższe - średnio 4,5cm (licząc od głąbika) oraz intensywniej wybarwione w porównaniu z kontrolnymi (nie traktowanymi) (fot. 25).

Jod stymulował poszczególne fazy rozwojowe kapusty pekińskiej. Rośliny wcześniej – średnio o 6-8 dni zawiązywały główki, a ich masa była istotnie większa. Wykazano również lepsze ich wyrównanie niż w kontroli. W rezultacie z obiektów, gdzie rośliny dokarmiano jodem otrzymano istotnie wyższy plon ogólny i handlowy kapusty pekińskiej. Wielkość plonu głównego uzyskanego po traktowaniu roślin jodem wynosiła  $681,6\text{kg} \cdot 100\text{m}^{-2}$ , natomiast nie traktowanych (kontroli)  $532,4\text{kg} \cdot 100\text{m}^{-2}$ . Istotność różnic udowodniono statystycznie (tab.9).

Odnotowano także pozytywny wpływ jodu na strukturę plonu główek. Z kombinacji dokarmianej jodem uzyskano główki o najmniejszej masie 0,1-07kg w ilości średnio 87,3sztuki (tj. 12,54% plonu ogólnego) oraz główki największe, również o małej wartości handlowej w ilości średnio 14,3 sztuki/100m<sup>-2</sup> (tj. 2,06% plonu ogólnego). W kontroli wartości te wynosiły odpowiednio 127,0 sztuk (19,9%) i 4,0 sztuki  $\cdot 100\text{m}^{-2}$  (0,6% plonu ogólnego). Łącznie plon poza wyborem stanowił w obiektach traktowanych jodem 14,6%, a plon handlowy 85,4%. W kontroli odpowiednio 20,5% i 79,5%.

Wykazano również mniejsze ubytki masy kapusty pekińskiej po przechowywaniu w zależności od dokarmiania roślin jodem podczas wegetacji. Dla kapust traktowanych

stanowiły one 11,3% plonu ogólnego, natomiast w kontroli otrzymano 12,4% strat plonów po przechowaniu. Można więc stwierdzić, że rośliny traktowane jodem lepiej się przechowywały (tab. 10).

Tabela 9. Wpływ jodu na plon ogólny kapusty pekińskiej odm. Bilko F<sub>1</sub> i jego strukturę

Kapusta pekińska	Ilość roślin/100m <sup>2</sup>	Liczba główek kapusty (szt/100m <sup>2</sup> )				Plon ogólny kg/100m <sup>2</sup>
		Masa główek 0,1-0,7	Masa główek 0,7 do 1,2	Masa główek 1,2 do 1,5	Masa główek > 1,5	
Obiekt I	701,0	96	484	109	12	683,2
Obiekt II	697,0	87	445	149	16	685,3
Obiekt III	688,0	79	433	161	15	676,2
Σ	<b>695,3</b>	<b>87,3 b<sub>1</sub></b>	<b>454 a</b>	<b>139,7 a</b>	<b>14,3 b<sub>2</sub></b>	<b>681,6</b>
Kontrola	639,0	127 b <sub>1</sub>	437 a	71 a	4 b <sub>2</sub>	532,4
Bez aplikacji Kontrola – % udział najbardziej handlowych główek z plonu ogólnego a		b <sub>1</sub> + b <sub>2</sub> 20,5 % towar o małej wartości handlowej	<b>79,5 %</b>			
Aplikacja K.J. – % udział najbardziej handlowych główek z plonu ogólnego a		b <sub>1</sub> + b <sub>2</sub> 14,6 % towar o małej wartości handlowej	<b>85,4 %</b>			

Tabela 10. Wpływ jodu na plon handlowy kapusty pekińskiej odm. Bilko F<sub>1</sub>, jego strukturę i wartość przechowalniczą

Kapusta pekińska	Plon handlowy kg/100m <sup>2</sup>	Liczba główek szt/100 m <sup>2</sup>	Średnia masa główki kg/100 m <sup>2</sup>	Średnia masa główek (kg)				Straty przechowalnicze kg/100m <sup>2</sup>
				0,1-0,7 kg	0,7-1,2 kg	1,2-1,5 kg	> 1,5 kg	
Obiekt I	608,0a	665a	<b>0,91</b>	0,60	0,98	1,35	1,72	75,0
Obiekt II	603,0a	662a	<b>1,10</b>	0,58	0,95	1,42	1,68	82,0
Obiekt III	601,0a	653ab	<b>1,08</b>	0,63	0,93	1,45	1,65	75,0
Σ	<b>604,0a</b>	<b>660a</b>	<b>1,03ab</b>	<b>0,60a</b>	<b>0,95a</b>	<b>1,41a</b>	<b>1,68a</b>	<b>77,3a-11,3%</b>
Kontrola	468,0d	607c	<b>1,30a</b>	0,45b	0,84a b	1,35a b	1,55a b	66,0b- 12,4%

W prowadzonych doświadczeniach z uprawą kapusty pekińskiej nie obserwowano pojawów szkodników i występowania chorób grzybowych, powodujących obniżenie plonu i wartości przechowalniczej. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że rośliny traktowane odznaczały się wyższą zdrowotnością.



## Wpływ jodu na procesy fizjologiczne roślin kapusty głowiastej i pekińskiej

Jod aplikowany dolistnie w uprawach kapusty głowiastej białej i pekińskiej indukował procesy fizjologiczne w roślinach oraz ich odporność na niekorzystne warunki meteorologiczne.

**Pomiary wymiany gazowej** roślin wykonane na początku i pod koniec wegetacji roślin (przed zbiorem) wskazują, iż w zależności od stopnia zaawansowania wzrostu roślin różniły się między sobą **intensywnością fotosyntezy (Pn)** i transpiracji (E), przewodnictwem szparkowym (Gs) oraz stężeniem międzykomórkowego dwutlenku węgla (Ci). Jod wpływał na przyspieszenie procesów fotosyntezy i transpiracji a także przewodność aparatów szparkowych.

