

LESZEK MALICKI, CZESŁAW MICHAŁOWSKI

Akademia Rolnicza w Lublinie

UWAGI O PODSUSZANIU DIQUATEM * PASZ ZIELONYCH

Problem chemicznego podsuszania pasz zielonych nie jest nowy (15, 18, 21). Badania na ten temat podjęto już w latach pięćdziesiątych, jednakże stosowane wówczas preparaty (np. chlorooctan sodu) nie dawały zadowalających rezultatów. Dopiero synteza „Reglone“, którego substancją aktywną jest diquat (dwubromek 8a,10a-dwu-azo-9,10 dihydrofenantreniowy), a także innych preparatów dwupirydylowych, na nowo ożywiła zainteresowanie tym zagadnieniem (14, 18). Znalazło to wyraz w licznych publikacjach, jakie ukazały się za granicą. W kraju natomiast poświęcono diquatowi mało uwagi i to głównie z punktu widzenia walki z chwastami, niszczenia zbędnej roślinności, desykacji plantacji nasiennej, a ostatnio słonecznika oleistego i rzepaku.

Naturalnym i najprostszym sposobem konserwacji zielonki jest suszenie na siano. Aby można je było przechowywać, musi mieć wilgotność poniżej 20%. Niestety, suszeniu siana częstokroć nie sprzyjają warunki atmosferyczne, a wydłużenie tego procesu powoduje straty wynikające z oddychania roślin, wymywania przez opady oraz gnicia, a także z uszkodzeń mechanicznych. Innym sposobem konserwacji jest kiszenie, ale i tu wilgotność zielonki odgrywa zasadniczą rolę. Jeśli bowiem zawiera ona zbyt mało suchej masy, może zachodzić fermentacja masłowa (5). Za granicą, a ostatnio również i w Polsce, zielonki przetwarza się na produkt pośredni pomiędzy sianem i kiszonką, możliwy do przechowywania w silosach (18). Nosi on angielską nazwę „haylage“, co dość dowolnie można by przełożyć na „siano-kiszonkę“. Również substrat tego produktu wymaga podsuszenia, gdyż powinien zawierać od 40 do 50% wody, podczas gdy wilgotność świeżych roślin jest znacznie większa. Jak więc widać, we wszystkich naturalnych sposobach konserwacji pasz zielonych mogą znaleźć zastosowanie odpowiednie preparaty chemiczne, zdolne do podsuszania roślin.

* Preparat Reglone (którego substancją aktywną jest diquat) jest silnie toksyczny i działając poprzez skórę powoduje nieodwracalne zmiany w płucach; w pojedynczych wypadkach powoduje nawet śmiertelne uszkodzenia płuc. W związku z tym należy ostrożnie stosować go w rolnictwie.

Wilgotność zielonki ma również zasadnicze znaczenie w procesie suszenia mechanicznego, wpływa bowiem na wydajność suszu w jednostce czasu, wielkość produkcji, zużycie paliwa i koszty transportu (11, 20). Zawartość wody w zielonce można obniżyć przez kilkugodzinne podsuszanie ściętych roślin na pokosach, jednakże — jak wykazał Skrzyński (16) — pociąga to za sobą wyraźne straty składników pokarmowych, zaś procentowy ubytek wody jest niewielki.

Dobre efekty diquatu na plantacjach nasiennych roślin pastewnych nasunęły Kennedyemu i współpracownikom (za Cardinalim, 7) pomysł podsuszania na pniu roślin przeznaczonych na siano i kiszonkę. Black i współpracownicy (za Calderbankiem i współautorami, 5) zastosowali ten preparat do wstępnego podsuszania mieszanki koniczyny czerwonej z trawami. Analizy wykonane w czasie od 48 do 52 godzin od opryskiwania wykazały, że zawartość suchej masy w roślinach potraktowanych diquatem sięgała, zależnie od dawki, od 25,9 do 28,9%, podczas gdy sucha masa w zielonce poletka kontrolnego wynosiła 21,2%. Rośliny następnie kiszono. Przebieg fermentacji okazał się właściwy.

Cardinali i współpracownicy (8) zbadali w warunkach produkcyjnych Włoch, wpływ diquatu na wilgotność I, III i IV pokosu dwuletniej lucerny. Na 1 ha użyli do oprysku 700 l roztworu, zawierającego 2,8 l Reglone. Obfite opady uniemożliwiły oznaczenie wilgotności pierwszego pokosu. W trzy dni po skoszeniu trzeciego pokosu zielonka obiektu kontrolnego była suchsza (41,56% wody), niż desykowana (56,00%). Jednakże wystarczył jeden słoneczny dzień, aby zawartość wody spadła w niej do 23,00%, gdy tymczasem wilgotność skoszonych roślin nie desykowanych wynosiła 38,00%. Potrzebny był zatem przynajmniej jeszcze jeden słoneczny dzień, aby te ostatnie osiągnęły wilgotność odpowiednią do przechowywania. W momencie opryskiwania czwartego pokosu, zawartość wody w roślinach wynosiła 81,15%, zaś w trzy dni później 40,35% w lucernie desykowanej i 61,96% w skoszonej lucernie z poletek kontrolnych.

