

METEOROLOŠKI PARAMETRI - OSNOVA ZA PREVENTIVNA ŠKROP-
LJENJA PROTI KROMPIRJEVI PLESNI

METEOROLOGICAL PARAMETERS - BASIS FOR PREVENTIVE
SPRINKLING AGAINST POTATO BLIGHT

632.1
551.509.59

VLASTA STERGAR

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

Phenomenon and spreading out of the potato blight which causes the fungus *Phytophthora infestans* de Bary is very much influenced by meteorological factors. Preventive actions in the form of sprinkling of plants with pesticides are needed to attain a qualitative and quantitative good production. All phases of the development cycle of the fungus are closely related to the meteorological factors. The forecast of dates on which sprinkling must be applied on the basis of meteorological parameters is justified by this fact.

We studied experimental data collected during 13 years' observation period to test the usefulness of the meteorological criteria for forecasting sprinkling dates. From the known methods with different combinations of meteorological factors we chose the Holland method by Post ($f = 82\%$). This method is based on daily relative humidity and minimum air temperature - the temperature humidity rule. We studied the effect of sprinkling on the middle sensible late potato sort BINTJE and later on, also on the sort MERKUR at 16 localities spreaded over Slovenia. The objectives were viz. to test the validity of Post's weather rule for our region, to find out the economic effect of sprinkling applied on dates calculated on the basis of weather rule or on dates following each other in regular time intervals, as used in Holland.

The usefulness of Post's weather rule can be tested on the basis of yield attained in particular years; it is good if the yield is significantly higher. Analysis of the yield of sort BINTJE obtained from the sprinkled areas show highly significant differences among control non sprinkled areas and sprinkled ones using Post's method

for prediction of sprinkling dates at mean daily relative humidity 80 and 82%, respectively. At the variety MERKUR sprinkling gave significant higher yield at exceptional case only.

Vegetative period was extended on sprinkled areas up to 20 days the effect of this is seen on the increased yield. Table 1 shows the amount of the increased yield of the sort BINTJE for different years (areas sprinkled at relative humidity 82%). Table 2 shows the net income per hectare gained when the sprinkling was applied.

Yield on areas sprinkled according to weather rule was on average 10% higher than on areas sprinkled at regular time intervals where the most problematic is the day of the first sprinkling. This is a problem to predict omitting weather during the period from May to June.

Studying criteria for the first sprinkling we found a constancy of the sum of active temperatures for the period during planting of potatoes and the first rush of Phytophthora. Sum of active temperatures 800°C represents for sort BINTJE according to our experience the lower limit when is expected the first invasion of Phytophthora though, only if also other meteorological conditions are fulfilled.

Conclusions based on data from experimental areas show how large are the losses on yield and money if on potato fields planted with sensitive potato sort - as BINTJE is - the sprinkling is not applied at the right time and in the right way.

POVZETEK

V obdobju 1956 - 1968 smo izvajali regionalna poizkusna škropljenja proti krompirjevi plesni na osnovi Postovih vremenskih pravil, ki temelje na srednji dnevni relativni vlazi zraka in na minimalnih temperaturah zraka. Metoda je uspešna tudi v naših podnebnih razmerah. V večini primerov je zagotovila signifikantno višje pridelke bintja.

UVOD

V Sloveniji zavzema pridelovanje krompirja pomembno mesto v kmetijski proizvodnji. Po podatkih Zavoda za statistiko SRS je posajen

na ca. 42.000 ha. Pridelek vsako leto količinsko in kakovostno zmanjšujejo številna glivična, virusna in bakterijska obolenja. Od glivičnih bolezni moramo na prvem mestu omeniti krompirjevo plesen ali fitoftoro, ki jo povzroča gliva *Phytophthora infestans* de Bary. Relativno deževna in topla poletja z vmesnimi ohlaiditvami omogočajo hitro širjenje plesni.

V vlažnem poletju se že v juniju pojavijo na krompirjevih listih rjave pege, ki so na spodnji strani obrobljene z belim puhastim kolobarjem. Nekroza tkiva lahko hitro napreduje. Pri mikroskopskem pregledu najdemo v mezofilu obolelih listov povzročitelja poškodbe, micelij glive *Phytophthora infestans*.

Izbruh bolezni je vezan na določen razvojni štadij krompirja in na vrednosti meteoroloških elementov, predvsem na temperaturo in vlago.