W pierwszym terminie, dla roślin kapusty głowiastej białej aplikowanej jodem fotosynteza osiągała wartość (Pn)  $16,28 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  i była intensywniejsza niż w kontroli gdzie osiągnięto wynik  $14,03 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (rys.9). Wzrost intensywności przebiegu fotosyntezy u roślin po aplikacji jodem spowodował wyższą o 16,3% transpirację w stosunku do kontroli (rys.8) . Zapotrzebowanie na  $\text{CO}_2$  było większe stąd międzykomorowe stężenie  $\text{CO}_2$  (Ci) u roślin traktowanych jodem wynosiło  $230 \mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$  powietrza. W kapuście nie aplikowanej jodem, wartość Ci wynosiła  $265,8 \mu\text{mol CO}_2/\text{mol}$  powietrza (rys.9), co korelowało z niższą intensywnością fotosyntezy w badaniu w tym terminie. Przewodność szparkowa (Gs) w porównaniu z kontrolą była niższa o  $79 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (rys.8). Kolejne analizy potwierdziły te zależności.

Indeks zawartości chlorofilu dla roślin traktowanych jodem istotnie różnił się w porównaniu z kontrolą i wynosił 75,56 IZChl a w kontroli był niższy o 9,34 IZChl (rys.17). Wystąpiła korelacja pomiędzy indeksem zawartości chlorofilu a przewodnością szparkową Gs. Przy wyższym współczynniku IZCh u roślin traktowanych jodem malała przewodność szparkowa w porównaniu do roślin nie traktowanych jodem. Należy zwrócić uwagę, że w pierwszym terminie pomiary wykonane były przy optymalnej temperaturze wymaganej do wzrostu dla kapusty.

W drugim terminie pomiaru wymiany gazowej potwierdzono stymulujące działanie jodu na poszczególne parametry. Odnotowano wyższą intensywność fotosyntezy u roślin dokarmianych jodem w stosunku do kontroli, średnio o  $1,58 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (rys.13). Wyższa intensywność fotosyntetyczna powodowała wyższą transpirację Tr i jej wartość wynosiła  $1,95 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , a w kontroli otrzymano wynik  $1,32 \text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (rys.12). Przy szybszej fotosyntezie wzrasta zapotrzebowanie na  $\text{CO}_2$  i zależność, która wystąpiła w poprzednich analizach potwierdziła się. U roślin traktowanych jodem stężenie

międzykomorowe  $C_i$  wynosiło  $230 \mu\text{mol CO}_2/\text{mol powietrza}$ , a w kapuście nie traktowanej jodem wartość ta wynosiła  $265,8 \mu\text{mol CO}_2/\text{mol powietrza}$  (rys.13). Wartość przewodności szparkowej (Gs) dla roślin traktowanych jodem wynosiła  $234,5 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ , a dla kontroli była wyższa o  $220,0 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  (Rys.12). Ponownie wystąpiła zależność pomiędzy przewodnością szparkową a indeksem zawartości chlorofilu tzn. jeśli przewodność szparkowa (Gs) była wyższa w kontroli w stosunku do roślin aplikowanych jodem, to wyższy jest również indeks zawartości chlorofilu dla roślin po tej aplikacji w tym badaniu. Dla tych roślin indeks zawartości chlorofilu wynosił  $82,22 \text{ IZChl}$  i był wyższy od kontroli o  $21,38 \text{ IZChl}$  (rys.17). W trakcie drugiego terminu analiz średnia dobowa temperatura obniżyła się o  $6,5^\circ\text{C}$  w stosunku do analiz wykonanych w pierwszym terminie, a kapusta głowiasta była w bardziej zaawansowanej fazie wzrostu -  $80\%$  typowej wielkości główek (skala BBCH). Niższy wynik intensywności fotosyntetycznej dla drugiej analizy, zbiegł się z końcową fazą wzrostu roślin kapusty głowiastej białej i niższą temperaturą.

Analogiczne analizy i pomiary wykonano dla **kapusty pekińskiej**.

Kapusta pekińska w czasie drugiego badania była w fazie  $40\%$  typowej wielkości główki, a temperatura obniżyła się o  $6,5^\circ\text{C}$  w porównaniu do poprzedniego badania, również nie wystąpiły w tym czasie opady atmosferyczne.

W pierwszym terminie intensywność fotosyntetyczna ( $P_n$ ) wynosiła  $4,6 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  i była wyższa od kontroli o  $1,45 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  (rys.11). Podwyższona wartość  $P_n$  korelowała z nieco podwyższoną wartością transpiracji  $T_r$  dla roślin traktowanych jodem i stanowiła  $1,465 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ , czyli nieznacznie więcej -  $0,04 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  w stosunku do kontroli (rys. 10). Przy niskiej szybkości fotosyntetycznej spadało międzykomorowe stężenie  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) i miało wartość niższą o  $25,8 \mu\text{mol CO}_2/\text{mol powietrza}$  niż u roślin traktowanych jodem (rys.11) Natomiast wyższa przewodność szparkowa (Gs) u roślin aplikowanych jodem, koreluje z niższym indeksem zawartości chlorofilu w porównaniu do kontroli. Potwierdziły to wyliczenia statystyczne. Wartość przewodności szparkowej Gs dla roślin z jodem wynosiła  $420,3 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ , a kontrola  $315,8 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  (rys.10). Indeks zawartości chlorofilu dla roślin traktowanych jodem wynosił  $34,08 \text{ IZChl}$ . W kontroli wynik ten był wyższy i wynosił  $36,28 \text{ IZChl}$  (rys.18). Średnia dobowa temperatura w czasie pierwszego badania aktywności fotosyntetycznej kapusty pekińskiej należała do optymalnych dla fazy wzrostu 8 liści i więcej - główki kapusty pekińskiej

