



Matej Knapič, univ. dipl. inž. agr.

fertigacija





Z namakalno infrastrukturo opremljena kmetijska zemljišča so osnova, da se sploh lahko pogovarjamo o kvalitetno in časovno določeni pridelavi vrtnin in sadja. Pogled na negovano polje polno obilnih pridelkov je tisto, kar poplača trud kmeta in mu zagotovi zanesljivo prihodnost.

Ob poplavi aktualnih tem, ki so v žarišču pozornosti v obdobju sušnih let in napovedovanih klimatskih spremembah, se ponovno izkazuje nujnost po opremljanju kmetijskih zemljišč z namakalno infrastrukturo, kar je bilo v preteklih letih kar nekako potisnjeno v ozadje.

Na Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano poskušamo zagotoviti tudi podporo pri izobraževanju na področju pridelave zelenjave in sadja s tehnologijami namakanja kmetijskih zemljišč. Brošura, ki jo imate pred seboj, naj vam bo v pomoč pri razvoju in napredku. Želim vam uspešno delo!

*mag. Franc BUT
MINISTER*



Osnovni vir uspešnosti v današnji družbi sta znanje in informacije, ki prinašata spremembe in razvoj v naše življenje.

Nenehni izzivi sodobnih tehnologij nas utrjujejo v spoznanju, da v sodobnem svetu ni nič dokončnega in da na današnja in jutrišnja vprašanja ne zadostujejo včerajšnji odgovori.

Tega se zavedamo tudi na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, zato smo v sodelovanju s priznanimi slovenskimi strokovnjaki pripravili niz informacijsko izobraževalnih brošur z željo, da vam omogočimo informacije in nova spoznanja s področja namakanja in vas spodbudimo k uporabi le-teh pri vašem delu.

*Janja KOKOLJ PROŠEK
državna podsekretarka
vodja Sektorja za strukturno politiko in podeželje*

1. UVOD

Postopek, ko rastlinam hkrati z vodo dodajamo rastlinska hranila, imenujemo fertigacija. Fertigacija se je uveljavila predvsem z novejšimi tehnikami namakanja in je sestavni del intenzivnejših tehnik gojenja rastlin. Njen pomen je izjemno velik predvsem pri gojenju rastlin v zelo peščenih tleh, ki imajo majhno sposobnost vezave hranil. Nenadomestljiva je pri gojenju rastlin v zavarovanih prostorih, ko jih gojimo v rastnih substratih brez zemlje (hidroponika).

V našem prostoru fertigacija pogosto spremlja tehniko kapljičnega namakanja ali namakanje z mikrorazpršilci. Če je namakalni sistem pravilno načrtovan in vzdrževan, potem z obema prej omenjenima postopkoma namakanja dosežemo tudi najbolj enakomerno porazdelitev dodanih hranil.

Fertigacija se je uveljavila predvsem zaradi številnih prednosti, ki jih ima pred običajnim gnojenjem z mineralnimi gnojili.

Gnojenje rastlin skozi kapljični namakalni sistem omogoča dodajanje potrebnih hranil predvsem v območje korenin rastlin. Posamezno hranilo lahko dodajamo v poljubnih količinah v skladu s potrebami rastlin in rastnih razmer. Zaradi boljšega izkoristka dodanega hranila lahko zmanjšamo gnojenje in izpiranje določenih hranil, predvsem dušika. S fertigacijo pridobimo možnost dodajanja posamičnih hranil ali pa si sami pripravimo raztopino hranil z ustreznim razmerjem. Na ta način dobimo tudi večjo možnost nadzora nad gnojenjem, saj lahko prilagajamo količino in kemično obliko posameznega hranila talnim lastnostim in razvoju rastlin. Takšen nadzor in prilagodljivost nad izbiro oblike in količine gnojil potrebujemo predvsem pri hidroponskem načinu gnojenja rastlin ali pa v izjemno slabih talnih rastnih razmerah.

Kot rečeno, je intenzivnost in različnost fertigacijskih postopkov odvisna od načina gojenja rastlin in deloma tudi talnih lastnosti. To dejstvo je smiselno poudariti že v uvodu, saj v praksi prihaja velikokrat do napak, ko se prenašajo intenzivni fertigacijski "recepti" gnojenja rastlin iz okolij, kjer so rastne razmere drugačne in manj primerljive z našimi, oziroma se izkušnje s postopki gojenja rastlin v rastlinjakih nekritično uporabijo za pridelovanje rastlin na prostem. V naših rastnih razmerah je za pridelovanje rastlin na polju oziroma v trajnih nasadih najprimernejša in najbolj učinkovita kombinacija klasičnega gnojenja in fertigacije.

Prav tako je ena od odlik fertigacije znižanje stroškov aplikacije gnojila oziroma hranila, saj izkoriščamo za dovajanje hranil energijo vode za namakanje. Ta postopek je primeren predvsem, kadar uporabljamo različne vrste zastirk, kot so polietilenska folija, slama, lubje in podobno,

saj je namakalna cev položena pod zastirko in nemoteno dovaja hranila na mesto, kjer je to potrebno.

Za uspešno in učinkovito fertigacijo moramo poznati številne dejavnike. Njihovo poznavanje je tem bolj pomembno v ekstremnih rastnih razmerah in v razmerah, ko želimo imeti popolnoma proste roke pri izbiri in dodajanju posameznih hranil. V kolikor naše zahteve po svobodni izbiri posameznih hranil niso velike in če nimamo zahtevnih rastnih razmer, je potrebno splošno znanje za pridelovanje kmetijskih rastlin le malo nadgraditi. Pri zahtevnejši pridelavi je potrebno poznati:

- kemične lastnosti tal ali ravnega substrata in z njo povezano topnost in mobilnost posameznega elementa v tleh
- potrebe po posameznih hranilih v skladu z razvojem in vrsto rastlin
- osnovne kemične lastnosti posameznega gnojila (sposobnost mešanja z ostalimi gnojili, topnost-obarjanje, korozivnost sredstva) in
- osnovne kemične lastnosti vode za namakanje

Fertigacija kot način gnojenja ponuja številne možnosti, ki jih lahko prilagajamo našim potrebam ter znanju. Upamo, da bomo v nadaljevanju uspeli na razumljiv način predstaviti dejavnike, ki vplivajo na uspešnost fertigacije, kot tudi odgovoriti na vprašanje, katere so osnovne razlike med klasičnim gnojenjem z mineralnimi gnojili ter fertigacijo, kjer uporabljamo samo popolnoma vodotopna gnojila. Zaradi omejenosti prostora ne bomo podrobneje pisali o splošnih temah, ki so pomembne za gnojenje, zato je priporočljivo, da si uporabnik s slabšim znanjem o gnojenju predhodno poglobi znanje. Dober in razumljiv vir o gnojenju je knjiga prof. Mirka Leskoška z naslovom Gnojenje.

Večji del vsebine bo namenjen fertigaciji za pridelavo na prostem. Le bežno se bomo dotaknili fertigacije v zavarovanih prostorih.

POMEN TALNIH LASTNOSTI PRI FERTIGACIJI

Tla s svojimi kemičnimi, fizikalnimi in biotičnimi lastnostmi predstavljajo temelj za rast rastlin. Seveda lahko kmetovalec z ukrepi gnojenja, namakanja, obdelave tal in podobno vpliva na te lastnosti, a se osnovne lastnosti spreminjajo le počasi in z majhnimi koraki.

Osnovni principi za uspešnost gnojenja so skupni klasičnemu gnojenju kot tudi fertigaciji.

Gnojimo na podlagi kemične analize tal ter potreb rastlin po hranilih. Gnojenje lažje prilagajamo podnebnim razmeram in sorptivni sposobnosti tal oziroma sposobnosti tal za vezavo hranil. Kadar gnojimo na območjih s pogostimi padavinami in v lahkih peščenih tleh, kjer je sposobnost za vezavo hranil slabša, bomo praviloma gnojili z manjšimi enkratnimi

količinami gnojil, zato pa pogosteje. To še posebno velja v primerih, kjer je tudi vsebnost organske snovi majhna.

Glede na kislost tal je priporočljiva tudi izbira gnojila, saj z enostranskim gnojenjem lahko občutno spremenimo kislost tal (pH). V določenih razmerah pridelave na prostem, predvsem pa v pokritih prostorih, je pomembna uravnotežena prehrana rastlin z dušikom v amonijski (NH_4^+) in nitratni (NO_3^-) obliki. Preveč enostransko gnojenje z amonijsko obliko lahko povzroči povečano kislost v območju korenin, medtem ko je pri enostranskem gnojenju z nitratno obliko obraten proces in lahko prihaja do dviga pH vrednosti tal. Korekcijo kislosti (pH) tal opravimo z apnenjem tal in z dodatkom kalcijevega karbonata skozi namakalni sistem, saj bomo v primeru namakanja s kapljičnimi namakalnimi sistemi ogrozili njihovo delovanje zaradi mašenja kapljačev. O pomenu in vplivu pH vrednosti tal na dostopnost hranil se lahko zahtevnejši bralec seznaní v bolj specializirani literaturi.

Vplivi enostranskega gnojenja so večji v tleh s slabo puferno sposobnostjo in v primerih zelo intenzivne pridelave.

Naslednja pomembna lastnost tal, ki jo moramo poznati predvsem tam, kjer je voda za namakanje manj primerna, je vsebnost soli ali konduktivnost oz. električna prevodnost. Označujemo jo z EC (electrical conductivity), enote pa so podane v mili Siemensih (mS). Presežek soli v tleh se pojavlja predvsem na območjih z visoko temperaturo in kjer se za namakanje uporablja voda z visoko vsebnostjo Ca^{++} , Mg^{++} in Na^{++} . Pri nas so se primeri s presežki soli pojavili pri nekaterih pridelovalcih ob obali. V zadnjem času je opaziti zasoljevanje tal tudi drugod po Sloveniji, pri nekaterih intenzivnih, tržno usmerjenih gojiteljih, ki zelenjavo namakajo in intenzivno gnojijo (pridelava pod folijo, v plastenjakih in pri hidroponiki).. Zaradi velikega izhlapevanja se talna raztopina z veliko vsebnostjo soli pomika proti površju tal. Tam voda izhlapi in na površju tal ostanejo sledi soli. V ekstremnih primerih, kadar je v tleh in vodi prisotna velika vsebnost natrija, se struktura tal tako poslabša, da je močno zmanjša propustnost tal za zrak in vodo, saj se na površini tvori kot kamen trda skorja. V primerih, ko imamo težave s preveliko količino soli v tleh, je potrebno prilagoditi namakanje, saj je potrebno vzdrževati v tleh večjo vsebnost vlage. Prav tako je potrebno z večjimi količinami vode izpirati soli iz območja korenin. Več o pomenu vsebnosti soli bomo spregovorili v poglavju o pomenu kvalitete vode.