Simon (15) w oparciu o badania wykonane w NRD sądzi, że 5 l/ha Reglone w ciągu 120 godzin, zmniejszy wilgotność lucerny o 20 do 40%. Wystarczy to, aby otrzymać dobrą kiszonkę lub przechowywać siano-kiszonkę, uwilgoconą w około 50%. Jego zdaniem wielką zaletą chemicznego suszenia jest oszczędność czasu i robocizny — liczba czynności wykonanych normalnie podczas zbioru i kisenia maleje tutaj do opryskania i ścięcia roślin oraz zwiezienia ich prosto z pola do silosu. Desykacja roślin starszych (w pełni kwitnienia) okazała się skuteczniejsza niż młodych. Również inni badacze obserwowali podsuszające działanie diquatu (18). Na przykład w doświadczeniach czechosłowackich dawka 5 l/ha Reglone zmniejszyła wilgotność lucerny z 78,00% do 60,00%,

a w USA stwierdzono, iż przy pomocy różnych preparatów (w tym diquatu) można w ciągu 4 dni zmniejszyć wilgotność lucerny z 70 do 25%.

W Polsce zagadnieniem podsuszania lucerny mieszańcowej przeznaczonej na susz zajmował się Michałowski (12). W jego doświadczeniach, przeprowadzonych w warunkach Pomorza Zachodniego (PGR Kędrzyno, pow. kołobrzeski), diquat skutecznie podsuszał lucernę. Zastosowanie większych dawek, i to działających przez czas dłuższy, podnosiło efektywność zabiegu. Najbardziej odwodniona była lucerna desykowana 6 l/ha Reglone i zbierana 4 doby po opryskaniu, a najwilgotniejsza w kombinacji: 2 l/ha + zbiór 2 doby od opryskiwania. Przeciętnie, niezależnie od warunków sezonowych, najskuteczniejsza kombinacja doświadczenia (6 l/ha Reglone w początku kwitnienia, zbiór po 4 dobach od momentu opryskania) zmniejszała wilgotność roślin o 23,1% (tab. 1). Spadek wilgotności lucerny pod wpływem diquatu był w doświadczeniach większy, gdy rośliny pod-

Tabela 1

Spadek wilgotności lucerny w zależności od dawki Reglone i czasu jej działania w % (średnio w latach 1939—1971)

Dawka Reglone w l/ha	Termin zbioru (liczba dób działania preparatu)		
	2	4	średnio
0	0,0	0,0	0,0
2	8,5	15,1	11,8
4	11,0	20,6	15,8
6	13,6	23,1	18,4
Średnio	8,3	14,7	—
Najmniejsza istotna różnica ($p = 0,05$)	pomiędzy dawkami		= 1,2
	pomiędzy terminami zbioru		= 0,8
	we współdziałaniu dawka × termin zbioru		= 1,6

dano jego działaniu w początkach kwitnienia niż w fazie pączkowania. Uwidoczniło się to szczególnie wyraźnie w lata suche. Natomiast w mokrym podczas zbioru r. 1971, termin desykacji wywierał mniejszy wpływ na jej skuteczność (tab. 2). Corocznie jednak desykowana lucerna dosychała na pniu. Można więc sądzić, że jeżeli diquat dawał pozytywne rezultaty w warunkach Pomorza, gdzie przeważają elementy klimatu morskiego, jeszcze bardziej efektywny będzie w pozostałych częściach kra-

Tabela 2

Spadek wilgotności lucerny w zależności od terminu
zastosowanie Reglone w ‰

Termin opryskiwania (faza rozwojowa lucerny)	1969 r	1970 r.	1971 r.	Średnio
Pączkowanie	11,7	11,0	9,5	10,7
Początek kwitnienia	14,6	12,2	10,0	12,3
Średnio	13,2	11,6	9,8	--
Najmniejsza istotna różnica ($p = 0,05$)	pomiędzy terminami			= 0,8
	pomiędzy latami			= 1,0

ju. Niezależnie od dawki i innych czynników, działanie preparatu zależało od warunków sezonowych. Przeciętnie najskuteczniejszy był diquat w najsuchszym 1969 r., najslabiej działał w przekropanym podczas desykacji 1971 r. (tab. 2). Porównywanie dawki nie wpłynęły jednak na stan wilgotności lucerny identycznie we wszystkich warunkach. W latach 1969 i 1970 lepsze okazały się dawki 4 i 6 l/ha niż 2 l/ha. W 1971 r. efekt desykacji wzrastał sukcesywnie ze wzrostem dawki.