Pomiary aktywności oddechowej wykonane w drugim terminie wykazały wzrost szybkości fotosyntezy ( $P_n$ ) u roślin jodowanych w porównaniu z kontrolą. Otrzymano wynik  $13,78 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  a w kontroli  $7,05 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  (Rys. 15). Intensywniejszy przebieg fotosyntezy korelował z wyższą transpiracją ( $T_r$ ) w stosunku do kontroli i wynosił  $1,34 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  i w kontroli  $0,73 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  (rys 14). Przy intensywniejszej fotosyntezie

wzrosła zawartość międzykomorowego stężenia CO<sub>2</sub> (Ci) u roślin z jodem i wynosiło ono 309,0 μmol CO<sub>2</sub>/mol powietrza, a w kontroli wynik był mniejszy o 21,5 μmol CO<sub>2</sub>/mol powietrza (rys.15). Przy szybszej fotosyntezie większy był współczynnik IZCh i jego wskaźnik wynosi 47,67 (-) (rys.18). W tym przypadku wzrosła przewodność szparkowa w stosunku do kontroli i była wyższa o 182 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (rys.14). W tym badaniu nie powtórzyła się zależność z poprzednich analiz.

## **Wpływ jodu na skład mineralny kapusty głowiastej i pekińskiej**

Ocena składu mineralnego surowca roślinnego kapust przeprowadzona w trzech terminach, odpowiadających różnym fazom wegetacji roślin oraz po przechowywaniu główek wykazała istotną zależność pomiędzy traktowaniem roślin 3% koncentratem jodu a zawartością makro i mikroelementów. Wyniki analiz zestawiono w tabelach 11-13. Wskazują one, iż w surowcu roślinnym **kapusty głowiaste białej** traktowanym jodem, pobranym w I terminie (01.10.2010) odnotowano 205% wzrost zawartości azotu (N) w stosunku do kontroli.

Różnice w zawartości potasu (K) w liściach kapusty wynosiły 12,2%; fosforu (P) 48,86% na korzyść roślin opryskiwanych jodem. Podobne zależności wykazano dla Na, Mn, Cu, Zn i B. Odnotowano wyższe zawartości tych pierwiastków w roślinach traktowanych jodem w porównaniu z kontrolą. Rośliny dokarmiane jodem miały mniejszą zawartość Mg, Ca, S.SO<sub>4</sub>, Fe, Mo (tab.11).

Surowiec roślinny **kapusty pekińskiej** traktowany jodem i pobrany do analiz w analogicznym terminie, jak kapusty głowiastej białej odznaczał się niższą zawartością azotu w liściach w porównaniu z kapustą głowiastą. Odnotowano tutaj 37,2% wzrost zawartości N w stosunku do kontroli i 23,83% spadek zawartości potasu (K) oraz fosforu (P) o 0,4%.

W roślinach kapusty pekińskiej po traktowaniu jodem było także więcej niż w kontrolnych Mg, Ca, S.SO<sub>4</sub>, Na, Cu, a mniej Fe, Zn, B i Mo.

Analizy chemiczne składu mineralnego surowca roślinnego kapust przeprowadzone w II terminie wykazały spadek zawartości większości pierwiastków w roślinach w porównaniu ze zbiorem w I terminie. Dotyczyło to zarówno roślin z obiektów traktowanych jodem, jak i w kontroli. Ta zależność nie dotyczyła jedynie potasu (K), którego wartość we wszystkich porównywanych kombinacjach wzrastała. w roślinach traktowanych jodem w stosunku do tej samej kombinacji z wcześniejszego zbioru (I zbioru) (tab.12).

Porównując skład mineralny roślin kapusty głowiastej białej w ramach drugiego terminu zbioru zauważono, że po traktowaniu roślin jodem nadal wzrasta w nich zawartość azotu (N) w stosunku do kontroli. Uzyskano 81,9% przyrost w odniesieniu do roślin nie traktowanych. Więcej w stosunku do kontroli było również w roślinie potasu (K) o 23,17% i fosforu (P) - o 69,6% na korzyść roślin opryskiwanych jodem. Podobnie wyższe zawartości

pierwiastków w roślinach traktowanych jodem stwierdzono jeszcze dla Mg, Na, S.SO<sub>4</sub>, Fe, Mn, Cu, Zn, B. Odnotowano w nich natomiast mniejsze zawartości w porównaniu z kontrolą Ca i Mo.

Analizy chemiczne składu mineralnego kapusty pekińskiej pobranego do badań w II terminie (22.10.2010) wykazały spadek zawartości azotu (N) o 8,2% w stosunku do kontroli. Różnice w zawartości potasu (K) wynosiły 26,57%, a fosfor (P) 12,73% na niekorzyść roślin opryskiwanych jodem. W roślinach traktowanych stwierdzono wyższe zawartości pierwiastków Mg i Na, a niższe w porównaniu z kontrolą zawartości Fe, Zn, B, Mo, Ca, S.SO<sub>4</sub>, Cu, B, Mn. Dla cynku (Zn) nie stwierdzono różnic między kontrolą i roślinami traktowanymi jodem (tab.12).

III termin (22.02.2011) oceny składu mineralnego dotyczył materiału roślinnego kapust po przechowywaniu. Jod stosowany do dokarmiania roślin wpływał na wzrost zawartości większości analizowanych pierwiastków w liściach kapusty głowiaste białej. Wzrastała zawartość w kapuście podstawowych makroelementów takich, jak: azot (N) -52,8% w stosunku do kontroli, potas (K) 13,9 %, fosfor (P) 39,8%. Podobne, wyższe zawartości pierwiastków w surowcu roślinnym traktowanym jodem odnotowano jeszcze dla Mg, Ca, S.SO<sub>4</sub>, Fe, Na, Mn, Cu, Zn, B. Równocześnie stwierdzono w nich spadek zawartości Mo.