Nenazadnje je pomembna talna lastnost tudi tekstura tal, ki močno vpliva na premike vode v tleh. Kadar dodajamo z vodo tudi hranila, je njihova porazdelitev v tleh odvisna tudi od splošnih fizikalnih lastnosti tal. Velja splošno pravilo, da v peščenih tleh ne dosežemo tako velikih premikov vode (npr. od kapljača v namakalni cevi) kot v težjih, bolj glinastih tleh. Zato je v pešenih tleh tudi porazdelitev hranil manjša kot v težjih tleh.

Vpliv talnih lastnosti na porazdelitev vode in hranil v tleh pa zmanjšamo z dobrim načrtovanjem namakalnega sistema.

V nekaterih rastnih razmerah in v primerih, ko si pridelovalec sam sestavlja mešanico hranil, je potrebno poznati tudi sprejem posameznih hranil v rastlino, saj obstajajo različni mehanizmi sprejema hranil v rastlino. V nekaterih primerih lahko presežek nekega elementa ovira sprejem drugega hranila v rastlino, lahko pa je tudi obraten proces, da presežek enega hranila spodbudi sprejem drugega hranila.

Z naštevanjem in kratkimi opisi pomena lastnosti tal ter odnosov v sistemu tla, voda in rastlina, smo želeli le opozoriti na osnovne mehanizme, ki jih velja poznati. Nekatera znanja so dobrodošla pri vsakdanjem delu, medtem ko druga pridejo do izraza le v nekaterih pridelovalnih razmerah.

POMEN KAKOVOSTI VODE

Zelo pomembno vlogo pri namakanju ima kvaliteta vode. Ta je še posebej pomembna pri kapljičnih namakalnih sistemih, saj ima neposreden vpliv na življenjsko dobo namakalnega sistema.

Poznavanje kvalitete vode oziroma kemičnih lastnosti vode je zelo pomembno tudi za fertigacijo, tako pri pridelavi rastlin v zavarovanih prostorih kot tudi na prostem. Pomen kvalitete vode je večji pri pridelovanju rastlin v rastlinjakih, kot je na primer vzgoja sadik, a kljub vsemu splošno pomemben za dodajanje hranil z vodo.

Katere so tiste lastnosti, ki so pomembne za fertigacijo?

Kot prvo splošno merilo kakovosti vode je že v uvodu omenjena električna prevodnost ali konduktivnost. Z merjenjem električne prevodnosti vode posredno ugotavljamo količino raztopljenih soli v njej. S pomočjo električne prevodnosti vode posredno merimo tudi količino hranil v vodi, zato je nujno oziroma zelo priporočljivo, da ima vsak, ki se ukvarja s fertigacijo, napravo za merjenje električne prevodnosti. Mimogrede, naprava ni zelo draga in je cena običajno pod 10.000,00 SIT. Več o tem, kako uporabljamo električno prevodnost kot kontrolo fertigacije, bo govora v poglavju fertigacije.

Električno prevodnost merimo v Siemensih na meter (S/m) oziroma ker so običajno vrednosti električne prevodnosti vode majhne, jih podajamo v mS/cm. Električna prevodnost vode le posredno pove, koliko je raztopljenih mineralnih snovi v vodi. V vodi za namakanje ne sme biti prevelika vsebnost mineralnih snovi zaradi več razlogov. Ob preveliki vsebnosti kalcija, magnezija ter karbonatnega in bikarbonatnega iona,

obstaja večja nevarnost za nastanek oborin, ki zmanjšujejo pravilno delovanje namakalnega sistema. Hkrati pa njihova povečana vsebnost povečuje možnost kemične reakcije z določenimi oblikami dodanih hranil. Naslednje pomembno dejstvo, ki je v tesni povezavi s preveliko vsebnostjo soli v vodi, je moten sprejem hranil v rastlino in preskrba rastlin z vodo. Zaradi povečanega osmotskega potenciala vode ob veliki vsebnosti soli v talni raztopini, je voda rastlini manj dostopna, kar v praksi pomeni, kot da je voda v tleh manj. Če je mineralnih snovi preveč že v sami vodi za namakanje, potem se situacija še poslabša, ko dodamo potrebna hranila. V preglednici 1 so navedene vrednosti električne prevodnosti vode in z njo povezana primernost za namakanje. Iz vrednosti električne prevodnosti vode lahko z računom ocenimo skupno vsebnost raztopljenih soli v vodi (v ppm - delih na milijon ali pravilno pisano v mg/l) in sicer tako, da vrednost EC vode, podano v mS, pomnožimo s 640.

Preglednica 1: Primernost vode za namakanje glede na električno prevodnost (EC) oziroma posredno s skupno vsebnostjo soli v njej

Primernost za namakanje	EC mS/cm
Voda je primerna za namakanje	0 do 0,75
Voda ni primerna za namakanje brez zadržkov. V določenih primerih se lahko pokažejo negativni učinki pri rastlinah, ki so občutljive na slanost. Predvsem pri EC vrednostih zgornje meje razreda je potrebno prilagajati režim namakanja (izpiranje, vzdrževanje večje vsebnosti vlage v tleh). Potrebna je posebna pozornost.	0,75 do 1,5
Voda ima že takšno vsebnost soli, da neposredna uporaba povzroča škodljive učinke na večini gojenih rastlin in izdatno zaslanja tla. V kolikor ni drugih virov vode za namakanje, je potrebno redno izvajati ukrepe za zmanjševanje negativnih učinkov. Nujnost rednega izpiranja tal, dodajanja kislin ob namakanju in podobno. V naših razmerah je uporabnost vode take kakovosti močno vprašljiva in jo lahko uporabimo le v ekstremnih primerih, ko res ni drugih alternativ.	1,5 do 3
Voda je neprimerna za namakanje. Kljub vsemu se v določenih, s padavinami in vodo revnih razmerah (Bližnji vzhod, Avstralija, ZDA), uporablja za namakanje, ker ni drugih virov vode. Uporablja se pri vzgoji rastlin, ki so odporne na večje vsebnosti soli in ki rastejo na peščenih tleh.	3 do 7

Zelo pomembna lastnost kvalitete vode je trdota vode oziroma skupna bazičnost vode. Skupna bazičnost vode je podana s količino CaCO_3 v mg na liter (l) vode. Optimalna vrednost je med 60 in 100 mg/l.

Kislost vode oziroma pH vrednost vode je le posredno merilo za oceno primernosti vode za namakanje, saj z njo ne določimo količine nekaterih pomembnih ionov, kot so karbonatni in bikarbonatni ioni ter natrijevi, kalcijevi, magnezijevi ter železovi ioni. Manjšo primernost vode zaradi prevelike bazičnosti lahko omilimo z dodajanjem kisline namakalni vodi. Takšen ukrep je zelo pogost pri vzgoji sadik v rastlinjakih, ter tudi povsod tam, kjer ni primernejšega vira vode za namakanje. Količina dodane kisline je seveda odvisna od vsebnosti bazičnih ionov v vodi. Obstajajo že orientacijske tabele, kjer so navedene potrebne količine kisline, ki jo je potrebno dodati vodi z določeno vsebnostjo CaCO_3 . Količine dodane koncentrirane kisline na 1000 l vode so zelo majhne in znašajo največ 50 ml. Med kisljinami se najpogosteje uporabljajo dušična, fosforna in žveplena kislina. Klorovodikova oziroma solna kislina, je zaradi vsebnosti klorovega iona manj primerna.

Majhna vsebnost soli v vodi je potrebna tako zaradi ohranjanja delovanja namakalnih sistemov kot tudi zaradi zmanjšanja nevarnosti morebitnih kemičnih procesov, ki nastanejo ob dodajanju hranil. Bolj kot je voda neprimerna za namakanje, bolj moramo poznati kemizem vode in dodanih hranil. Nekaterim nezaželenim reakcijam se lahko izognemo že s pravilnim načinom gnojenja in z izbiro gnojila. Tako je naprimer večja vsebnost kalcija v vodi manj primerna za uporabo amonsulfata in deloma tudi ureae, saj se lahko tvorijo oborine, ki zamašijo kapljače. Prav tako se lahko ob veliki vsebnosti kalcijevih in magnezijevih karbonatov obarjajo dodani fosfati.

Če strnemo vsebino poglavja lahko zaključimo, da moramo poznati kvaliteto vode, ki jo uporabljamo za namakanje. Bolj, ko je voda neprimerna in bolj, ko si prilagajamo fertigacijo lastnim potrebam ter predvsem cenejši izvedbi, bolj moramo poznati, kako reagirajo med sabo kemične lastnosti vode in dodanih hranil. Nikakor pa ni namen vsebine tega poglavja, da uporabnika prestraši ali ga navede na misel, da mora imeti vsak, ki se ukvarja s fertigacijo, poglobljeno znanje kemije.

GNOJILA

Na začetku moramo poudariti, da niso vsa gnojila primerna za uporabo pri fertigaciji. Tako niso primerna granulirana mineralna gnojila, ki jih običajno uporabljamo pri gnojenju rastlin in so cenovno ugodnejša od gnojil primernih za fertigacijo. Osnovna lastnost, ki jo morajo imeti gnojila, ki jih uporabljamo za gnojenje skozi namakalni sistem, je njihova popolna vodotopnost, saj bi se sicer mašili kapljači ali pa bi velik del hranil ostal na filterni napravi za vodo. Zatem je zaželeno, da se gnojilo hitro raztaplja, da ne vsebuje snovi, ki bi kot netopni ostanek mašile namakalni sistem in da ne reagira s snovmi, ki so v vodi za namakanje.