Zdaniem Briana (2) aktywność biologiczna diquat zwiększa się ze wzrostem wilgotności powietrza, przy czym wzrost ten jest bardziej pożądanym, niż przed, lub w czasie zabiegu. Wypływa stąd wniosek, aby w okresie bezdeszczowym opryskiwać rośliny preparatem przed wieczorem, gdyż nocą wysycenie powietrza parą wodną wzrośnie. Doświadczenia kędrzyńskie nie potwierdzają tej tezy, lecz ich wyniki są zgodne z logiką, bo duża wilgotność powietrza hamuje transpirację roślin, a przecież mechanizm działania preparatu (o czym będzie mowa niżej) ściśle się z tym procesem wiąże. Należy dodać, że zgodnie z informacjami firmowymi (14), preparat rzeczywiście działa w dużej mierze niezależnie od pogody, gdyż nawet w warunkach dużej wilgotności powietrza, w omawianym doświadczeniu rośliny podsychały.

Spadek wilgotności łodyg lucerny pod wpływem Reglone okazał się w Kędrzynie mniejszy, niż odwodnienie liści. Można przypuszczać, że decydowała o tym nie technika opryskiwania (opryskiwacz plecakowy, lub taczkowy), na którą zwraca uwagę Simon (15) — zalecając nawet użycie specjalnych urządzeń przygniatających łan, aby cieczy nie zatrzymywały liście, gdyż łodygi pod działaniem diquat zółkły niemal równie intensywnie jak liście.

Podsuszanie roślin wywołuje zmniejszenie plonu zielonki z jednostki powierzchni, gdyż utrata wody musi obniżyć ogólną masę roślin podczas zbioru. Jednocześnie podnosi się zawartość suchej masy w zielonce, a zwyżka powiększa się ze wzrostem dawki preparatu (5, 6, 7, 8, 15, 18). W doświadczeniach kędrzyńskich uwidoczniło się także dodatnie działanie

Tabela 3

Plon suchej lucerny w zależności od dawki, terminu opryskiwania i czasu działania Reglone w q z ha (średnio w latach 1969–1971)

Dawka Reglone w l/ha	Termin opryskiwania (faza rozwojowa lucerny)				Średnio
	pączkowanie		początek kwitnienia		
	termin zbioru (liczba dób działania preparatu)				
	2	4	2	4	
0	31,6	34,4	44,9	51,4	40,6
2	37,0	31,6	49,6	61,3	44,9
4	37,4	30,1	45,9	63,0	44,1
6	37,7	32,1	47,0	54,9	42,9

Najmniejsza istotna różnica ($p = 0,05$) pomiędzy dawkami = 3,1; we współdziałaniu dawka \times termin oprysku \times termin zbioru = 6,1

preparatu na plon suchej masy (tab. 3). Na poletkach desykowanych 2 i 4 l/ha Reglone plon ten był przeciętnie większy niż na obiekcie kontrolnym. Natomiast dawka 6 l/ha nie wywierała już znamionnego wpływu na tę cechę. Gdyby preparat modyfikował jedynie wilgotność lucerny, różnice w plonie suchej masy pomiędzy kombinacją kontrolną i poszczególnymi dawkami preparatu leżałyby w granicach błędu. Być może nie wchodzi to w rachubę stymulacja sensu stricto, lecz mniejsze straty dysymilacyjne po ścięciu roślin częściowo martwych. W każdym razie pozostaje faktem, że z jednostki powierzchni, dzięki desykcji, zebrano więcej suchej masy lucerny. Omawiana różnica w dużym stopniu zależała od fazy rozwojowej i czasu działania preparatu. Po 4 dobach od opryskiwania w początkach kwitnienia, dawki 2 i 4 l/ha Reglone istotnie podnosiły plon suchej masy w porównaniu z plonem poletek kontrolnych. Po 2 dobach desykcji w fazie pączkowania, tylko dawka 6 l/ha dawała znamionny przyrost plonu w porównaniu z kombinacją kontrolną (tab. 3). Plon suchej masy desykowanej lucerny był istotnie

większy, gdy rośliny zbierano w początku kwitnienia niż w fazie pączkowania. Złożył się na to zarówno kilkunastodniowy wzrost roślin pomiędzy pączkowaniem a początkiem kwitnienia, jak też silniejsze stymulowanie przyrostu (lub hamowanie dysymilacji) biomasy przez diquat. w tej właśnie fazie rozwojowej.