U kapusty pekińskiej dokarmianej jodem stwierdzono po okresie przechowywania 7,5% spadek zawartości azotu (N) oraz mniejszą zawartość takich pierwiastków, jak: Zn, B, Mn, Mo, Cu, S.SO<sub>4</sub> w porównaniu do kontroli. Następował natomiast wzrost zawartości potasu (K) o 7,3%, fosforu (P) o 11,7% oraz Mg, Ca, Na, Fe (tab.13).

Tabela 11. Skład mineralny surowca roślinnego kapust głowiastej białej i pekińskiej w zależności od dolistnego dokarmiania roślin jodem (I termin oceny- 05.10.2010)

Oznakowania próby	Kapusty			
	głowiasta biała - kontrola	głowiasta biała - jod	pekińska - kontrola	pekińska - jod
Jednostka miary	%			
Azot (N)	1,58	3,24	3,52	4,83
Jednostka miary	Mg/kg s.m.			
Fosfor (P)	3158	4701	6917	6890
Potas (K)	16130	18100	36520	29490
Magnez (Mg)	2386	2253	1367	2213
Wapń (Ca)	46750	20200	23420	32380
S.SO <sub>4</sub>	17067	12957	8770	9247
Sód (Na)	1372	1698	380	2550
Żelazo (Fe)	117	93,6	418	174
Mangan (Mn)	33,8	149	49,1	64,4
Miedź (Cu)	8,50	96,0	16,6	17,9
Cynk (Zn)	30,1	79,4	55,7	37,1
Bor (B)	79,6	97,0	94,9	51,9
Molibden (Mo)	2,82	1,85	4,87	1,69

Tabela 12. Skład mineralny surowca roślinnego kapust głowiastej białej i pekińskiej w zależności od dolistnego dokarmiania roślin jodem (II termin oceny -26.10.2010)

Oznakowania próby	Kapusty			
	głowiasta biała - kontrola	głowiasta biała - jod	pekińska-kontr.	pekińska - jod
Jednostka miary	%			
Azot (N)	1,38	2,51	3,8	3,51
Jednostka miary	Mg/kg s.m.			
Fosfor (P)	1952	3311	5303	4704
Potas (K)	20890	25730	38920	30750
Magnez (Mg)	1266	1571	1672	1685
Wapń (Ca)	8497	4485	8782	8234
S.SO <sub>4</sub>	6500	6833	6933	5467
Sód (Na)	936	1074	259	1503
Żelazo (Fe)	32,4	38,6	69,7	50,7
Mangan (Mn)	12,2	17,7	37,4	12,1
Miedź (Cu)	6,11	8,87	86,4	14,8
Cynk (Zn)	17,9	32,00	45,0	45,0
Bor (B)	38,1	38,7	39,1	26,6
Molibden (Mo)	1,33	0,91	2,20	0,82

Tabela 13. Skład mineralny surowca roślinnego kapust głowiastej białej i pekińskiej w zależności od dolistnego dokarmiania roślin jodem i przechowywania główek (III termin oceny - 04.03.2011)

Oznakowania próby	Kapusty			
	głowiasta biała - kontrola	głowiasta biała-jod	pekińska-kontr.	pekińska - jod
Jednostka miary	%			
Azot (N)	1,78	2,72	3,72	3,46
Jednostka miary	Mg/kg s.m.			
Fosfor (P)	1652	2310	5460	6100
Potas (K)	20560	23410	39650	42560
Magnez (Mg)	1235	1347	1825	2046
Wapń (Ca)	4626	5062	6230	6510
S.SO <sub>4</sub>	6820	8067	8320	8033
Sód (Na)	912	942	259	799
Żelazo (Fe)	38,6	45,3	62,7	91,4
Mangan (Mn)	12,2	15,1	27,4	20,8
Miedź (Cu)	5,90	8,61	56,4	14,9
Cynk (Zn)	17,2	26,1	67,2	65,9
Bor (B)	25,6	30,4	39,0	37,4
Molibden (Mo)	0,72	0,64	1,8	0,49

### **Analizy cytologiczne zmian strukturalnych w liściach kapust traktowanych jodem.**

Materiał do badań pobrano 22.10.2010r. Kapusta głowiasta i kapusta pekińska były w końcowej fazie wzrostu tzn. w trakcie wiązanie główek. Badania cytologiczne miały na celu porównanie wielkości wiązek przewodzących u roślin aplikowanych jodem z roślinami nie opryskanymi jodem (kontroli). Przed badaniami mikroskopowymi wykonano szereg makrofotografii obrazujących zarówno kształt i wielkość główek oraz makromorfologiczne relacje między badanymi fragmentami liści i podstawami pędów materiału aplikowanego jodem i kontrolnego. Materiał kapust aplikowany jodem miał nieco większe główki od materiału kontrolnego (fot.15, 29, 39). Struktura tych główek była bardziej rozluźniona a liście mniej zwarte (fot.16, 31, 32). Przestrzenie pomiędzy nerwami liści (tkanka mięksiszowa) większe od porównywanych liści z kontroli (fot.33). Nasady liści w kontroli są węższe i krótsze. Do badania pobrano fragmenty tkanek wiązek przewodzących z trzeciego liścia z główek kapusty białej (fot.17) i tkanki pędu głównego. Po specjalnym spreparowaniu materiału badawczego (preparat histologiczny), analizowano i fotografowano go za pomocą mikroskopu świetlnego, wykorzystując światło przechodzące i spolaryzowane. Badania mikromorfologii powierzchni liści kapusty pekińskiej wykonano przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego.