Bolezen se najhitreje širi na zgodnjih in srednjepoznih sortah. Vzrok za navidezno odpornost kasnejših sort je med drugim v počasnejšem razvojnem ritmu poznih sort. Za širjenje fitoftore je namreč pomembno, kako se ujema doba ugodnih vremenskih pogojev za širjenje plesni z dobo prehoda rastlin iz prvotnega odpornejšega v kasnejši občutljivejši štadij.

Dokazano je, da so vse faze v razvojnem ciklusu glive vezane na določene meteorološke elemente. Razvoj micelija v listu in dolžina inkubacijske dobe sta v prvi vrsti odvisna od temperature. V temperaturnem intervalu $20-25^{\circ}\text{C}$ je inkubacijska doba najkrajša $/3/$. Ob izteku inkubacije je relativna vlaga zraka odločilni faktor pri tvorbi trosonoscev. Pojav konidioforov je mogoč samo v dovolj vlažni sredini. V nadaljnjem razvoju glive pogojuje temperatura način kaljenja trososnikov in s tem posredno pospešuje ali zavira intenzivnost infekcij in širjenje bolezni.

Prav zato, ker je razvoj glive in s tem pojav in širjenje bolezni v največji meri pogojeno z meteorološkimi parametri, je na osnovi slednjih možno prognozirati roke škropljenja, ki kot izrazita preventiva zavarujejo krompirišča.

Številne metode, oziroma vremenska pravila, ki so jih izdelali Van Everdingen, Beaumont, Post - Richel, Thran, Uhlig in Bourke in na osnovi katerih je možno predvidevati vremenska obdobja, nevarna za pojav in širjenje fitoftore, so sestavljena na osnovi ugotovljene odvisnosti posameznih razvojnih faz glive od meteoroloških elementov. Vsaka metoda ima drugačno kombinacijo meteoroloških elementov, vse pa skušajo določiti kritična vremenska obdobja za

infekcije. Bourkejeva metoda se razlikuje od drugih toliko, da skuša določiti tudi obdobja počasnega napredovanja bolezni. Metoda sloini na splošni cirkulaciji zraka.

Vse to je bolj ali manj znano, manj pa je v strokovni literaturi obravnavana problematika preventivnih škropljenj proti fitoftori na bazi meteoroloških kriterijev. In prav to problematiko smo skušali analizirati v 13-letnem obdobju poizkusnih škropljenj. Analiza rezultatov pa naj bi upravičila uporabnost izbrane meteorološke metode za prognoziranje škropljnih terminov za širšo prakso.

PRIKAZ PROBLEMA

Za prakso ima prednost tista metoda, ki je preprostejša, seveda pod pogojem, da je anako učinkovita. Prav zato smo dali prednost holandski metodi Post - Richel, ki temelji na srednji dnevni relativni vlagi zraka in na minimalnih temperaturah zraka. Te podatke pa nam lahko posredujejo navadne klimatološke postaje. Po Postovih vremenskih pravilih nastopi za fitoftoro kritično vremensko obdobje takrat, kadar so izpolnjeni v dveh zaporednih dneh naslednji pogoji:

1. Srednja dnevna relativna vlaga zraka mora biti v enem dnevu enaka ali višja od 82%. Predhodni ali naslednji dan ne sme biti nižja od 79%.
2. Minimalna temperatura zraka mora biti vsaj v enem od obeh dni enaka ali višja od 10° C. /1/

Oba elementa sta merjena v meteorološki hišici v višini 2 m. Srednja dnevna relativna vlaga zraka je računana iz psihrometrskih vrednosti, odčitanih v treh klimatoloških terminih ob 7., 14. in 21. uri.

Z regionalno zastavljenimi poizkusi smo želeli ugotoviti:

1. če velja holandska metoda "the temperature humidity rule" tudi v naših heterogenih podnebnih razmerah;
2. pri kateri relativni vlagi zraka je škropljenje dejansko najuspešnejše;
3. kakšen je ekonomski efekt škropljenja?

Skušali smo najti odgovor tudi na vprašanje, kakšno prednost imajo meteorološki kriteriji kot osnova za prognoziranje škropljnih termi-

nov pred običajno koledarsko metodo, kjer se ponavljajo škropljenja v 10-dnevnih razmakih, neglede na vreme.