Cardinali i współpracownicy (8) zbadali skład chemiczny lucerny desykowanej 2,8 l/ha Reglone. Jak się okazało, jej jakość nie tylko się nie pogorszyła, lecz nawet uległa pewnej poprawie. I tak, zawartość białka surowego w suchej masie roślin nie poddanych zabiegowi wynosiła 18,80%, zaś w roślinach desykowanych 19,49%: zawartość białka właściwego odpowiednio 14,13 i 16,11%. Analogiczne rezultaty dały badania innych autorów (6, 7, 15, 18). W przeciwieństwie do nich, doświadczenia Michałowskiego (12) nie wykazały ani wpływu porównywanych dawek diquatu, ani czasu ich działania na omawianą cechę. Przyczyna, obok odmiennego układu czynników siedliska, tkwi — jak się wydaje — w tym, że autorzy ci opierają się na jednorocznych i nie opracowanych statystycznie doświadczeniach, a takie wnioskowanie często zawodzi. W badaniach kędrzyńskich, mimo braku zmian w koncentracji, stwierdzono jednak wzrost ogólnego plonu białka z jednostki powierzchni, wynikający z korzystnego oddziaływania diquatu na plon suchej masy (tab. 4). Największe zwyczki dawały poletka desykowane 4 l/ha Reglone w fazie po-

Tabela 4

Plon białka surowego w suszu lucerny w zależności od dawki Reglone, terminu oprysku i terminu zbioru w q z ha (średnio w latach 1969–1971)

Dawka Reglone w l/ha	Termin opryskiwania (faza rozwojowa lucerny)				Średnio
	pączkowanie		początek kwitnienia		
	termin zbioru (liczba dób działania preparatu)				
	2	4	2	4	
0	5,5	6,2	6,5	7,2	6,4
2	6,5	6,5	8,3	9,5	7,5
4	6,8	5,7	7,6	10,6	7,7
6	6,8	6,0	7,4	8,9	7,3

Najmniejsza istotna
różnica ($p = 0,05$)

pomiędzy dawkami = 0,5; we współdziałaniu
dawka \times termin oprysku \times termin zbioru = 1,0

czątku kwitnienia i koszone 4 doby po oprysku. Wyjaśnienie tego zjawiska tkwi prawdopodobnie w mechanizmie działania preparatu. Niestety, nie zbadano go dotąd należycie.

Wg Aberga (za Simonem, 15) działanie diquat wiąże się prawdopodobnie z tworzeniem w roślinie wolnych rodników, inicjujących reakcję niszczącą najważniejsze makrocząsteczki protoplazmy. Proces ten zachodzi bardzo szybko w komórkach asymilacyjnych i prowadzi do zintensyfikowania transpiracji. Gdyby hipoteza ta była słuszna, przyczyn przyrostu plonu białka, tak jak i plonu suchej masy, należałoby doszukiwać się w osłabieniu oddychania po skoszeniu roślin desykowanych. Dodge, Harris i Baldwin (10) wykazali, że diquat powoduje rozkład lipidów galaktazowych w membranach cytoplazmatycznych, co pociąga za sobą wzrost przepuszczalności tonoplastu komórek roślinnych. Spadek oporu tonoplastu może prowadzić do zachwiania równowagi osmotycznej komórek, rozpadu organelli i uwolnienia z nich enzymów hydrolitycznych, takich jak proteazy, nukleazy i fosfatazy, a w konsekwencji do zaburzeń metabolizmu. Jest tedy bardzo prawdopodobne, iż zaburzenia te ograniczają właśnie dysymilację i stąd mniejsze straty suchej masy oraz białka w ściętych roślinach. Jednocześnie przypuszczenia wymienionych autorów nie wykluczają możliwości stymulującego działania diquat na plony. Jeśli by jednak miał rację Simon (15), który jest zdania, że diquat zwiększa zarówno pobieranie, jak i transpirację wody przez roślinę (oczywiście ten ostatni proces nieporównanie silniej), wówczas zjawisko można by złożyć na karb wzmożonego pobierania składników mineralnych i towarzyszącej mu zintensyfikowanej przemiany materii w tym czasie, dopóki nie nastąpi zupełny rozkład chlorofilu. Procesy takie mogą również przebiegać w tkankach, do których nie dotarł diquat, działający jak wiadomo miejscowo. Nie jest też wykluczone, iż desykowane rośliny po prostu gromadzą więcej azotu niebiałkowego a przeliczenie go na białko daje niezgodne z prawdą wyniki. Problem ten wymaga wnikliwego zbadania.