W pierwszym etapie poddano fotografowaniu i ocenie przekroji poprzecznych przez tkanki pędu głównego (głaba) kapusty głowiastej. Preparat pobrany z opryskanej jodem

kapusty głowiastej (fot.18) przedstawia jednowarstwowa epidermę graniczącą bezpośrednio z jedną warstwą komórek tkanki wzmacniającej (kolenchyma), pod którą znajdują się duże komórki tkanki miękkiszowej.

Ksylem z liścia po aplikacji jodem (fot.19), ma komórki o większej średnicy, a ściany komórkowe wybarwione są intensywniej (na czerwono - barwnik do badań) niż w kontroli. Średnice komórek wiązek przewodzących naczyniowych wynoszą od 40 do 78 $\mu\text{m}$  natomiast analogiczne komórki u rośliny nie aplikowanej miały od 30 do 72 $\mu\text{m}$ . Na 2,5mm<sup>2</sup> znajduje się średnio od 19-22 szt. komórek floemu dla roślin aplikowanych jodem, a dla kontroli, odpowiednio od 15- 17szt komórek wiązek sitowych. Średnica wiązek sitowych w kontroli jest mniejsza (fot.20).

W trakcie badań przekroji poprzecznych przez wiązki przewodzące tkanki liści w okolicy nerwu głównego (fot. 21,22) nie stwierdzono istotnych różni pomiędzy kapustą głowiastą po aplikacji jodem i kontrolą.

Natomiast przekroje poprzeczne przez tkanki liści kapusty pekińskiej nad nerwem głównym po aplikacji jodem pokazują, że komórki jednowarstwowej epidermy są o zróżnicowanej morfologii i pozostają w zwartym układzie, a tkanka miękkiszowa jest z dużymi komórkami o nieregularnym kształcie i obszernych przestrzeniach międzykomórkowych (fot.35). Przekroje poprzeczne przez wiązki przewodzące liścia (nerw główny) kapusty pekińskiej po aplikacji (fot. 36) prezentują komórki naczyniowe o większej objętości, nieco wydłużone (średnio długość mają od 31 do 52 $\mu\text{m}$ , a w kontroli od 25 do 48 $\mu\text{m}$ ). Na fotografiach o wymiarach 300 x 300 $\mu\text{m}$  jest widoczna większa ilość i średnica komórek u rośliny aplikowanej jodem w porównaniu z kontrolą (fot.37).

Przekroje poprzeczne przez wiązki przewodzące nerwu głównego liścia kapusty pekińskiej prezentują ich wygląd w kontroli na (fot.38) i po aplikacji jodem (fot.39). Wiązki przewodzące różnią się kształtem i wielkością na korzyść roślin aplikowanych jodem. Są bardziej rozprzestrzenione w swoim środowisku, zajmują więcej miejsca, a jednocześnie mają kontakt z większą ilością komórek. W kontroli wiązki przewodzące są bardziej zwarte i połączenie z komórkami może odbywać się pośrednio m.in. przez plazmodezmy.

Interesujące zdjęcia wykonano przy pomocy elektronowego mikroskopu skaningowego prezentującego mikromorfologię powierzchni epidermy od wewnętrznej strony liści kapusty pekińskiej pędu głównego (powiększenie 1000x). Po aplikacji jodem komórki mają zróżnicowaną morfologię i obserwujemy dominację otwartych aparatów szparkowych (fot.41). W kontroli jest odwrotnie i widzimy aparaty szparkowe w większości zamknięte (fot 40). Świadczy to o ograniczonej transpiracji i wymianie gazowej niezbędnej do oddychania i fotosyntezy.

# **ZNACZENIE JODU**

## **W ONTOGENEZIE ROŚLIN**

Jod został odkryty na początku XIX wieku i od tego czasu przeprowadzono wiele badań dotyczących jego zawartości i roli, jaką odgrywa w roślinach. Mimo to naukowcy dobrze poznali tylko niektóre aspekty dotyczące wpływu jodu na fizjologię roślin. Rola jodu w roślinach jest stosunkowo słabo poznana, a z dotychczasowych badań przeprowadzonych w różnych krajach wynikają odmienne, często sprzeczne wnioski. Dane z literatury dotyczące nawożenia warzyw tym pierwiastkiem wykazują zarówno korzystne, jak i toksyczne działanie na rośliny – zależnie od zastosowanej dawki. Jednakże już przy niskich jego stężeniach w glebie obserwowany jest pozytywny wpływ na rośliny (Smoleń 2009). Przyczyny tego zjawiska nie zostały jak dotąd wyjaśnione (Kabata, Mukherjee 2007) (Murashige, Skoog 1962).

Z tego powodu przez wiele lat panował pogląd, że lepiej spożywać warzywa gromadzące jod i bogate w ten pierwiastek (np. sałata, szpinak) niż nawozić rośliny jodem. Badania dotyczące tzw. biofortyfikacji warzyw w jod prowadzą do opracowania skutecznych metod zwiększania zawartości jodu w roślinach, nie powodując obniżenia jakości i wielkości plonu (Kołaczyńska-Janicka 2009). Rola tego pierwiastka w organizmie człowieka jest dosyć dobrze poznana i mimo, że dobowe zapotrzebowanie na jod jest bardzo małe (około 200 mikrogramów) a w ciągu całego życia potrzeba zaledwie kilka gramów jodu, to jego niedobór powoduje szereg groźnych chorób i dolegliwości (Szybiński 2008). Nawożenie roślin jodem może więc być alternatywnym źródłem tego pierwiastka stosowanym w diecie człowieka.