Gnojila, ki jih uporabljamo, lahko delimo glede na agregatno stanje na tekoča in trdna, glede na zastopanost hranil v njih pa na enojna (če vsebujejo samo eno hranilo) in sestavljena (če vsebujejo več hranil).

Fertigacija, kot način gnojenja, se v zadnjih letih sicer širi, a kljub vsemu še ni popolnoma udomačena. Največ se uporabljajo trdna in sestavljena gnojila, manj pa enojna gnojila, ki bi jih pridelovalec uporabljal v skladu s svojimi potrebami. V državah, kjer je fertigacija močno razvita, pa je uporaba enojnih gnojil za vse tri makroelemente (N, P in K) zelo pogosta. To je velikokrat pogojeno tudi z različnimi talnimi in klimatskimi razmerami med pridelovalnimi okolji, saj je v tleh, ki imajo majhno sposobnost vezave hranil, potrebno te dodajati večkrat v manjših količinah. Za naše pridelovalne razmere je potrebno poudariti, da je za kmetovalca, ki redno namaka rastline, optimalna kombinacija založnega gnojenja z mineralnimi gnojili ter dodajanja enojnih ali tudi sestavljenih gnojil s fertigacijo glede na specifične potrebe določenih rastlin.

Obstaja veliko različnih gnojil, ki jih lahko uporabljamo v fertigaciji. Predvsem mislimo na gnojila, ki vsebujejo eno ali kvečjemu dvoje makrohranil. Med sestavljenimi gnojili seveda obstaja množica različnih vrst gnojil od različnih proizvajalcev, ki se med seboj razlikujejo po vsebnosti makro in mikro hranil ter po obliki posameznega hranila. Raba posameznih gnojil se razlikuje od države do države in je pogojena z različno tradicijo, pridelovalnimi pogoji in ekonomiko pridelave.

Pri nas je raba posamičnih gnojil majhna, še posebno v tekoči obliki. To je najbrž tudi posledica sorazmerno skromnega obsega pridelave zelenjave v rastlinjakih. V nadaljevanju bodo navedena najpogosteje uporabljena gnojila, več besed o posameznih gnojilih pa bomo posvetili le tistim, ki so v našem prostoru kolikor toliko aktualna.

Dušikova gnojila (N)

Najpogosteje uporabljena dušikova gnojila so urea, UAN, amonijev nitrat, amonijev sulfat, kalcijev nitrat, kalijev nitrat, kalcijev amonijev nitrat, mešanica uree in žveplene kisline in ponekod tudi tekoči amoniak, ki pa je zaradi visokih varnostnih zahtev ob njegovi uporabi ter potrebne posebne opreme manj primeren za fertigacijske namene.

Najpogosteje se v našem okolju pri fertigaciji uporabljajo urea, UAN, kalcijev in kalijev nitrat.

Urea ali sečnina vsebuje 46% N v amidni obliki. Se dobro topi. Med raztapljanjem se voda močno ohladi, kar je osnovni razlog nekoliko počasnejše priprave osnovne raztopine za gnojenje, še posebno, če pripravljamo zelo koncentrirano raztopino. Osnovna značilnost gnojenja

z ureo je, da njeno delovanje ni takojšnje, ampak se v tleh pod vplivom mikroorganizmov najprej razgradi in se preko procesa nitrifikacije prevede do končne, nitratne oblike. V ustrezni koncentraciji je primerna tudi za aplikacijo z razpršilci, saj je urea tudi učinkovito foliarno gnojilo, kar pomeni, da lahko rastline sprejmejo ureo tudi skozi liste.

Urea ne deluje korozivno na elemente namakalnega sistema.

UAN je gnojilo, ki je sestavljeno iz enakega deleža uree ter amonijevega nitrata. Vsebuje 30 utežnih % N. Polovica dušika je v amidni obliki, četrtina v amonijski ter četrtina v nitratni obliki. Je v tekoče gnojilo in zato zelo primerno za fertigacijo, saj je pripravljanje osnovne raztopine hitro in enostavno. Deluje korozivno na elemente namakalnega sistema, kar je potrebno upoštevati pri izvedbi fertigacije. Ima veliko specifično težo (približno 1,33 kg/l), kar je potrebno upoštevati pri odmerjanju, saj je na primer v 100 l UAN-a 40 kg N in ne 30 kg, kot bi lahko prehitro povzeli iz odstotka hranila v gnojilu. Je prav tako primeren za dognojevanje z razpršilci. Seveda je potrebno gnojilo nanesti na liste v neprevročem vremenu, da ne nastanejo ožigi in prevelike izgube zaradi izhlapevanja amoniaka.

Kalcijev nitrat, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, je gnojilo s 15,5 % N ter 19% Ca. Na trgu obstajajo različni proizvodi, ki se razlikujejo po svoji topnosti. Zato je potrebna pozornost pri uporabi gnojila, saj moramo pri fertigaciji uporabljati le popolnoma topno gnojilo. Kalcijev nitrat se tudi pri nas v večji meri uporablja za dognojevanje plodovk, kot so paprika, jajčevci, paradižnik in jagode.

Kalijev nitrat, KNO_3 , je gnojilo, ki vsebuje 13 % N in 46 % K_2O in bi ga morali zaradi večjega deleža kalija v njem uvrščati med kalijeva gnojila, vendar, ker ga pri nas v večji meri uporabljamo za dognojevanje z dušikom, smo ga uvrstili med dušična gnojila. Je primeren za gnojenje večine rastlin, še posebno v primerih, ko želimo dognojovati tako z dušikom kot tudi s kalijem. Primeren je za močno peščena tla, kjer je tudi izpiranje kalija večje ali pa v primerih, ko so tla slabše založena s kalijem.

Fosforjeva gnojila (P)

Dognojevanje s fosforjem preko namakalnega sistema je v naših razmerah manj primerno in predvsem predrago v primerjavi s klasičnim načinom gnojenja s PK gnojili ali s superfosfatom. V svetu se kot vir fosforja uporabljajo fosforna kislina, kalijev dihidrogen fosfat ter mono- in di-amon fosfat.

Fosforna kislina, H_3PO_4 , vsebuje 54 % P_2O_5 . Smiselna je uporaba v določenih mešanicah hranil v rastlinjakih in v primerih, ko z dodatkom

kislino znižujemo pH namakalne vode. Ne sme se uporabljati skupaj s kalcijevimi gnojili, saj prihaja do oborine kalcijeva fosfata, ki lahko zamaši namakalni sistem ali pa zmanjša njegovo funkcionalnost.

Kalijev dihidrogen fosfat, KH_2PO_4 , vsebuje 52% K_2O in 34% P_2O_5 . Primeren je predvsem v hidroponiki, to je za vzgojo rastlin s hranili raztopljenimi v vodi brez uporabe rastnih substratov, ki bi sami vsebovali potrebna hranila za rast rastlin.

Mono in di-amon fosfat, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, oziroma $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ z vsebnostjo hranil 8 ali 16 % N in 24 % P_2O_5 , je manj priporočljiv za gnojenje, kadar je namakalna voda trda oziroma vsebuje večje količine kalcija in magnezija, ker lahko prihaja do kalcijevih in magnezijevih oborin.

Kalijeva gnojila (K)

Kot vir kalija uporabljamo v fertigaciji predvsem kalijev nitrat, kalijev klorid ter kalijev sulfat. Kalijev nitrat smo predstavili že med dušikovimi gnojili. Kalijev klorid, KCl, je gnojilo, ki običajno vsebuje 60% K_2O . Je najcenejši vir kalija, a je njegova raba omejena zaradi prisotnosti klorida, na katerega so nekatere rastline občutljive.

Kalijev sulfat, K_2SO_4 , vsebuje 60% K_2O in 18% žvepla. Je primeren za gnojenje predvsem tam, kjer želimo tla obogatiti tudi z žveplom oziroma ne želimo s kalijem dodati klorida ali nitrata.

Ostala gnojila

V to kategorijo smo uvrstili vsa ostala gnojila, ki se redko uporabljajo pri fertigaciji na prostem.

Magnezijeva gnojila so sestavni del fertigacije v rastlinjakih pri vzgoji cvetja, v nekaterih primerih pa jih uporabljamo tudi širše. Predvsem se kot vir magnezija uporabljata magnezijev sulfat ter magnezijev nitrat.

Gnojila, ki vsebujejo samo mikrohranila so sestavni del gnojilnih programov pri fertigaciji v zavarovanih prostorih kot so rastlinjaki in plastenjaki, v določenih primerih pa jih uporabljamo tudi pri pridelavi na prostem. Kovine so običajno v kelatni obliki. Kelatna oblika ohranja dostopnost kovin tudi, ko ta pridejo v območje korenin. V tej obliki so primerna tudi za prehrano rastlin skozi liste. Na trgu obstajajo proizvodi, ki vsebujejo le eno ali dve mikrohranili ali pa celoten spekter. S tovrstnimi gnojili odpravljamo akutna pomanjkanja hranil v tleh, ali pa v določenih razmerah skušamo vplivati na izboljšanje kvalitete pridelkov.

NAPRAVE ZA DODAJANE GNOJIL IN KEMIKALIJ

Naprave za dodajanje gnojil hkrati z namakanjem, omogočajo bolj natančno odmerjanje hranil in ostalih kemikalij in to v veliko manjših odmerkih, kot pa je to običajno pri klasičnih postopkih gnojenja kmetijskih rastlin.

Obstajajo različne naprave za dodajanje gnojil, pesticidov in nekaterih kemikalij za vzdrževanje namakalnih sistemov. Glede na enakomernost dodajanja delimo naprave za injiciranje gnojil in ostalih snovi na tiste, ki dovajajo gnojila (hranila) v bolj ali manj enakih delih (proporcionalno) in tiste, pri katerih se koncentracija gnojila (hranila) med fertigacijo spreminja (neproporcionalno).

Nekatere naprave zahtevajo dodaten vir energije (elektrika, gorivo) in zaradi tega v nekaterih primerih niso uporabne tam, kjer ni dodatnega vira energije.