Cardinali i współautorzy (8) badali wpływ desykacji na poziom beta-karotenu w roślinach. Okazało się, że po 3-dobowym działaniu 6 l/ha Reglone zawartość tego składnika spadła w lucernie o 24%. Ponadto podczas przechowywania siana otrzymanego z roślin desykowanych, rozkład beta-karotenu zachodził szybciej — po 38 dniach od zbioru zawierało go ono 2,87 mg/kg, zaś siano z poletek kontrolnych 13,02 mg/kg. W Kędrzynie straty były znacznie większe, a desykacja lucerny okazała się tym mniej korzystna, im większe dawki preparatu zastosowano i im dłużej działały one na rośliny (tab. 5). Dawki 4 i 6 l/ha Reglone po 4 dobach desykacji obniżały zawartość beta-karotenu o przeszło 70%. Natomiast preparat wniesiony w ilości 2 l/ha, działający na rośliny 4 doby w fazie początku kwitnienia, mimo że obniżał jego poziom w suszu średnio

Tabela 5

Zawartość beta-karotenu w suchej masie suszu lucerny w zależności od dawki Reglone i czasu jej działania w mg/kg (średnio w latach 1969—1971)

Dawka Reglone w l/ha	Termin zbioru (liczba dób działania preparatu)		Średnio
	2	4	
0	191,4	176,0	183,7
2	120,6	104,0	112,3
4	94,5	58,3	76,4
6	78,9	55,2	67,0
Średnio	121,3	98,4	—
Najmniejsza istotna różnica ($p = 0,05$)	pomiędzy dawkami		= 14,0
	pomiędzy terminami zbioru		= 9,9

o 30%, to nie zmieniał plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 6). Przyrost ogólnego plonu biomasy rekompensował więc w tej kombinacji doświadczenia straty wynikłe z rozkładu barwnika.

Tabela 6

Plon beta-karotenu w suszu lucerny w zależności od dawki Reglone oraz terminu jej zastosowania i czasu działania w kg z ha (średnio w latach 1969—1971)

Dawka Reglone w l/ha	Termin opryskiwania (faza rozwojowa lucerny)				Średnio
	pączkowanie		początek kwitnienia		
	termin zbioru lucerny (liczba dób działania preparatu)				
	2	4	2	4	
0	0,72	0,72	0,80	0,76	0,75
2	0,41	0,32	0,68	0,76	0,54
4	0,30	0,17	0,40	0,42	0,32
6	0,26	0,20	0,36	0,27	0,27
Średnio	0,42	0,35	0,56	0,55	—

Najmniejsza istotna różnica ($p = 0,05$) pomiędzy dawkami = 0,11; we współdziałaniu termin oprysku \times termin zbioru = 0,11; we współdziałaniu dawka \times termin oprysku \times termin zbioru = 0,07

Obniżenie zawartości beta-karotenu w paszy pod wpływem diquatatu jest ze wszech miar niekorzystne. Zachodzi ono jednak nie mniej silnie w trakcie innych sposobów suszenia pasz, zwłaszcza zaś podczas suszenia naturalnego. Skutki ubytku omawianego składnika można jednak złagodzić lub całkowicie zniwelować, np. przez dodanie do paszy barwnika syntetycznego (co byłoby na razie zbyt kosztowne) albo tranu, którego — jak wiadomo — 1 g zawiera 20 tysięcy j. m. witaminy A, zaś ta ilość pokrywa dzienne zapotrzebowanie cielnej nawet krowy. Ponadto istnieje możliwość obniżenia strat karotenu przez zastosowanie stabilizatorów powstrzymujących jełczenie tłuszczów (11).

W doświadczeniach Cardinalego (6, 7) oraz Cardinalego i współautorów (8), wzrost zawartości włókna surowego w lucernie, zależnie od dawki Reglone, wynosił od 3,14 do 5,65% i był znacznie większy od notowanego w innych pracach (19), gdzie kształtował się na poziomie 0,69%. Badania jugosłowiańskie (18) wykazały spadek zawartości włókna surowego w suchej masie lucerny desykowanej diquatem, równy 0,50%. W doświadczeniach kędrzyńskich, procentowej zawartości włókna nie modyfikowały ani dawki preparatu, ani czas ich działania. Rzecz jasna podnosiło ją opóźnienie zbioru lucerny. Jednocześnie desykacja — z tych samych przyczyn co suchą masę — zwiększała plon włókna zawartego w suszu.

We Włoszech (8) obserwowano niewielki (rzędu 0,10%) spadek poziomu popiołu ogólnego w sianie pod wpływem Reglone. W omawianej pracy krajowej (12), podobnie jak u Atzmana i Volcaniego (18) diquat nie modyfikował zawartości tego składnika. Desykacja zwiększała natomiast plon popiołu ogólnego z przyczyn omówionych wyżej. Wzrastał też plon i koncentracja popiołu nierozpuszczalnego, a więc głównie krzemionki. Charakterystyczne, że w roku deszczowym wszystkie dawki Reglone bardziej powiększały wartość tych parametrów niż w latach suchszych. Jak się wydaje, miało to związek z metodą zbioru, polegającego na koszeniu lucerny kosiarką i ręcznym ładowaniu jej na przyczepy. Widocznie podsuszone rośliny łatwiej ulegały zanieczyszczeniu glebą. Wypływa stąd wniosek o bezzasadności łączenia nowoczesnej metody podsuszania roślin z przestarzałym sposobem zbioru. Silosokombajn lub kosiarko-ładowacz zapobiegnie temu zjawisku.