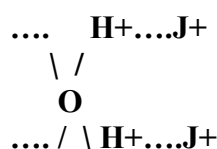
Z cytowanych doniesień literatury wynika, iż forma i dawka jodu ma istotny wpływ na efektywność biofortyfikacji roślin w ten pierwiastek oraz na ich skład mineralny. Dostępne są różnego rodzaju formy preparatów zawierających jod. Ich produkcja opiera się głównie na algach morskich i minerałach (sól chilijska). Do badań najczęściej używa się preparatów w postaci związków chemicznych: jodku potasu KI i jodanu potasu  $KIO_3$ . Trudno wówczas jednoznacznie ocenić skuteczność jodu w uprawach roślin, zwłaszcza, że związki te pobrane przez rośliny, wykazują oporność w uwalnianiu jonu jodu do ważnych procesów biochemicznych. Smoleń (2009) wykazał, że jodan potasu ( $KIO_3$ ) ma silne właściwości utleniające, katalizuje reakcje utlenienia i redukcji, co doprowadza do nieodwracalnych zmian w procesie syntezy roślin. Jod jest z tego związku chemicznego błyskawicznie uwalniany do atmosfery i praktycznie mało użyteczny dla roślin.

Wśród licznych prac dotyczących znaczenia jodu w życiu roślin nie odnaleziono w dostępnej literaturze badań nad tym pierwiastkiem aplikowanym w czystej postaci.

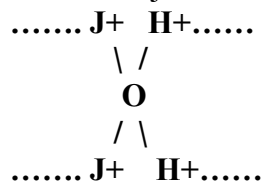


Użyty w badaniach niniejszej pracy koncentrat jodu zawiera 30 mg I /l wody. Jest preparatem pozyskiwanym innowacyjną metodą i proponowane dawki nie wpływają negatywnie na organizm człowieka i fizjologię roślin (Latur 2007). Nośnikiem jodu jest tutaj woda, a specyfiką tego preparatu jest połączenie jodu trwałym wiązaniem z atomem tlenu w cząsteczce wody, przy pomocy reaktora jodowego. Ten typ wiązania chemicznego jest spotykany w przyrodzie w związkach organicznych wielu glonów morskich (algi morskie np.: *Laminaria*, brunatnice). Posiadają one zdolności do kumulowania jodu z jodanu metylu, powstającego w głębinach morskich. Różnice we wzorach strukturalnych wiązań chemicznych jodu zawartego w dostępnych preparatach oraz w koncentracje jodu stosowanym w doświadczeniach własnych przedstawiono poniżej:

#### Klasyczne wiązanie chemiczne jodu



#### Wiązanie chemiczne jodu w badanym koncentracje



Zaletą tego wiązania chemicznego jest jego trwałość. Dopiero w temperaturze +168<sup>0</sup>C lub pod wpływem kwasów organicznych następuje oddzielenie jonu jodu i wykorzystanie go w dalszych procesach biochemicznych. Połączenie jodu z wodą przez wiązanie z tlenem, daje tej cząsteczce właściwości aktywnego, trwałego utleniacza (Mielniczenko 2000).

W doświadczeniach sprawdzono wpływ jodu na ontogenezę roślin kapusty głowiastej białej i pekińskiej, w tym na procesy fizjologiczne, cytologiczne tj. zmiany struktur komórkowych, skład mineralny surowca roślinnego, strukturę plonu, wartość przechowalniczą oraz jakość nasion. Autor wykazał, że jod stosowany przedsięwzięcie do biokondycjonowania nasion kapusty głowiastej białej wpływał w sposób istotny na jakość nasion oraz przyspieszenie i wyrównanie wschodów roślin. W porównaniu z Biojodisem uzyskano średnio o 14% większą dynamikę i ilość wschodów, a w porównaniu z kontrolą o 33%. Odnotowano przyspieszenie wschodów roślin po traktowaniu nasion jodem (średnio o 4-5 dni). Podobne zależności stwierdziła Janas (2008) stosując preparat Biojodis do biokondycjonowania nasion roślin leczniczych oraz Pekarskas (2005) badając wpływ preparatu Biojodis na wschody pszenicy ozimej. Preparat poprawiał zdolność kiełkowania

ziaren pszenicy o 4%, wzrosła jego zdrowotność i w rezultacie zmniejszała się liczba grzybów patogenicznych zasiedlających materiał siewny.

Autor niniejszego opracowania wykazał dodatkowo, że jod aplikowany donasiennie indukował procesy metaboliczne w siewkach kapusty głowiastej białej, co przekładało się na poprawę wigoru roślin i lepszy wzrost. Podobnych badań wykonanych w fazie siewek roślin kapustowatych nie odnaleziono w dostępnej literaturze.

Koncentrat jodu aplikowany dolistnie w doświadczeniach z uprawą kapust stymulował ich wzrost i rozwój oraz odporność roślin na choroby, przy czym większą jego skuteczność odnotowano w stresowych warunkach uprawy (długotrwałe, ulewne deszcze, susza). Wyniki są zgodne z udowodnioną przez wielu autorów pozytywną reakcją roślin uprawnych na aplikację jodu. Mielniczenko (2000) i Borkowskij (2008) prowadząc badania nad 3% koncentratem jodu stosowanym w produkcji roślin, sprecyzowali jego funkcje w życiu roślin, wskazując między innymi na stymulację procesów metabolicznych w roślinach, zwiększenie intensywności reakcji biochemicznych, wzrost odporności roślin na choroby grzybowe.