Ko izbiramo napravo za dovajanje gnojil, moramo že dobro poznati naše razmere in potrebe. Prvič, poznati moramo osnovne lastnosti namakalnega sistema. Na primer: namakalni sistem s prevelikim nihanjem pritiska in pretoka vode, ni primeren za določene izvedbe naprav za dodajanje gnojil. Po drugi strani se za vrsto naprave odločamo tudi glede potrebe po natančnosti doziranja gnojil ali kemikalij za vzdrževanje namakalnega sistema in tudi po tem ali naprava potrebuje zunanji vir energije za dodajanje gnojil v namakalni sistem. Na polju, kjer nimamo elektrike, ne moremo računati na dodajanje gnojil z električno črpalko. Naslednji pomemben dejavnik, ki ga upoštevamo pri izbiri naprave, je odločitev, ali bo naprava za dognojevanje vedno na enem mestu namakalnega sistema, ali jo bomo premikali na različne lokacije. Nekatere izvedbe naprav za dodajanje gnojil, kot so na primer večje fertigacijske cisterne, niso primerne za premikanje.

Fertigacijska cisterna (sistem bypass)

Glavna naprava, ki dovaja hranila v namakalni sistem v neenakomerni količini je fertigacijska cisterna. Ta je priključena na glavni vod namakalnega sistema z obodom (bypass) slika 1.

Naprava je enostavna za upravljanje, saj lahko v fertigacijsko cisterno enostavno dodamo celotno količino gnojila. Količina oziroma hitrost vode, ki teče skozi cisterno, je odvisna od tlačne razlike med priključkoma obvoda. Voda ob toku skozi fertigacijsko cisterno počasi raztaplja gnojilo oziroma razredčuje osnovno raztopino. Sprva je koncentracija gnojila velika, potem pa s časom koncentracija seveda pada in zaradi tega govorimo o neenakomernem dodajanju hranila. Kljub vsemu pa je takšno dodajanje gnojil zadovoljivo v mnogo primerih in je močno razširjeno predvsem pri fertigaciji na večjih pridelovalnih površinah. Naprava in njeno vzdrževanje sta sorazmerno poceni v primerjavi z natančnejšim

doziranjem gnojil. Hkrati je to edini način dodajanja gnojil v trdnem agregatnem stanju, ko nam gnojila ni potrebno predhodno raztopiti, saj se počasi raztaplja, ko teče voda skozi fertigacijsko cisterno. Če se odločimo le za takšen tip naprave dodajanje gnojil, potem skozi namakalni sistem ne bomo mogli dodajati sredstev za varstvo rastlin, saj le-to zahteva natančno doziranje.



Slika 1: Shema priključitve in delovanja fertigacijske cisterne

V zadnjem času so se pojavile izvedbe fertigacijskih cistern, ki omogočajo natančnejše dodajanje gnojil. Ta način bi lahko že uvrstili med enakomerno oziroma proporcionalno dodajanje hranil, čeprav ostajajo nekateri pomisleki. Od običajne fertigacijske cisterne se razlikuje v tem, da je potrebno dati v cisterno že pripravljeno osnovno raztopino (ni možna direktna uporaba gnojila v trdnem agregatnem stanju). Pred cisterno je nameščen regulator pretoka, ki skupaj z regulatorjem pritiska med točkama obvoda, skrbi za konstanten pretok vode skozi fertigacijsko cisterno.

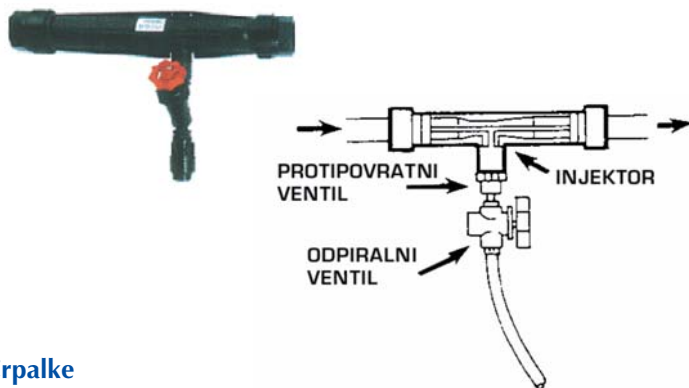
Venturi

Naslednja izvedba naprav za dodajanje gnojil so t.i. venturi cevi. Zasnovane so tako, da se na zožitvi (slika 2) ustvarja ob pretoku vode vakuum oziroma podtlak, ki omogoča črpanje osnovne raztopine gnojila. Naprava se priključi na namakalni sistem enako kot fertigacijska cisterna, z obvodom. Med točkama obvoda je potrebno namestiti regulator tlaka, saj le tlačna razlika omogoča, da del vode teče tudi skozi obvod. S tlačno razliko med točkama uravnava količino črpanja osnovne gnojilne raztopine. Seveda je pretok odvisen tudi od premera zožanega dela venturi naprave. Z osnovnim premerom venturijeve cevi je definirana tudi količina pretoka črpanja osnovne raztopine.

Dobre strani venturi cevi so sorazmerno nizka cena, enostavnost vzdrževanja in ob dobrih in stabilnih hidravličnih lastnostih namakalnega

sistema, tudi zelo enakomerno črpanje oziroma dodajanje hranil. Slaba stran pa je sorazmerno velik padec pritiska v sistemu, ki ga moramo ustvariti, če želimo imeti ustrezno veliko črpanje osnovne raztopine. Zatorej tam, kjer imamo težave z zagotavljanjem pritiska za nemoteno delovanje namakalnega sistema, venturi naprave niso primerne. Druga slaba lastnost je spremenjen obseg črpanja gnojila ob spremembi pritiska v namakalnem sistemu. Zato so venturi naprave manj primerne za takšne razmere, kjer pričakujemo velika nihanja v hidravličnih lastnostih namakalnega sistema. Dognojevanje z venturi sistemom je zelo pogosto pri mobilnih dognojevalnih napravah, saj je naprava majhna in lahka ter zato enostavna za premeščanje.

Slika 2:
Shema in slika venturi
naprave



Črpalke

Naslednji sklop naprav za injiciranje gnojil ter ostalih kemičnih snovi so različne izvedbe črpalk. Delimo jih na membranske in batne ter po viru energije, najpogosteje na električne in hidravlične (slika 3).

Črpalke enakomerno injicirajo gnojila v namakalni sistem. Enostavno lahko nastavimo tudi različno količino črpanja osnovne raztopine. Njihova slaba stran je predvsem cena. Črpalke so zelo primerne povsod tam, kjer potrebujemo enakomerno injiciranje gnojil, sredstev za varstvo rastlin in kemičnih snovi za vzdrževanje funkcionalnosti namakalnega sistema. Uporaba črpalk je pravilo vseh fertigacijskih sistemov v zavarovanih prostorih.

Posredno lahko izkoriščamo za fertigacijske namene tudi osnovno črpalko za črpanje vode za namakanje. Če namreč pred črpalko na sesalni vod spojimo tudi cev iz fertigacijske cisterne ter nanjo dodamo tudi zapiralni in protipovratni ventil, nam črpalka skupaj z vodo sesa tudi osnovno gnojilno raztopino. Ta način je manj primeren tam, kjer je potrebno dodajati kisline ali tam, kjer uporabljamo korozivna gnojila. Potrebno je skrbno upravljanje in tudi uporaba protipovratnih ventilov, da ne prihaja do kontaminacije vodnega vira.

Na koncu poglavja je potrebno spregovoriti še o tem, kje v namakalnem sistemu naj bi bila postavljena fertigacijska naprava. V literaturi ni enotnega mnenja o tem, kje naj bi bila lokacija fertigacijske postaje. Ali naj bo locirana pred osrednjim filtrom za namakanje ali za njim? Vzrok za različnost mnenj so različne razmere, ki se jim moramo prilagoditi in so v povezavi z lastnostmi namakalnega sistema, s kvaliteto vode in uporabo različnih gnojil. Tako je na primer priporočljivo, da ob dodajanju gnojil s fertigacijsko cisterno, le ta stoji pred osrednjim filtrom. Na ta način preprečimo, da bi morebitno slabše raztopljeno gnojilo lahko povzročilo mašenje namakalnega sistema. Prav tako je priporočljivo, da ob uporabi enojnih in zelo različnih gnojil, fertigacijsko postajo lociramo pred filtrom. Isto velja, če uporabljamo za namakanje vodo, ki ima slabe lastnosti in je na robu primernosti in obstaja nevarnost nastanka oborin. V slučajih, ko uporabljamo preizkušena gnojila in ob primernih lastnostih vode za namakanje ter ob uporabi naprav za injiciranje gnojil, ki omogočajo dobro regulacijo, pa je primerno, da je fertigacijska postaja blizu pridelovalnih površin.



Slika 3: Hidravlična črpalka na poskusu fertigacije paprike

TOPNOST IN ZDRUŽLJIVOST GNOJIL

Kot smo že omenili pri fertigaciji uporabljamo samo 100% vodotopna gnojila, saj so hranila v takšni obliki, da se popolnoma raztapljajo in ne vsebujejo netopnih ostankov, ki bi mašili namakalni sistem oziroma uporabljamo gnojila v tekoči obliki. Zakaj je potem sploh smiselno govoriti o topnosti gnojil? Zaradi tega, ker je osnovno pravilo pri fertigaciji, da pripravimo osnovno raztopino gnojila in jo z napravami za dodajanje gnojil v ustreznih količinah dodajamo vodi za namakanje. Gnojila se med seboj razlikujejo v topnosti. Razlika v topnosti ni zelo opazna, če je osnovna raztopina že razredčena. V kolikor pa želimo v osnovni raztopini čim bolj koncentrirano obliko gnojila, pa je razlika v topnosti med posameznimi gnojili velika. Te razlike se še povečajo, če združujemo več različnih gnojil v osnovni raztopini. Podatek o topnosti gnojila je pomemben predvsem iz dveh razlogov. Prvi razlog je ocena časa, ki je potrebna, da raztopimo določeno količino gnojila. Ta se ustrezno podaljša s povečanjem koncentracije, saj se hitrost raztapljanja gnojila manjša z večanjem koncentracije. Drugi razlog pa je povezan s velikostnim redom koncentracije gnojila v osnovni raztopini. Namreč, kadar fertigiramo večje površine, bi potrebovali večji volumen za pripravo osnovne raztopine, če bi bila koncentracija gnojila v osnovni raztopini majhna. Če sicer malo bolj razmislimo, so tovrstni problemi v naši posestni strukturi manj verjetni.