Reglone powoduje zmiany niektórych organoleptycznych właściwości siana. Staje się ono zielonobrazowe względnie słomkowe i traci charakterystyczny zapach. Nie wpływa to jednak na jego walory smakowe (6, 7, 8).

Wykazano, że z lucerny desykowanej liście nie opadają w większym stopniu niż z kontrolnej (8). Desykacja nie zwiększała strat powietrznie

suchej masy lucerny podczas zbioru ani też składników w niej zawartych. Nie zagrażała ponadto stanowi i trwałości lucernika (12).

Diquat dezaktywuje się w zetknięciu z glebą (9, 17). Dlatego analizy próbek glebowych wykonane przed i po opryskiwaniu Reglone nie wykazują żadnych różnic w rodzaju oraz ilości mikroflory (8). Pod wpływem światła i wysokich temperatur preparat ulega stopniowemu rozpadowi (3, 4, 5, 9, 13).

Ponieważ diquat należy do środków toksycznych, nader ważną sprawą są jego pozostałości w częściach roślin przeznaczonych na paszę. Zgodnie z wynikami testów przeprowadzonych w wielu krajach, pozostałości te nie stanowią niebezpieczeństwa dla ludzi i zwierząt. Na tej podstawie dopuszczono Reglone do produkcji rolniczej. Black i współpracownicy (za Calderbankiem i współautorami (5) stwierdzili, że w trawach poddanych działaniu diquatu (dawka 0,685 l/ha) zawartość preparatu wyniosła po pierwszym dniu od 32 do 65 ppm w suchej masie, a po siedmiu dniach już tylko od 2,5 do 6,5 ppm. W licznych doświadczeniach wykazali również, że poziom diquatu w roślinach po 3—4 dniach od opryskania jest niski i nie zagraża zdrowiu zwierząt karmionych otrzymaną z nich paszą, dzięki dużym ubytkom preparatu pod wpływem światła. Pozostałości diquatu w roślinach, na które działało światło, nie były toksyczne dla szczurów, krów i owiec, bowiem w 40 do 50% wydalily go one z kałem i moczem, reszta natomiast uległa rozkładowi w czasie trawienia. Owce karmione przez 28 dni kiszoną zawierającą od 6 do 13 ppm diquatu nie wykazywały żadnych objawów chorobowych, mimo że w ich moczu i kale stwierdzono obecność tego preparatu. Bydło karmione w ciągu 3 miesięcy kiszoną rajgrasu włoskiego desykowanego Reglone nie przejawiało jakichkolwiek zaburzeń fizjologicznych. Próby mleka analizowane w tym czasie nie zawierały diquatu. Nie stwierdzono też żadnych śladów preparatu w mięsie i organach wewnętrznych zwierząt ubitych po zakończeniu doświadczenia. W innym doświadczeniu przez 20 dni karmiono krowy i przez 122 dni owce sianem desykowanej lucerny. W sumie krowy zjadły po 4,856, a owce po 1,713 g diquatu w sianie.

Dokładne analizy nie wykryły obecności preparatu w mleku i mięsie zwierząt. Podobnie nie zawierało jego pozostałości mleko krów karmionych przez 29 dni sianem desykowanej koniczyny o poziomie 11 ppm i mleko owiec żywionych przez 34 dni sianem o zawartości 23 ppm diquatu (19). Analizy nie wykryły ich też w poszczególnych tkankach zwierząt (granica wykrywalności diquatu = 0,01 ppm; w płucach, wnętrznościach i mózgu od 0,02 do 0,03 ppm). Nie zauważono przy tym żadnych patologicznych zmian organów wewnętrznych, spadku wydajności,

zmian technologicznych właściwości mleka, przyrostów wagowych zwierząt, czy wreszcie smaku mięsa.

W doświadczeniach kędrzyńskich (12) ze wzrostem dawki Reglone użytej do oprysku wzrastała ilość pozostałości preparatu. I tak, wynosiła ona przeciętnie 3,4 ppm przy 2 l/ha, 9,7 ppm przy 4 l/ha i 13,0 ppm przy 6 l/ha (najmniejsza istotna różnica = 5,6 ppm). Fakt ten nie wymaga komentarza. W miarę upływu czasu od oprysku do zbioru, ilość diquatu malała (po 2 dobach średnio 12,2 ppm, po 4 — 5,2 ppm) pod wpływem światła i temperatury. Największą pozostałość preparatu w suszu, równą 25,6 ppm, odnotowano przy dawce 6 l/ha, wniesionej w początku kwitnienia roślin i działającej 2 doby, najmniejszą za — 0,4 ppm — przy dawce 2 l/ha, zastosowanej w tej samej fazie, lecz działającej 4 doby. Nawet najwyższa stwierdzona ilość diquatu nie powinna być jednak toksyczna, bo np. LD_{50} krów wynosi 30 mg/kg wagi (5), tak że jednorazowa dawka paszy dla zwierzęcia o masie 500 kg musiałaby osiągnąć absurdalną wielkość 577 kg suszu. Należy przypuszczać, że zastosowanie wyższych niż w doświadczeniu temperatur podczas produkcji suszu na skalę przemysłową jeszcze bardziej spotęguje rozpęd tego preparatu.