Pozytywne efekty stosowania jodu uwidaczniały się już na etapie produkcji rozsady. Dwukrotne dolistne dokarmianie rozsady kapusty głowiastej białej 3% koncentratu jodu w sposób istotny wpłynęło na kondycję roślin i jakość rozsady. W efekcie stosowania koncentratu jodu wzrastała zawartość chlorofilu w liściach intensywniejszy był wzrost roślin w porównaniu z obiektami kontrolnymi. Rozsada z kombinacji dokarmianych jodem była wyrównana, krępa, o sztywnym pokroju, masywniejszych i grubszych liściach oraz większej bryle korzeniowej w porównaniu z rozsadą nie dokarmianą. Analogiczne efekty stosowania innych biostymulatorów w produkcji rozsady otrzymało wielu autorów. Wysocka-Owczarek (2007) wskazuje na stymulację procesów wzrostu roślin i zmniejszenie ich wrażliwości na działanie niekorzystnych warunków środowiska po stosowaniu preparatu Tytanit. Tą hipotezę potwierdza Janas i współpracownicy (2001, 2002, 2004, 2006) prowadząc badania nad wymienionym biostymulatorem stosowanym w uprawach roślin warzywnych i zielarskich oraz Rogowska (2011) stosując w produkcji rozsady pomidorów biostymulatory Goemar Goteo.

W doświadczeniach udowodniono, że dolistne stosowanie 3% koncentratu jodu w uprawach kapusty głowiastej białej odmiany Kilazol F<sub>1</sub> i kapusty pekińskiej odmiany Bilko F<sub>1</sub> powoduje przyspieszenie wzrostu i rozwoju roślin, zawiązywanie główek oraz osiągnięcie dojrzałości zbiorczej a w efekcie wzrost plonu i poprawę jego struktury. Dotyczyło to obu testowanych gatunków roślin kapustowatych. Plon ogólny główek kapusty głowiastej białej i pekińskiej traktowanych jodem był istotnie wyższy niż w kontroli. Dla kapusty głowiastej białej różnica wynosiła ok. 60 kg · 100m<sup>-2</sup>, a kapusty pekińskiej 150kg · 100m<sup>-2</sup>. Podobne zależności otrzymali Kowalczyk (2009) stosując Biojodis w uprawie szpinaku oraz Babik

(2006) oceniając przydatność preparatu Biojodis do stosowania w uprawie warzyw. Autor stwierdził pozytywny wpływ preparatu na plonowanie różnych odmian kapusty i ogórka. U kapusty odm. Chopin F<sub>1</sub> następował wzrost plonu na poziomie 4-5% (bez nawożenia pogłównego N) w stosunku do kontroli z nawożeniem pogłównym N. Zastosowany preparat pozytywnie wpłynął na strukturę plonu. W przypadku ogórka konserwowego plon handlowy owoców zwiększał się o 10%, owoce były bardziej odporne na więdnienie i wyrównane. Stwierdzono, że mimo ograniczonego stosowania nawożenia, plon owoców ogórków nie zmniejszył się. Podobnie Kowalczyk (2008) w doświadczeniach wdrożeniowych stosując preparat Biojodis (stężenie jodu analogiczne z koncentratem stosowanym w badaniach niniejszej pracy) wykazał jego pozytywne oddziaływanie na rośliny warzywne, a uzyskane plony i ich jakość były zróżnicowane. U kapusty głowiastej odm. Arivist główki były wyrównanej wielkości o średniej masie od 1,5 do 2kg, natomiast plon był wyższy w porównaniu do kontroli o 12%. Kapusta odmiany Bilko F<sub>1</sub> traktowana jodem charakteryzowała się większą intensywnością wzrostu i wcześniej o tydzień w stosunku do kontroli osiągała dojrzałość zbiorczą. Średnia masa główek dla roślin traktowanych Biojodisem wynosiła od ok. 1,25-1,50kg, a dla roślin kontrolnych: ok. 1 – 1,20kg. Wyniki autora pracy potwierdzają zakres oddziaływania jodu w uprawie kapust i były porównywalne z otrzymanymi przez Kowalczyka w badanym zakresie.

Autor tego opracowania, po aplikacji dolistnej jodu, otrzymał istotną poprawę struktury plonu kapust. W przypadku kapusty pekińskiej dokarmianej jodem plon handlowy stanowił 85,4% i był o 6% większy od kontroli. U kapusty głowiastej różnice były jeszcze większe. Plon handlowy stanowił 96,1 % i był około 10% większy niż w kontroli. Korelacja plonu do jego struktury, świadczy o jakości towaru. Czynniki te mają istotne znaczenie w produkcji towarowej roślin.

W pracy wykazano również pozytywny wpływ traktowania roślin jodem na przechowywanie kapust. Obydwa gatunki kapust po dolistnym dokarmianiu jodem lepiej się przechowywały. Odnotowano mniejsze ubytki wagowe po przechowywaniu roślin traktowanych niż kontrolnych. Straty plonu ogólnego kapusty pekińskiej jodowanej po przechowywaniu stanowiły 11,3% a w kontroli 12,4%. Dla kapusty głowiastej białej wartości te wynosiły odpowiednio 5,3% oraz 7,4%. Brak jest danych literaturowych dla porównania otrzymanych wyników w przedstawionym zakresie.

Wyniki analiz składu mineralnego surowca roślinnego kapust poddanych jodowaniu wskazują na istotną zależność pomiędzy traktowaniem roślin 3% koncentratem jodu, a zawartością makro i mikroelementów w roślinach. Analizy jednoznacznie wskazują, że w roślinach ( obu gatunków kapust) traktowanych jodem następował spadek zawartości molibdenu (Mo) w stosunku do kontroli, oraz zmniejszenie zawartości innych pierwiastków

B, S.SO<sub>4</sub>, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, K, P. Nie w każdym przypadku jest to spójne z wynikami innych autorów. Solecki (2010) badając wpływ jodanu KIO<sub>3</sub> na skład mineralny sałaty wykazał zwiększenie zawartości P, K, Mg, Ca, Na, Cu, Fe, Mn, Zn. Zawartość poszczególnych pierwiastków uwarunkowana jest formą nawozów azotowych użytych w okresie wegetacji. Smoleń używając do nawożenia marchwi Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + KIO<sub>3</sub> wykazał mniejszą zawartość B, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Ti w porównaniu do kontroli. Jeśli stosował w nawożeniu azotowym (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + KIO<sub>3</sub> to nastąpił wzrost zawartości wymienionych pierwiastków w korzeniach spichrzowych marchwi w porównaniu z kontrolą.