Velikokrat se ob raztapljanju določenega gnojila osnovna raztopina močno ohladi, ker se porablja toplota vode za raztapljanje. Ta lastnost seveda močno vpliva na hitrost priprave osnovne raztopine gnojila. Takšna gnojila so recimo urea, amonijev sulfat, amonijev nitrat, kalijev in kalcijev nitrat ter še nekatera ostala.

Glavno pravilo pri pripravi osnovne raztopine hranil (enakovreden izraz je tudi založna raztopina gnojila) je, da v kontejner za pripravo osnovne raztopine natočimo približno polovico vode. Nato v tej polovici vode počasi raztopimo celotno količino gnojila oziroma mešanice gnojil in dodamo preostalo količino vode.

V preglednici 2 so navedene nekatere lastnosti raztapljanja gnojil. Vrednosti smo povzeli iz dveh različnih virov in so običajno podane za temperaturo vode 20°C. Če je voda bolj topla, se topnost poveča in obratno, če je hladnejša se topnost zmanjša. V naši praksi se močno koncentriranih založnih raztopin običajno ne pripravljajo, ampak se pripravi približno 10 do 20% osnovna raztopina gnojila. Običajno je že priprava tako koncentrirane raztopine zelo zamudna, saj se gnojilo le počasi raztaplja. Priprava popolnoma nasičenih mešanic je dolgotrajen proces.

Preglednica 2: Največja količina gnojila raztopljenega v litru vode pri 20 °C (vir Montag, 1999 ter Burt in sod.,1995)

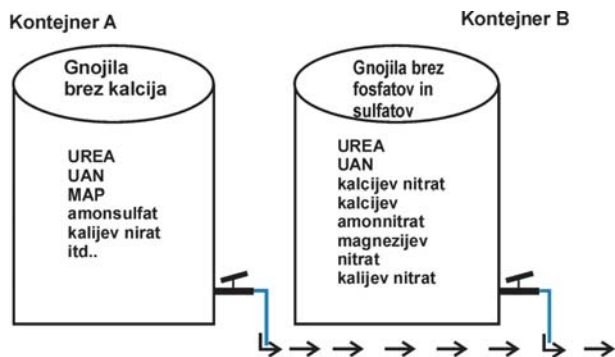
* topnost podana pri nižji temperaturi

Gnojilo (N: P ₂ O ₅ : K ₂ O)	Topnost v g/l
urea (46:0:0)	510
kalcijev nitrat (15,5:0:0)	1200
amonijev nitrat (34:0:0)	660
amonijev sulfat (21:0:0)	710*
mono amonfosfat (12:61:0)	370
kalijev klorid (0:0:60)	350
kalijev nitrat (13:0:46) - Multi K	330
kalijev sulfat (0:0:50)	100
magnezijev sulfat	710
magnezijev nitrat (10,8:0:0)	2400

Združljivost gnojil je zopet naslednje poglavje fertigacije, ki ga moramo poznati. Gnojila imajo svoje kemične lastnosti in jih z mešanjem lahko spremenimo do te mere, da niso primerne za uporabo v fertigaciji. Tako recimo postane založna raztopina z mešanjem kalcijevega nitrata in UAN-a motna in nastanek oborine predstavlja nevarnost za zamašitev kapljičnega namakalnega sistema.

Eno izmed splošnih pravil o mešanju oziroma združevanju različnih gnojil je ta, da gnojil, ki vsebujejo soli fosforne ali žveplene kisline, nikoli ne mešamo v istem kontejnerju, kjer smo pripravili založno raztopino, s kalcijevimi gnojili. Če tega pravila ne upoštevamo, se tvori oborina kalcijevega fosfata ali kalcijevega sulfata.

V preglednici 3 je prikazano, kakšna je združljivost nekaterih gnojil. Sicer pa se lahko izognemo posledicam tako, da v prvi kontejner z založno raztopino zmešamo takšna gnojila, ki ne vsebujejo kalcija in magnezija, medtem ko v drugem kontejnerju ne dodamo gnojil, ki bi vsebovala fosfate ali sulfate (slika 4).



Slika 4: Skica pravilnega zaporedja dodajanja gnojil

Če ne poznamo kemičnih lastnosti gnojil, ki jih združujemo, je najbolj primerno, da naredimo test s "časo". V časo dodamo enako koncentracijo gnojil, kot jih želimo imeti v osnovni raztopini ter počakamo uro do dve. Če se ne pojavi motnost ali vidna oborina na dnu čaše, potem lahko gnojila združimo. Enak test naredimo v razredčenem stanju za primer, ko dognojujemo iz dveh različnih osnovnih raztopin in na ta način preverimo možnost nastanka oborine v namakalnem sistemu.

Pri pripravljanju založne raztopine moramo upoštevati nekatera splošna pravila zaradi lastne varnosti in zaradi ohranjanja dolgotrajne funkcionalnosti namakalnih sistemov.

Omenili smo že način priprave osnovne raztopine, kjer vedno dodajamo, postopoma in ob mešanju, gnojilo v polovico do dve tretjini končne količine vode. Nikoli ne smemo dodajati vode k gnojilom ali kemikalijam za vzdrževanje namakalnega sistema. Nikoli ne smemo mešati klora, ki ga uporabljamo za vzdrževanje namakalnega sistema, s kislimi gnojili ali celo s kislino. Upoštevati moramo združljivost gnojil in če je ne poznamo, naredimo test s časo. Pozorni moramo biti na deklarirano vsebnost hranil v gnojilu in toplotnost gnojila.

Preglednica 3: Združljivost nekaterih gnojil (Montag, 1999)

Gnojilo	urea	AN	AS	CaN	MAF	KN	MgN	Pf
urea		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
amonijev nitrate (AN)	Z		Z	Z	Z	Z	Z	Z
amonijev sulfat (AS)	Z	Z		OZ	Z	OZ	Z	Z
kalcijev nitrate (CaN)	Z	Z	OZ		N	Z	Z	N
mono amonfosfat (MAF)	Z	Z	Z	N		Z	N	Z
(multi K) kalijev nitrat (KN)	Z	Z	OZ	Z	Z		Z	Z
magnezijev nitrat (MgN)	Z	Z	Z	Z	N	Z		Z
Polyfeed gnojila - blagovna znamka								
kompleksnih vodotopnih gnojil (Pf)	Z	Z	Z	N	Z	Z	Z	

Z-združljiva; OZ-omejeno združljiva; N-nezdružljiva

DODAJANJE NEKATERIH KEMIČNIH SNOVI ZA VZDRŽEVANJE KAPLJIČNIH NAMAKALNIH SISTEMOV TER SREDSTEV ZA VARSTVO RASTLIN

Čeprav dodajanje nekaterih kemičnih sredstev, ki pomagajo pri vzdrževanju funkcionalnosti kapljičnih namakalnih sistemov kot tudi dodajanje nekaterih sredstev za varstvo rastlin, nima neposredne povezave s fertigacijo, pa zaradi podobnosti postopkov z dodajanjem gnojil, to temo tudi vključujemo med izbrane vsebine fertigacije. Osnovni predpogoj dolgotrajne življenjske dobe kapljičnih namakalnih sistemov je poleg dobrega načrtovanja in upravljanja tudi redno vzdrževanje sistema.

Navkljub zadovoljivi filtraciji se lahko srečamo s številnimi dejavniki, ki mašijo namakalni sistem in ovirajo njegovo pravilno delovanje. Vzroki mašenja kapljačev so:

- prisotnost alg in bakterij v sistemu. Čeprav je rast alg v neprosojnih ceveh zelo težka, se včasih lahko razmnožujejo v kapljačih in jih na ta način zamašijo
- kalcijeve in magnezijeve oborine
- vrast korenin v pogreben kapljač (podzemno kapljično namakanje)
- ter v nekaterih specifičnih primerih železovi in manganovi oksidi in sulfidi

V praksi vladata dva različna pristopa pri vzdrževanju dobrega in dolgotrajnega delovanja namakalnega sistema.

Prvi koncept je okolju bolj prijazen in tudi cenejši. Temelj je dobro načrtovanje filtracije vode ter izvajanja ukrepov, ko se pojavijo prvi znaki nevarnosti mašenja kapljačev. Vseskozi moramo skrbeti za pravilno delovanje, za redno izpiranje namakalnih cevi in za redni nadzor nad delovanjem sistema. S kemikalijami, ki omogočajo sprostitvev kapljača, pa reagiramo šele, ko opazimo prve znake slabšega delovanja namakalnega sistema

Drug, zelo intenziven pristop je, da v razmerah, kjer obstaja nevarnost mašenja namakalnega sistema, dodajamo kemikalije že preventivno in s tem preprečujemo, da bi se zmanjšala pretočnost kapljačev. Takšen koncept ima sicer svojo logiko, saj v primeru, ko so kapljači že močno zamašeni, jih tudi z vnosom kemikalij težko odmašimo.

Katere kemikalije uporabimo, če se nam zmanjša kapaciteta namakalnega sistema, je odvisno od vzroka zamašitve. V primeru, ko se namakalni sistem maši zaradi organskih snovi oziroma bakterij in alg, uporabljamo klor. Klor je namreč močan oksidant in "sežge" organske snovi. Viri klora, ki jih uporabljamo za higieno namakalnih sistemov, so različni, še največ se uporablja natrijev in kalcijev hipoklorit. Ponekod je razširjeno tudi injiciranje klora v plinski obliki. Koliko klora je potrebno dodati, da se obnovi zeleno delovanje namakalnega sistema, je odvisno od količine bakterij, alg ter organskih snovi v namakalnem sistemu. Bolj kot skupna količina klora je pomembna količina prostega klora. Če dodajamo klor vodi sproti ob vsakem namakanju, potem zadostuje že 1 mg/l prostega klora v vodi. V kolikor pa rešujemo večje nepravilnosti, pa spustimo v sistem takšno količino klora, da je v vodi prisotno 10 do 20 mg/l prostega klora. Namakanje takrat prekinemo za pol ure do uro ter nato pričnemo z namakanjem, da izperemo klor in raztopljeno umazanijo. V izjemnih primerih odmerimo še večje koncentracije. Ob dodajanju klora moramo vodo zakisati do pH vrednosti 6,5, saj je učinkovitost klora povezana s pH vrednostjo vode.