Vzporedno z izborom najprimernejših meteoroloških kriterijev za določanje škropljnih terminov smo skušali proučiti in izpopolniti kriterije, ki bi zanesljivo določili čas prvega škropljenja. Vemo namreč, da imajo škropljenja proti fitoftori izrazito preventivni značaj. Še preden se pojavi na spodnji strani listov bela plesen, mora biti list prekrit z zaščitno plastjo fungicida. Zamujeno škropljenje je manj uspešno. Zato ni važno samo število škropljenj, ampak tudi čas posameznih škropljenj, zlasti prvega.

METODA POIZKUSOV

V regionalna poizkusna škropljenja v obdobju 1956-1968 smo vključili občutljivo srednjepozno sorto bintje. Lokacija postaj je upoštevala glavne pridelovalne rajone krompirja in glavna klimatska območja Slovenije. Poizkusna škropljenja smo začeli izvajati v naslednjih krajih: Gornji Lenart (Hs 150 m), Beltinci (Hs 177 m), Novo mesto (Hs 193 m), Starše (Hs 237 m), Žalec (Hs 242 m), Radvanje (Hs 275 m) Ljubljana (Hs 299 m), Češenik (Hs 315 m), Žabnica (Hs 350 m), Radohova vas (Hs 389 m), Radlje (Hs 416 m), Gornji Grad (Hs 429 m), Livold pri Kočevju (Hs 461 m), Postojna (Hs 533 m), Javorje (Hs 695 m), Nova vas na Blokah (Hs 722 m).

Kasneje smo število poizkusnih postaj reducirali in po letu 1966 obdržali eno postajo, Ljubljana-Črnuče. Ker zavzemajo pozne sorte v Sloveniji večino površin, smo v obdobju 1960-1965 vključili v poizkusna škropljenja še kasnejšo in odpornejšo sorto merkur.

Za proučevanje odvisnosti fitoftore od vremena so potrebni dnevni meteorološki podatki, podatki o fenološkem razvoju krompirja ter o pojavu in širjenju krompirjeve plesni. Poizkusne površine so bile zato obvezno v bližini meteorološke postaje. S postajami smo imeli dnevno telefonsko zvezo. Od razraščanja dalje smo dvakrat tedensko po enotni skali ocenjevali zdravstveno stanje krompirja z ocenami od 10 - 0. Krompirišča so bila škropljena z 0,3% ditanom.

Postova vremenska pravila za določanje škropljnih terminov smo v prvih letih toliko modificirali, da smo škropili pri treh različnih srednjih dnevni relativnih vlagah zraka:
f = 80%, f = 82% in f = 86%.

Poizkusna polja so bila velika po 4 are in razdeljena v 16 parcelic.

Parcele z oznakami A, B, C, D, velike po 25 m², so bile različno obravnavane in razporejene v 4 ponovitve. Kontrolne parcele A so ostale za primerjavo neškropljene, na parcelah B, C, D pa smo izvajali variantna škropljenja glede na višino relativne vlage zraka:

parcele B so bile škropljene pri srednji dnevni relativni vlagi zraka $f = 82\%$

parcele C so bile škropljene pri srednji dnevni relativni vlagi zraka $f = 80\%$

parcele D so bile škropljene pri srednji dnevni relativni vlagi zraka $f = 86\%$

REZULTATI

Uporabnost metode Postovih pravil kot osnove za prognoziranje škropljenih terminov lahko ocenimo na podlagi pridelkov v posameznih letih. Upravičena je tedaj, če lahko zagotovi povečane pridelke, ki presegajo mejo naključne verjetnosti. Z metodo analize variance smo za vsak primer posebej ugotavljali mejno vrednost, ki loči razlike v pridelku med posameznimi obravnavanji v signifikantne od tistih, ki še spadajo v področje naključne verjetnosti.

Analiza pridelkov obravnavanih površin bintja je pokazala, da so v večini primerov signifikantne razlike v poprečnem pridelku med kontrolnimi parcelami A in škropljenimi parcelami C ($f = 80\%$) in približno v 2/3 primerov med kontrolnimi parcelami A in škropljenimi parcelami B ($f = 82\%$). Razlika v poprečnem pridelku med kontrolnimi parcelami A in obravnavanim D ($f = 86\%$) ni bila v nobenem primeru signifikantna. Iz tega sledi, da je škropljenje pri relativni vlagi $f = 86\%$ zamujeno in zato neučinkovito.

V nadaljnjem smo obdržali prvo varianto Postove metode, to je škropljenje pri relativni vlagi zraka $f = 82\%$, ker ni bilo signifikantnih razlik v poprečnem pridelku obravnavanih parcel B ($f = 82\%$) in C ($f = 80\%$).