W doświadczeniach przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy nawożono kapusty w okresie wegetacji CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> + koncentrat jodu oraz MgSO<sub>4</sub>. Zawartość azotu po przechowywaniu w kapuście głowiastej nieznacznie wzrosła, natomiast w kapuście pekińskiej nieznacznie spadła. Bardziej wrażliwa w analizowanym aspekcie okazała się kapusta pekińska, w której dokarmianie jodem w połączeniu z innym nawożeniem powodowało obniżenie zawartości Mo, B, Zn, Cu, Mn, S.SO<sub>4</sub>. U kapusty głowiastej białej odnotowano tylko wyraźne obniżenie zawartości Mo.

Powyższe wyniki wskazują, że jod aplikowany w różnych formach wchodzi w interakcję z nawożeniem innymi składnikami mineralnymi. To zagadnienie jest przedmiotem badań wielu prac i wymaga wyjaśnienia.

Właściwy dobór formy jodu aplikowanego do roślin ma wpływ na jego dystrybucję w roślinie (Weng, Yan, Qin i inni 2008). Pozytywny efekt oddziaływania jodu w tym zakresie udowodniła Dyki (2007) stosując go w uprawach pomidora. Autorka dowodzi, że jod aplikowany dolistnie wpływa na cytomorfologiczne zmiany badanej rośliny. Wyniki badań autora pracy potwierdzają tę hipotezę. Wykazano istotny wpływ jodu zawartego w koncentracie na strukturę komórki i procesy fizjologiczne w roślinach badanych gatunków kapust. Zmiany następowały głównie w tkance naczyniowej roślin. Wiązki przewodzące (floem i ksylem) zwiększały swoją średnicę bardzo wyraźnie, wzrastała intensywność fotosyntetyczna i przewodność aparatów szparkowych. W komórkach roślin traktowanych dobrze wykształcona jednowarstwowa epiderma graniczyła bezpośrednio z jedną warstwą komórek tkanki wzmacniającej (kolenchyma), pod którą obserwowano większe niż w kontroli komórki tkanki miękkiszowej. Wzrasta również liczba i średnica komórek ksylenu, a ściany komórkowe są intensywniej wybarwione niż w kontroli. Świadczy to, o zwiększonej buforowości błon komórkowych przez dyfuzyjne właściwości jodu u roślin traktowanych koncentratem jodu (Mielniczenko 2000). Huan-Xian i inni (2008) twierdzą, że jod w formie jodków aplikowany na kapustę, wychwytywany jest przez błony komórkowe korzeni w 60%, a pozostałe 40% znajduje się w błonach komórkowych i organellach liści. Strzetelski (2005) powołując się na Altmok i współpracowników twierdzi, że jod aplikowany dolistnie w formie

jodanów w 60% wychwytywany jest przez liście. Przekroje poprzeczne przez wiązki przewodzące nerwu głównego liścia kapusty pekińskiej, wskazują różnice w kształcie i wielkości między roślinami opryskanymi jodem a kontrolą. W materiale roślinnym traktowanym jodem wiązki naczyniowe są większe i jest ich więcej. Potwierdza to wyniki otrzymane przez Dyki (2007). Uzyskane w zakresie cytomorfologii wyniki są spójne z wynikami pomiarów aktywności oddechowej roślin traktowanych jodem i skłaniają do potwierdzenia hipotezy stawianej przez wielu badaczy, iż jod stymuluje procesy fizjologiczne w roślinach kapust, powodując tym samym, że kapusta jest mniej wrażliwa na stres klimatyczny i niekorzystne warunki uprawy.

## WNIOSKI

1. Jod stosowany do biokondycjonowania nasion kapusty głowiastej białej odmiany Kilazol F<sub>1</sub> wpływa na poprawę jakości nasion oraz wyrównanie i przyspieszenie wschodów.
2. Koncentrat jodu aplikowany dolistnie w doświadczeniach z uprawą kapust stymuluje ich wzrost i rozwój oraz odporność roślin na choroby, przy czym większą jego skuteczność odnotowuje się w stresowych warunkach uprawy.
3. Dwukrotne dolistne dokarmienie rozsady kapusty głowiastej białej 3% koncentratu jodu w sposób istotny wpływa na kondycję roślin i jakość rozsady.
4. Trzykrotna dolistna aplikacja 3% koncentratem jodu w uprawach kapust indukują wzrost i rozwój roślin, przyspiesza zawiązywanie główek.
5. Zabiegi dolistnego dokarmiania roślin jodem powodują istotny wzrost plonu roślin i poprawę jego struktury.
6. Jod stosowany dolistnie w uprawach polowych kapust korzystnie wpływa na ich przechowywanie. W rezultacie straty plonu i ubytki wagowe kapust po przechowaniu są istotnie mniejsze niż kapust nie traktowanych.
7. Jod stosowany w uprawach kapust wpływa na skład mineralny roślin. W kapuście głowiastej następuje wzrost zawartości pierwiastków K, P, Mg, Ca, S.SO<sub>4</sub>, Fe, Na, Mn, Cu, Zn, B i spadek Mo. U kapusty pekińskiej stwierdza się mniejszą zawartość Zn, B, Mn, Mo, Cu, S.SO<sub>4</sub> oraz wzrost zawartości K, P, Mg, Ca, Na, Fe.
8. W konsekwencji dolistnego stosowania jodu następują zmiany cytomorfologiczne w roślinach. Zwiększa się liczba komórek miękiszowych, średnica komórek wiązek przewodzących i następuje pogrubienie ścian komórkowych.

Opracował

mgr.inż. Adam Jeznach