Decydująca jest jednak nie wartość LD_{50} , lecz LD_1 , tj. granica szkodliwości, a wartości LD_1 tego preparatu nie znamy. Sytuację pogarsza fakt, iż obecne metody oznaczania pozostałości diquatu (1, 5) są żmudne, pracochłonne i skomplikowane. Istnieje przeto pilna potrzeba opracowania metody szybkiej i możliwej do wykorzystania w warunkach produkcyjnych, a jednocześnie na tyle dokładnej, aby pozwoliła dozować desykowaną paszę bez ryzyka zaszkodzenia zwierzętom.

Na koniec pozostaje do omówienia sprawa opłacalności podsuszania zielonek diquatem. Omówimy ją na przykładzie lucerny przeznaczonej na susz. Przy wilgotności równej 75%, jaką miały w Kędrzynie rośliny kontrolne, wydajność suszarni wynosi 1265 kg/godz. Obniżenie wilgotności zielonki do 58%, w kombinacji wcale nie najlepiej podsuszającej lucernę (2 l/ha Reglone, opryskane w początkach kwitnienia, zbiór 4 doby od oprysku), lecz nie obniżającej plonu beta-karotenu, zwiększa wydajność suszarni do 2909 kg produktu na 1 godzinę, przy czym zużycie paliwa na każde 100 kg suszu maleje z 34,0 do 14,8 kg. Produkcja jednej suszarni w czasie 100 dni (przyjmuje się, że przez taki okres suszarnia przetwarza zielonki, a dzień pracy liczy 20 godzin), przy wykorzystaniu podsuszonego surowca powinna wynieść 5820 ton suszu, a zużycie węgla 861 ton. Natomiast wyprodukowanie tej samej ilości suszu z lucerny o wilgotności 75%, pochłonie ca 1979 ton opału. Oszczędność, tylko z tytułu jego mniejszego zużycia, winna stanowić ca 503 tys. zł. Przy przeciętnej wydajności lucerny 250 q/ha, suszarnia mu-

si mieć zaplecze surowcowe o powierzchni około 600 ha. Koszt preparatu, licząc 2 l/ha wyniesie około 159 tys. zł. Koszt oprysku 600 ha samolotem (zabieg najdogodniejszy, nie uszkadzający łąnu i już obecnie stosowany w niektórych regionach kraju na skalę produkcyjną) osiągnie kwotę 60 tys. zł. Łączne koszty desykacji będą się tedy kształtować na poziomie około 220 tys. zł, a więc pozostanie jeszcze 280 tys. zł oszczędności. Dalej, podsuszenie roślin o 17% pozwoli uniknąć transportu zbędnej masy 42 q wody z każdego ha, co w sumie przyniesie oszczędność dalszych 120 tys. zł. W sumie uczyni to — jak można przypuszczać — około 400 tys. zł oszczędności. Dojdą do tego korzyści płynące ze zwiększonej wydajności suszarni, zmniejszenia nakładów robocizny i zużycia energii elektrycznej. Oczywiście rachunek ten jest orientacyjny, oparty na szeregu przesłanek teoretycznych (np. zużycie węgla obliczono, zakładając pełną sprawność mechanizmów suszarni). Za słusnością jego ogólnej koncepcji przemawiają jednak dane zawarte w piśmiennictwie (11, 20). Kompleksową i pełną kalkulację kosztów umożliwią dopiero doświadczenia w skali technicznej i produkcyjnej. Przyniesione dane dają mimo to podstawę aby sądzić, że chemiczne podsuszanie roślin, przeznaczonych do różnych sposobów konserwacji, przyniesie także poważne — choć prawdopodobnie nie tak wysokie — korzyści ekonomiczne.