Dodajanje klora ni brez posledic, saj so nekatere rastline, kot so na primer jagode, občutljive na povečane vrednosti klora v tleh. Veliko pametneje in boljše za okolje ter v končni fazi tudi za denarnico je, da investiramo v ustrezno napravo za filtriranje vode. Pri uporabi klora moramo biti posebno previdni, saj je močno reaktiven in se lahko ob stiku s kislino tvori strupen plin klora.

Primer izračuna, kolikšno količino raztopine natrijevega hipoklorita je potrebno dodati za zeleno koncentracijo prostega klora v namakalnem sistemu:

$$N = \frac{Kx Dx Q}{\%OCI}$$

kjer je:

- N = potrebna količina dodajanja osnovne raztopine natrijevega hipoklorita v litrih na uro
- K = 0,36 faktor
- D = želena količina prostega klora v namakalnem sistemu v ppm oziroma mg/l
- Q = pretok namakalnega sistema v litrih na sekundo
- %OCI = koncentracija hipoklorita v osnovni raztopini

Čeprav je lahko kislina tudi razkuževalno sredstvo, pa je uporaba kisline povezana predvsem z raztapljanjem oblog kalcijevega in magnezijevega karbonata oziroma železovih in manganovih oborin ter uravnavanja pH vrednosti vode. Uporabljajo se lahko sulfatna, fosforna in dušična kislina. Še največ omejitev ima raba fosforne kisline v vodah z velikim deležem kalcija, saj lahko pride do nastanka oborine kalcijevega fosfata. Za določitev, kolikšno količino kisline je potrebno dodati vodi za znižanje pH, ni posplošenega recepta in je potrebno narediti praktičen preizkus na konkretnem vzorcu vode. Vsekakor se vodi doda nekaj ml do največ nekaj deset ml kisline k enemu m³ vode. Pri dodajanju kisline je potrebno poudariti, da kislina deluje korozivno na elemente namakalnega sistema, zato je priporočljivo, da se kislina injicira v sistem na mestu za filterno napravo.

Pri podzemnih kapljičnih namakalnih sistemih se lahko pojavi problem vraščanja korenin v kapljač. Ta problem rešujemo s pravilno izbiro namakalnih cevi ter s pravilnim gnojenjem in namakanjem. Ob pogostem namakanju in gnojenju je priporočljivo, da se vsaj enkrat tedensko spirajo namakalne cevi, zaradi tega, da ne ostajajo hranila v namakalni cevi, ker bi spodbudila vraščanje korenin. Hkrati pa izpiranje odstrani vse netopne ostanke, ki se prebijajo mimo filtra in ki padejo po koncu vsakega namakanja na dno cevi. Vraščenje korenin pa ponekod preprečujemo tudi z aplikacijo herbicida z aktivno snovjo trifluralin.

Vse kemikalije dodajamo v nizkih koncentracijah skozi naprave za dodajanje gnojil.

PRIPRAVA GNOJIL TER TEHNOLOGIJA GNOJENJA

Če v poglavju o topnosti in združljivosti gnojil smo spregovorili nekaj besed o pripravi gnojil za gnojenje s fertigacijo. Na tem mestu si bomo ogledali poleg vprašanja o pripravi osnovne oziroma založne gnojilne raztopine, tudi na kakšen način lahko dodajamo gnojila.

Kadar imamo večje pridelovalne površine, ki jih gnojimo z osrednjo fertigacijsko postajo, potrebujemo čimbolj koncentrirano založno raztopino gnojila. Razlog za veliko koncentracijo gnojila v založni raztopini je, da želimo imeti čim manjši volumen cistern oziroma kontejnerjev, od koder zajemamo gnojilo in ga v ustreznih odmerkih dodajamo v namakalni sistem.

Kot primer, če bi pripravljali samo 10% raztopino gnojila in ga redčili z namakalno vodo v razmerju 1:100 (1%), bi potrebovali zelo velik kontejner, kjer bi pripravljali založno raztopino. Če bi bilo potrebno pognojiti 3 hektarje s 15 kg dušika in bi gnojilo imelo 15% tega hranila, bi potrebovali za pripravo osnovne raztopine 3000 l velik kontejner. Če smo realni, v Sloveniji nimamo prav velikokrat tovrstnih problemov, saj je naša posebna struktura drobno razdrobljena, parcele (njive) pa zato majhne.

Koncentracijo gnojila v osnovni raztopini prilagajamo tudi tehničnim lastnostim naprave za dodajanje gnojil, saj je obseg razredčevanja založne raztopine gnojila različen pri različnih napravah. Nekatere naprave kot je venturi, terjajo kar nekaj izkušenj in pozornosti, saj sta črpanje in s tem povezana razredčitev, odvisna od tlačne razlike med točkama obvoda.

Kolikšna naj bo končna koncentracija gnojila v namakalnem sistemu? Običajna vrednost je 1 do 2 g gnojila v litru namakalne vode. Koncentracijo gnojila prilagajamo talnim razmeram, razvojni fazi rastlin kot tudi vrsti gnojila in načinu dodajanja gnojila. V zgodnjih razvojnih fazah rastlin so priporočljive nižje koncentracije gnojila, medtem ko lahko koncentracijo povečujemo, ko je rastlina že popolnoma razvita. Prav tako moramo paziti na koncentracijo in vrsto gnojila, če dognojujemo z razpršilci, saj prevelika koncentracija oziroma neprimerno gnojilo, lahko povzroči ožige na listih ali celo propad rastlin.

Koncentracija gnojila je lahko večja tudi v zelo vlažnih tleh.

Nikoli pa naj koncentracija ne preseže 5 g gnojila na liter.

Z oziroma na koncentracijo in čas dodajanja gnojila ločimo tri načine fertigacije:

- kot kontinuiran način fertigacije označujemo fertigacijo, kjer dodajamo skozi celoten namakalni cikel enakomerno količino

gnojila, ne glede ali so v namakalnem sistemu kakšne razlike v količini namakanja;

- proporcionalen način dodajanja gnojil je takšen, kjer se vzdržuje stalna koncentracija gnojila v namakalni vodi. Tako se pri morebitnem nihanju količine dodane vode v ciklusu namakanja skladno spreminja tudi količina dodanega gnojila. Takšen način fertigacije imamo na primer, ko gnojila dodajamo s hidravlično črpalko;
- tretji način je kvantitativen. Pri tem načinu fertigacije je pomembna točno določena količina gnojila, ki jo dodamo na določeno površino, medtem ko se lahko koncentracija med fertigacijo tudi spreminja. Takšen način fertigacije je značilen za dodajanje gnojila s fertigacijsko cisterno. V nekaterih primerih, predvsem pri rastlinjakih, pa se aplicira neposredno, že ustrezno razredčena količina gnojila neposredno na določeno površino.

Poleg koncentracije hranila in načina dodajanja gnojil je zelo pomemben dejavnik, ki ga veliko pridelovalcev prezre, tudi čas poti gnojila od fertigacijske postaje pa do najbolj oddaljenega kapljača ali razpršilca. Voda in tudi v njej raztopljena gnojila se še posebno v namakalnih ceveh s kapljači, počasi premikajo. Hitrost je odvisna od kapacitete kapljačev ter premera namakalne cevi. Čas poti za recimo 100 m dolgo namakalno cev lahko traja več kot 20 minut. S tehničnimi lastnostmi namakalnih cevi se moramo seznaniti že ob nakupu. Zakaj je potrebno poznati čas poti hranila? Če ne upoštevamo časa poti, ki ga mora opraviti hranilo do najbolj oddaljenega kapljača ali razpršilca, bomo gnojila dodali neenakomerno in bo pridelek neizenačen. Namreč, če prenehamo z namakanjem takoj, ko se porabi osnovna raztopina gnojila, bodo kapljači ali razpršilci, ki so blizu fertigacijske postaje dobili neprimerno več gnojila. Ker ni več toka vode, ki bi porival vodo z raztopljenimi gnojili, izteče namakalna voda z raztopljenimi gnojili skozi kapljače na mestu, kjer se gnojilo nahaja. V primeru, da je pot hranila od fertigacijske postaje do zadnjega kapljača 30 minut in v kolikor je trajal celotni ciklus fertigacije 1 uro, dobi zadnji kapljač polovico manj hranil, če prenehamo namakati takoj, ko se porabi zadnji liter založne raztopine. S takšnim gnojenjem dobijo rastline, ki so bližje fertigacijski postaji preveč hranil, na sredini njive so pravilno prehranjene in tiste na robu odločno premalo. Kot je razvidno iz tega primera, s takšnim gnojenjem zmanjšujemo pridelek, izenačenost, kvaliteto (saj je zdravstveno stanje z dušikom preveč prehranjenih rastlin slabše), prav tako pa je manjši skupni pridelek.

Če v poglavju o kvaliteti vode smo omenili možnost posredne kontrole prisotnosti gnojila v namakalni vodi s priročno napravo za merjenje električne prevodnosti raztopin. Ali je v vodi še prisotno gnojilo ugotavljamo tako, da najprej izmerimo električno prevodnost vode za namakanje, ki še ne vsebuje gnojila. Takoj za fertigacijsko postajo

vzamemo iz namakalnega sistema vzorec vode (v sistem je smiselno vgraditi dodaten ventil) in izmerimo električno prevodnost vzorca, ki je na tem mestu že mešanica raztopine gnojila in namakalne vode. Izmerjena vrednost mora biti seveda višja od vrednosti električne prevodnosti čiste vode za namakanje, izjema je lahko samo, kadar gnojimo z ureo, UAN-om ali podobnimi gnojili, kjer hranila niso v ionski obliki. Poti hranila sledimo tako, da vzamemo vzorec na zadnjem kapljaču ali razpršilcu v liniji in izmerimo električno prevodnost raztopine. Če ne poznamo približnega časa za pot gnojila do konca namakalne linije, potem vmes kontroliramo električno prevodnost raztopine tudi na srednjem delu namakalne linije. Ko je električna prevodnost merjene raztopine na koncu in sredini namakalne linije enaka prevodnosti čiste vode za namakanje, je vso gnojilo, ki smo ga dodali v namakalni sistem, že prešlo v tla ali rastni substrat. Predvsem v kapljičnih namakalnih sistemih je pomembno, da nadaljujemo z namakanjem še nekaj minut po koncu fertigacije, da res izperemo vsa hranila iz namakalnega sistema in neposredne bližine kapljačev. Takšen ukrep je nujen predvsem pri podzemnih kapljičnih sistemih, saj bi sicer lahko korenine vraščale v kapljač zaradi ostankov hranil v sistemu.