S škropljenji smo podaljšali vegetacijsko dobo krompirja do 20 dni, kar se izraža v povečanem pridelku škropljenih površin.

Leta z izrazitim pojavom fitoftore v celoti potrjujejo finančni uspeh škropljenja. Iz tabele 1 je razvidno, za koliko se je povečal v poprečju pridelek krompirja (sorta bintje) na parcelah, ki so bile tretirane po metodi Posta, pri relativni vlagi zraka $f = 82\%$.

Tabela 1 Povečan pridelek krompirja sorte bintje na tretiranih površinah po metodi Posta.

Table 1 Increased yield of potato sort BINTJE gained at sprinkled areas. Sprinkling dates defined by Post's method.

Leto	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
ΔP (mtc/ha)	54	20	39	49	51	77	54
ΔP (%)	28	8	15	33	16	32	23

Leto	1963	1964	1965	1966	1967	1968
ΔP (mtc/ha)	84	89	61	132	76	93
ΔP (%)	38	47	41	71	21	32

V 13-letnem poprečju znaša zaradi škropljenja povečan pridelek bintja 67,6 mtc/ha ali 31,2%.

Pri sorti bintje so bile razlike v poprečnem pridelku med kontrolnimi, neškropljenimi parcelami A in obravnavanimi B (Post, $f = 82\%$) v večini primerov visoko signifikantne.

Pri kasnejši sorti merkur pa so dala škropljenja drugačen rezultat: Pridelek na škropljenih parcelah (Post, $f = 82\%$) je bil le izjemoma signifikantno višji od kontrolnih neškropljenih parcel, vendar v vseh primerih še ekonomsko utemeljen.

Ekonomski efekt škropljenja se izraža s čistim dohodkom na hektar zaradi povečanega pridelka, po odbitku stroškov škropljenja.

Tabela 2 Čisti dohodek na hektar, ustvarjen zaradi škropljenja po metodi Posta.

Table 2 Nett income per hectar gained on areas were sprinkling was applied according to Post's method.

Leto	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Čisti dohodek na 1 hektar v dinarjih	1.360	1.490	1.570	2.690	6.100	3.400	3.800

V poprečju 7 let znaša čisti dohodek na 1 ha, ustvarjen zaradi povečanega pridelka na škropljenih površinah 2.910 din.

Po podatkih Zavoda za statistiko SRS so rane sorte krompirja, ki so za fitoftoro najobčutljivejše, posajene na ca. 5.000 hektarjih. Če smemo ugotovitve na poizkusnih parcelah v zadnjih sedmih letih z določeno rezervo prenesti samo na 20% površin pod ranimi sortami krompirja, t.j. na 1.000 hektarov, dobimo presenetljivo visoke številke, ki nas opozarjajo, kako visoke so vsako leto izgube v pridelku in denarju na krompiriščih občutljivih sort, ki niso škropljena. In še na nekaj nas opozarjajo: kako velike so izgube v pridelku, ki jih povzročajo rastlinske bolezni, če varstvo rastlin ni smotrno in pravočasno.

Vzporedno z izborom najprimernejših meteoroloških kriterijev za določanje škropljnih terminov smo skušali izpopolniti tudi kriterije za določanje prvega škropljenja.

Po Uhligu se fitoftora iz primarnih žarišč sprva počasi širi, pozneje pa pri zanjo ugodnih vremenskih razmerah vedno hitreje in pride iz prvih latentnih oblik v bolj ali manj masovni pojav /1/. Kritične vremenske razmere so do nekega izhodiščnega datuma (Null-Datum) navidezno manj nevarne /1/. Ta izhodiščni datum lahko predstavlja strnjenost nasada, ki pomeni konec faze razraščanja krompirja /1/, ali pa je določen s sumami aktivnih temperatur, računanih od sadnje krompirja dalje /2/. Thran pripisuje možnost prvega pojava fitoftore določeni razvojni stopnji krompirja, ki jo določi s sumami aktivnih temperatur 800° C za rane sorte (erstling) in 1100° C za srednje pozne sorte krompirja (flava) /2/. V 10-letnem opazovalnem obdobju so za sorto bintje na poizkusnem polju v Ljubljani znašale sume aktivnih temperatur v časovnem intervalu sadnja - prvi pojav fitoftore v posameznih letih 800° C do 1200° C. Pokazalca 56 dni, ki jih registriramo od sadnje krompirja dalje in suma aktivnih temperatur 800° C, računana prav tako od sadnje dalje, predstavljata po naših izkustvih najzgodnejši čas možnega izbruha fitoftore za sorto bintje, če so takrat izpolnjeni meteorološki pogoji.