Powyższe rozważania prowadzą do następujących wniosków:

1. Diquat skutecznie podsusza rośliny pastewne, dzięki czemu ułatwia ich przetworzenie na siano, kiszonkę, siano-kiszonkę bądź susz.
2. Zabieg ten nie pogarsza jakości paszy, poza zmniejszeniem zawartości beta-karotenu, którego niedobór da się stosunkowo łatwo uzupełnić. W przypadku lucerny można równocześnie spodziewać się większych plonów suchej masy desykowanych roślin.
3. Pozostałości diquat w paszy nie zagrażają zdrowiu ani produktywności zwierząt. Nie stanowią też niebezpieczeństwa dla ludzi spożywających pochodzące od nich produkty.
4. Desykacja roślin pastewnych nie ma przeciwwskazań natury biologicznej — nie wpływa na siedlisko ani nie zakłóca rozwoju roślin wieloletnich. Może natomiast przynieść poważne korzyści ekonomiczne, w postaci ograniczenia strat składników pokarmowych, obniżenia kosztów produkcji pasz itp.
5. Szereg zagadnień tak natury podstawowej, jak i produkcyjnej wymaga rychłego zbadania, gdyż albo nie są wyjaśnione w ogóle, albo nie zbadane w kraju, a wykorzystanie doświadczeń zagranicznych w po-

ważnym stopniu ograniczają różnice klimatyczno-glebowe i gospodarcze. Szczególnie ważne wydaje się poznanie mechanizmu działania diquatu, LD₁ różnych gatunków zwierząt oraz opracowanie szybkiej i dokładnej metody oznaczania pozostałości preparatu w roślinach. Z problemów produkcyjnych na czoło wysuwa się technika desykcacji różnych roślin w rozmaitych warunkach siedliska, jej wpływ na jakość paszy i produkcyjność zwierząt oraz szczegółowa kalkulacja kosztów i opłacalności zabiegu.

LITERATURA

1. Analytical methods for the determination of diquat in Reglone and residues in crops. Plant Protection Limited. Overseas Technical Service Department — 1968, 15—25.
2. Brian R. C.: The bipyridylum quaternary salts. The effect of atmospheric and soil humidity on the uptake and movement of diquat and paraquat in plants. *Weed. Res.*, 1966, 292—303, vol. 6, nr 4.
3. Brian R. C.: Darknes and activity of diquat and paraquat on tomato, bread been and suger beet. *Ann. Appl. Biol.*, 1967, vol. 60, nr 1, 77—85.
4. Calderbank A., Morgan C. B., Yuen S. H.: Determination of diquat residues in petato tubers. *Analyst*, 1961, nr 86, 569—579.
5. Calderbank A., Mc Kenna R. H., Walley J. K.: Feeding clover hay and barley, desiccated with diquat to cattle. Imperial Chemical Industries Ltd. — 1966, 2—10.
6. Cardinali A.: Risultati di due anni di prove con i disseccanti dipiridilici. *Bulletino dell'Agricoltura*, 1964, nr 23, 3—14.
7. Cardinali A.: Esperienze con disseccante sull'erba medica. *Progresso Agricolo*, 1964, nr 9, 907—923.
8. Cardinali A., Fratteggiani Bianchi R., Businelli M., Martini A.: Fienagione di medica disseccata con diquat. *Progresso Agricolo*, 1967, nr 1, 1—12.
9. Coats G. E., Funderburk H. H., Lawrence J. M.: Factors affecting persistance and inactivation of diquat and paraquat. *Weed Res.* 1966, nr 1, 58—66.
10. Dodge A. D., Harris N., Baldwin B. C.: The mode of action of paraquat and diquat. *Biochem. J.*, 1970, vol. 118, nr 3, 43—44.
11. Kreyger J.: Artificial drying of green foddors in the Netherlands. Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce (IBVL) — 1962, 1—14.
12. Michałowski C.: Podsuszanie diquatem lucerny mieszańcowej przeznaczonej na susz. Maszynopis pracy doktorskiej. Promotor: L. Malicki, WSR w Lublinie, 1972.

13. Pozostałość diquat w roślinach desykowanych Reglone. ICI Ltd., Agricultural Division, 1968.
14. Reglone — nowoczesny desykant dla plantacji nasiennych. ICI Ltd., Agricultural Division, 1968.
15. Simon W.: Wyniki pierwszych doświadczeń nad desykacją roślin pastewnych. Międzynarodowe Czasopismo Roln., 1967, nr 6, 68—71.
16. Skrzyński T.: Suszenie pasz. PWRiL, Warszawa 1964.
17. The fate of diquat and paraquat in the soil a summary. ICI Ltd. Weed Abstr — 1967, nr 4.
18. The place of the bipyridyls in the production of cured fodder. ICI Ltd., Overseas Technical Service Department, 1968 1—11.
19. Trial use of the desiccant Reglone in hay-making with lucerne. University of Perugia and Institutes of Agronomy, Zootechny and Agricultural Chemistry. Translation 523 of an unpublished report, 1965 nr 1006, 1—14.
20. Van den Broek W.: Instrukcja obsługi mechanicznych suszarni pasz zielonych. Van den Broeks Machinefabriek N. V., 1965, 20—28.
21. Wallace J. D., Sneva F. A., Raleigh R. J.: Digestibility of chemically cured range forage. Proc. West. Sec. Ann. Sci., 1966, nr 17, 385—390.