Dobro načrtovan namakalni sistem je predpogoj za uspešno in predvsem enakomerno dodajanje hranil s fertigacijo. Če naredimo napako pri načrtovanju ali izvedbi namakalnega sistema, in nimamo ustrezno izenačenega iztoka vode iz kapljačev ali razpršilcev, potem tudi ne moremo pričakovati enakomernega dodajanja hranil, zato je lahko povzramo, da je v slabih namakalnih sistemih slaba in neuspešna tudi fertigacija.

Pomembna je tudi porazdelitev vode v tleh in seveda v njej raztopljenih hranil. Pri kapljičnih sistemih stremimo, da omočimo čim večji volumen tal in da na ta način omogočimo prehrano tudi ustrezno velikemu volumnu koreninskega sistema rastlin. Velikost omočenega volumna je odvisna od talnih lastnosti in kapacitete kapljačev. Pri gibanju vode v tleh je zelo pomembna tudi začetna vlaga v tleh, saj je pomik vode v vse strani večji ob večji vsebnosti vlage v tleh. Zato mnogi uporabniki uporabljajo naslednji način fertigacije: najprej pričnejo z namakanjem, da dvignejo nivo vlage v tleh, nato začnejo s fertigacijo ter po končani fertigaciji zaradi zgoraj omenjenih razlogov nadaljujejo z namakanjem. Časovno naj bi bila poraba časa po fazah sledeča: četrtnina za namakanje, polovica za fertigacijo in zopet četrtnina časa za končno namakanje. Takšen pristop k fertigaciji je v principu dober, če uporabnik ne zna ali ne more meriti niti začetne vlage v tleh niti ne ve, kolikšen čas je potreben za pot hranila do konca namakalne linije. Vsekakor pa je ta način preveč splošen, da bi ga lahko brez zadržkov sprejeli, saj obstaja velika možnost, da prihaja do izgub hranil zaradi prevelike količine dodane vode.

FERTIGACIJA

Bralcu v tem poglavju ne bomo postregli z recepti gnojenja za posamezno kulturo, ampak predstavili le dejavnike, ki vplivajo na izbiro in prilagoditev gnojenja. Govora bo predvsem o fertigaciji pri pridelavi rastlin na prostem. Vsak pridelovalec si želi, da z gnojenjem doseže dobre pridelke, a hkrati porabi za gnojila čim manj denarja. Ta cilj je dosegljiv predvsem z znanjem. Za doseg cilja potrebujemo znanja o potrebah rastlin po določenih hranilih v skladu z njihovim razvojem, o vplivu talnih lastnosti na vezavo hranil ter o lastnostih posameznega hranila in gnojila.

Fertigacijo uporabljamo v različno intenzivnih pridelavah kot so: vzgoja sadik v rastlinjakih, pridelava rastlin v rastlinjakih na tleh in v nezemeljskih rastnih substratih ter pridelava rastlin na prostem. Rastne razmere so v teh pridelavah zelo različne. Gnojenje zelenjave v nezemeljskih rastnih substratih se razlikuje od pridelave zelenjave na prostem. V nekaterih pridelovalnih območjih, kot je to primer v nekaterih predelih Izraela, Avstralije in ZDA, se pridelovalne razmere med naštetimi načini zblížajo, saj so neredko v rabi tla s slabo sposobnostjo za zadrževanje hranil, hkrati pa je dodajanje vode zelo intenzivno, zato je intenzivnost dodajanja hranil s fertigacijo velika tudi pri pridelavi na prostem. In prav v tem dejstvu tiči razlog, da prihaja velikokrat do priporočil za zelo intenzivno fertigacijo z vsemi hranili tudi za pridelavo rastlin na prostem. Ker so specialna gnojila za fertigacijo draga, takšen pristop gnojenja rastlin v našem prostoru zmanjšuje ekonomičnost pridelave. V naših pridelovalnih razmerah je pri pridelavi rastlin na prostem fertigacija predvsem odlično dopolnilo klasičnemu gnojenju z mineralnimi gnojili. Razloge za to trditev si bomo ogledali v nadaljevanju.

Tla ne služijo rastlinam zgolj za oporo pri rasti, ampak predstavljajo za rastline skladišče, kjer so shranjena tudi hranila, voda in zrak. Talne lastnosti odrejajo, kolikšno količino hranil, vode ali zraka so sposobne zadržati oziroma skladiščiti in kako so te pomembne sestavine rastlinam dostopne.

Znano je, da lahka, peščena tla, niso zelo uspešna pri vezavi hranil ter vode, zato je v izjemno lahkih tleh, smiselno dodajati hranila pogosto in v manjših količinah.

Teksturno težja tla, z večjo vsebnostjo gline, pa imajo večjo sposobnost zadrževanja hranil in vode. Tem osnovnim dejstvom lahko prilagajamo tudi gnojenje.

Poleg talnih lastnosti so za vezavo hranila pomembne tudi kemične lastnosti hranila. Določena hranila tla lažje zadržijo in skladiščijo, medtem ko so druga bolj mobilna in se iz tal tudi izpirajo.

Naslednji moment, ki ga moramo upoštevati pri gnojenju rastlin, je tudi sprejem hranil v rastlino. Določena hranila prehajajo v rastlino na lažji način in se lahko v rastlini tudi akumulirajo, če je hranilo prisotno v talni raztopini v večjih količinah (npr. nitrat). Če upoštevamo zgornja dejstva, bomo z gnojenjem uspeli povečati pridelke, hkrati pa bomo preprečili čezmerno onesnaževanje okolja ter negativni vpliv na kvaliteto pridelkov.

Kakšna je vsebnost hranil v tleh nam lahko pove le kemična analiza tal. Zatorej moramo poznati sliko stanja hranil v tleh. Ker se količina osnovnih makro in mikro hranil v tleh ne spreminja v zelo hitrem času, je pomembno, da obnavljamo kemično analizo tal vsake 4 do 5 let. Zelene vsebnosti K_2O in P_2O_5 v obdelovalnem sloju tal so enake kot so priporočila za dobro založenost poljedelskih tal.

Za veliko večino tal našega prostora in z njo povezano pridelavo rastlin lahko rečemo, da je najceneje in tudi učinkovito dodajanje fosforja in kalija z mineralnimi gnojili, kot je bilo uveljavljeno v praksi že dosedaj. Za fosfor je značilno, da se tudi v zelo peščenih tleh slabo premešča iz obdelovalnega sloja. Ker je tudi sprejem fosforja v rastlino postopen, lahko z njim gnojimo na zalogo, seveda s skladi z navodili za gnojenje, ki temeljijo na analizi tal. To pomeni, da lahko celoletno potrebo po fosforju nadomestimo z enkratno dodano količino. Podobno lahko trdimo za kalij v veliki večini primerov. Kalij je v tleh nekoliko bolj mobilan kot fosfor, zato so lahko njegovi pomiki večji v zelo lahkih peščenih tleh. V takšnih primerih, in tudi v tleh z manjšo vsebnostjo kalija, pa je smiselno del odmerka kalija dodati tudi s fertigacijo. Tudi dodajanje manjših količin fosforja preko fertigacija ima smisel v tleh s slabšo založenostjo s fosforjem in pri rastlinah, ki so veliki porabniki fosforja (paradižnik, jajčevc, paprika ..). Prav tako ima lahko v nekaterih primerih pozitivne učinke dodajanje obeh omenjenih makroelementov v posamezni razvojni fazi rastlin, ko ima lahko večja vsebnost obeh makrohranil pozitivne učinke na kvaliteto in količino pridelka. Kje in v katerih primerih bo dodajanje obeh makrohranil uspešno oziroma ekonomsko upravičeno, je težko reči. V nekaterih primerih se je pokazalo, da je fertigacija s fosforjem izboljšala ukoreninjanje sadik in omilila stres ob presajanju sadik. Nekateri prisegajo, da so s povečano fertigacijo v času tik pred formiranjem cvetov povečali cvetni nastavek ter kasneje izboljšali kvaliteto pridelkov. Prav tako je moč zaslediti poročila o ugodnem učinku fertigacije s kalijem (krompir, jabolka, brokoli in drugi pridelki) v času intenzivne rasti ter formiranja plodov. Po drugi strani pa je v literaturi tudi veliko podatkov, ko očitnih izboljšanj z dodajanjem kalija in fosforja s fertigacijo niso zasledili.

Za gnojenje s fosforjem in kalijem lahko splošno govorimo, da z optimalno založenostjo obeh elementov v tleh ter pravilnim osnovnim gnojenjem, uspemo rastlinam nuditi zadovoljivo osnovo za dobre in

kvalitetne pridelke. Seveda pa je tudi res, da lahko v nekaterih primerih fertigacija izboljša rezultate osnovnega gnojenja s fosforjem in kalijem. Največkrat na našo izbiro gnojenja vpliva ekonomika pridelave ter raven znanja o gnojenju in prehrani rastlin.

Gnojenje z dušikom

V naših pridelovalnih razmerah dosegamo največje pozitivne učinke fertigacije pri gnojenju z dušikom. Dušik je v tleh zelo mobilan in se v naših razmerah izpira iz tal. Zaradi tega z dušikom ne moremo gnojiti na zalogo, kot je to primer pri fosforju, kaliju in ostalih elementih, ampak v več manjših odmerkih.