Ekstremno zgoden pojav fitoftore je bil v letih 1961 in 1968, ko smo jo odkrili na nekaterih poizkusnih parcelah že 10. oziroma 11. junija. Pogostost prvega pojava fitoftore je bila na poizkusnem polju v Ljubljani v obdobju 1959-1968 največja v III. dekadi junija. Relativna pogostost prvega pojava fitoftore je znašala v I. dekadi junija 10%, v II. dekadi junija 20%, v III. dekadi junija 50% in v I. dekadi julija 20%.

Rezultati poizkusnih škropljenj so potrdili že znano dejstvo, da so škropljenja izrazita preventiva. V poprečju štirih let (1961, 1964, 1965, 1966) smo dobili na parcelah, ki smo jih prvič škropili pred

prvim pojavom fitoftore za 28 mtc/ha ali za 11% višji pridelek kot na parcelah, ki smo jih škropili šele potem, ko smo v nasadu že opazili fitoftoro.

Vprašanje je, kakšna je prednost meteoroloških kriterijev pred koledarsko metodo pri določanju škropljnih terminov.

Odgovor na to vprašanje so dala poizkusna škropljenja v zadnjih letih. V poprečju štirih let (1962, 1963, 1965, 1966) smo s škropljenji po meteoroloških kriterijih ustvarili za 24 mtc/ha ali za 10% višji pridelek kot po koledarski metodi. Najbolj problematično je pri koledarski metodi prvo škropljenje, ki ga je težko napovedati brez poprejšnje analize vremenskih pogojev v maju in juniju. Šele analiza vremenskih pokazateljev in fenološkega razvoja krompirja od vznika dalje nas opozori na možnost izjemno zgodnjega pojava fitoftore, to je že okrog 10. junija, in omogoči pravočasno prvo škropljenje v tistih izrazito fitoftornih letih, ki sicer niso pogosta, so pa zaradi škode, ki jo utegnejo povzročiti, toliko nevarnejša.

ZAKLJUČKI

1. Postova vremenska pravila "the temperature - humidity rule" za določanje škropljnih terminov so učinkovita tudi v naših podnebnih razmerah. V trinajstletnem obdobju poizkusnih škropljenj so v večini primerov zagotovila signifikantno višje pridelke pri sorti bintje. Ekonomski račun v celoti potrjuje uspešnost poizkusnih škropljenj. V poprečju 13 let se je povečal pridelek na škropljenih površinah (Post, f = 82%) bintja za 31%.
2. Najzanesljivejše rezultate je dalo škropljenje pri relativni vlagi zraka 80% in 82%. Škropljenje pri relativni vlagi 86% ni v nobenem primeru dalo signifikantno višjih pridelkov.
3. Škropljenje sorte merkur je dalo le izjemoma signifikantno višje pridelke, vendar je bilo v vseh primerih še ekonomsko utemeljeno.
4. Pokazalec 56 dni in temperaturna suma 800° C, ki ju registriramo od sadnje dalje, predstavljata po naših izkušnjah izhodiščni datum, od katerega dalje lahko pričakujemo pojav fitoftore, če so izpolnjeni drugi (meteorološki) pogoji.
5. Pomembnost prvega škropljenja potrjujejo pridelki v 4-letnem poprečju na enako tretiranih površinah bintja, vendar z različnim

datumom prvega škropljenja. Veliko prednost imajo preventivna škropljenja z začetkom pred prvim pojavom fitoftore.

6. Škropljenje po meteoroloških kriterijih je imelo v 4-letnem oprečju v vseh primerih prednost pred koledarsko metodo (škropljenje v 10-dnevnih razmakih ne glede na vreme). Največja pomanjkljivost slednje je v tem, da nima objektivnega kriterija za start, to je za določitev prvega škropljenja.

LITERATURA

- /1/ Uhlig S.: Das Problem der Phytophthora-Warnungen. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Band 99, Heft 2, Berlin 1955.
- /2/ Thran P.: Kartoffel-Kraut und Knollenfäule. Das Wetter in Schleswig - Holstein VI, Nr. 49 und 51, 1952, Verlag Meteorol. Amt Schleswig.
- /3/ Josifović M.: Poljoprivredna fitopatologija. Naučna knjiga, Beograd 1964.