Dušik se nahaja v različnih oblikah, ki se v tleh spreminjajo. Ker je za gnojenje z dušikom pomembno poznati njegov krog, ga bomo na tem mestu na kratko obnovili. V gnojilih, kot sta urea in UAN ter v organski snovi tal in organskih gnojilih, je dušik vezan v amidni obliki. Ta oblika ni neposredno dostopna za prehrano rastlin. Preko procesa razgradnje (mineralizacije) se dušik pretvori v amonijsko obliko. To obliko dušika rastlina že lahko izkorišča, vendar se v tleh ta oblika preko procesa nitrifikacije (mikrobiološki proces) hitro pretvori v nitratno obliko. Nitratna oblika dušika je tudi prevladujoča pri sprejemu dušika v rastlino. Tako se na primer pri gnojenju z ureo dušik preko zgoraj opisanih procesov pretvori iz amidne oblike v nitratno obliko v času dveh do treh tednov, odvisno od temperature in vlage v tleh. To je osnovni razlog, zakaj so učinki gnojenja z ureo in delno tudi z UAN-om kasnejši kot tam, kjer gnojimo neposredno s nitratno obliko dušika. V krogu dušika je potrebno omeniti tudi obogatitev tal z dušikom s procesom vezave dušika iz zraka, ki jo opravijo posebne bakterije. Znano je, da detelje in druge metuljnice živijo v sožitju s takšnimi bakterijami. Poleg izgub z izpiranjem, se dušik izgublja tudi iz tal kot plin v procesu, kjer so zopet glavni dejavnik bakterije, in ga imenujemo denitrifikacija. Ta proces je obsežnejši v manj zračnih tleh.

Pri gnojenju z dušikom moramo torej poznati potrebe rastlin po tem elementu v odvisnosti od razvojne faze rastlin, upoštevati predvideno sproščanje določenih količin dušika ob procesu mineralizacije iz organske snovi v tleh, vsebnost mineralnih oblik dušika (metoda N-min je sestavni del integrirane pridelave zelenjave) in lastnosti tal ter gnojila s katerim gnojimo.

Potrebe rastlin po dušiku so povezane predvsem z intenzivnostjo rasti. Ob začetku rasti so potrebe po dušiku manjše, kasneje močno narastejo, v zadnji fazi, ob zorenju plodov, pa so zopet manjše. Žal pri nas še nimamo dovolj lastnih rezultatov, zato povzemamo v preglednici 4 enega od virov predvsem z namenom, da uporabnik dobi predstavbo, kako se spreminjajo potrebe po dušiku in ne, da ga uporabi kot absolutni recept za gnojenje.

Preglednica 4: Potrebe rastlin po dušiku v odvisnosti od razvojne faze
(vir Blaine Hanson: <http://www.aip.com>)

Rastlina	Razvojna faza	Približne potrebe po dušiku (kg/ha/teden)
kumarice	vegetativna rast	5,5 - 11
	zgodnje cvetenje/nastavek plodov	11 - 22
	rast plodov	11 - 16,5
	prvo pobiranje	5,5 - 11
solata	zgodnja rast	5,5 - 11
	tvorba rozete	11 - 22
	poljenje glave	22 - 33
paprika	vegetativna rast	5,5 - 11
	prvo cvetenje/nastavek plodov	16,5 - 33
	rast plodov	16,5 - 22
	prvo obiranje	5,5 - 11
bučke	vegetativna rast	5,5 - 11
	zgodnje cvetenje/nastavek plodov	16,5 - 22
	rast plodov	11 - 16,5
	prvo obiranje	5,5 - 11

Količino dušika, ki se sprosti v času rastne sezone, je težko predvideti in običajno temelji na grobih ocenah. Mineralizacija je zelo odvisna od temperature, vlažnosti in zračnosti tal ter od vsebnosti in vrste organske snovi. V določenih tleh lahko predstavlja znaten delež pri oskrbi rastlin z dušikom.

Zaradi optimalnega gnojenja je priporočljivo poznati vrednosti mineralnih oblik dušika v tleh pred začetkom rastne dobe. Globina jemanja talnih vzorcev je pogojena z globino koreninskega sistema posamezne kulture. Takšna analiza je sestavni del integrirane pridelave zelenjave kot tudi pridelave na vodovarstvenih območjih. Količine mineralnih oblik dušika se odštejejo od ciljne vrednosti za gnojenje določene kulture. Tako se v primeru, da je ciljna vrednost skupne količine dušika 200 kg N/ha in smo v tleh z analizo na mineralni dušik (N-min analizo) določili 75 kg N/ha, gnojimo le še s 125 kg N/ha.

Naslednja možnost določanja količine in časa gnojenja z dušikom, je spremljanje koncentracije dušika v talni raztopini v ornem sloju ter koncentracije dušika v rastlini. Razvite so različne metode hitrih testov, ki na podlagi vrednosti v talni raztopini ali pa na podlagi koncentracij nitrata v rastlinskem soku lista ali listnega peclja ali celo kombinacije vsebnosti nitrata v rastlini in tleh, določajo kdaj in s kakšno količino dušika bomo dognojevali. Zaradi omejenega prostora se metodam ne moremo podrobneje posvetiti. V prilogah priročnika so povzete nekatere tabele, kjer je razvidno, ob katerih koncentracijah dušika v rastlinskih delih ali v tleh je preskrbljenost rastlin z dušikom dobra.

Kot rečeno je največja prednost gnojenja z dušikom s fertigacijo v primerjavi s klasičnim gnojenjem dodajanje dušika v majhnih količinah.

S fertigacijo lahko sledimo potrebam rastlin glede na njihov razvoj. Tako tudi ob zelo neugodnih vremenskih razmerah, ko se lahko izpere skoraj celotna količina dodanega obroka dušika, z gnojenjem s fertigacijo izgubimo veliko manjše količine dušika, saj so dodane količine dušika tudi veliko manjše kot v primerjavi s klasičnim gnojenjem. Prav tako lahko ustrezneje izbiramo obliko gnojila ter vplivamo na bolj uravnotežen sprejem med amonijsko in nitratno obliko dušika. Pri uravnoteženi prehrani naj bi fertigirali tako, da je pretežni delež dušika v nitratni obliki (npr. 40% delež v amonijski in 60% v nitratni obliki).

Običajno s fertigacijo pokrivamo 10 do 14 dnevne potrebe rastlin po dušiku. Smiselno je torej, da skupno količino dušika prilagajamo analizam pred sajenjem ter po potrebi korigiramo gnojenje tudi na osnovi hitrih testov dušika v tleh in v rastlinah med rastjo. Seveda je takšno spremljanje gnojenja sprejemljivo pri pridelavi ekonomsko donosnejših kultur ali pa na pridelovalnih območjih, ki so okoljevarstveno občutljivejša.

V praksi je priporočljivo, da se 20 do 40% celotne količine dušika doda pred saditvijo s klasičnimi gnojili. Rastlinam s krajšo rastno dobo dodamo večji delež celotne količine dušika, medtem ko je delež dušika manjši pri rastlinah z daljšo rastno dobo. Ostalo količino dušika pa dodamo v manjših obrokih skladno z razvojem rastlin.

Ob upoštevanju zgoraj omenjenih priporočil lahko zmanjšamo obremenjenost podtalnice z nitrati, kakor tudi vsebnost nitratov v rastlini. Seveda je dobra fertigacija povezana s pravilnim namakanjem. Če premočno namakamo, dosežemo povečano izpiranje dušika. Prav tako pa pri premajhnem dodajanju vode dosežemo slabo porazdelitev hranil v tleh in tudi slabši izkoristek dodanih hranil.

Ustrezna prehrana z dušikom lahko zmanjša občutljivost za nekatere bolezni in škodljivce.

Kot zaključek poglavja lahko rečemo, da fertigacija predstavlja nedvomno odlično dopolnjevanje osnovnega gnojenja. Očitne prednosti se izrazijo predvsem pri gnojenju z dušikom. V primerjavi s klasičnim gnojenjem so lahko dodane vrednosti dušika ustrezno manjše, nemalokrat tudi za več kot 30%. Pri nekaterih sodobnejših tehnologijah pridelave, kot je uporaba polietilenskih folij, pa je fertigacija praktično edini mogoči način gnojenja med rastno sezono.

Količino dušika, ki se sprosti v času rastne sezone, je težko predvideti in običajno temelji na grobih ocenah. Mineralizacija je zelo odvisna od temperature, vlažnosti in zračnosti tal ter od vsebnosti in vrste organske snovi. V določenih tleh lahko predstavlja znaten delež pri oskrbi rastlin z dušikom.

Zaradi optimalnega gnojenja je priporočljivo poznati vrednosti mineralnih oblik dušika v tleh pred začetkom rastne dobe. Globina jemanja talnih vzorcev je pogojena z globino koreninskega sistema posamezne kulture. Takšna analiza je sestavni del integrirane pridelave zelenjave kot tudi pridelave na vodovarstvenih območjih. Količine mineralnih oblik dušika se odštejejo od ciljne vrednosti za gnojenje določene kulture. Tako se v primeru, da je ciljna vrednost skupne količine dušika 200 kg N/ha in smo v tleh z analizo na mineralni dušik (N-min analizo) določili 75 kg N/ha, gnojimo le še s 125 kg N/ha.

Naslednja možnost določanja količine in časa gnojenja z dušikom, je spremljanje koncentracije dušika v talni raztopini v ornem sloju ter koncentracije dušika v rastlini. Razvite so različne metode hitrih testov, ki na podlagi vrednosti v talni raztopini ali pa na podlagi koncentracij nitrata v rastlinskem soku lista ali listnega peclja ali celo kombinacije vsebnosti nitrata v rastlini in tleh, določajo kdaj in s kakšno količino dušika bomo dognojevali. Zaradi omejenega prostora se metodam ne moremo podrobneje posvetiti. V prilogah priročnika so povzete nekatere tabele, kjer je razvidno, ob katerih koncentracijah dušika v rastlinskih delih ali v tleh je preskrbljenost rastlin z dušikom dobra.

Kot rečeno je največja prednost gnojenja z dušikom s fertigacijo v primerjavi s klasičnim gnojenjem dodajanje dušika v majhnih količinah. S fertigacijo lahko sledimo potrebam rastlin glede na njihov razvoj. Tako tudi ob zelo neugodnih vremenskih razmerah, ko se lahko izpere skoraj celotna količina dodanega obroka dušika, z gnojenjem s fertigacijo izgubimo veliko manjše količine dušika, saj so dodane količine dušika tudi veliko manjše kot v primerjavi s klasičnim gnojenjem. Prav tako lahko ustrezneje izbiramo obliko gnojila ter vplivamo na bolj uravnotežen sprejem med amonijsko in nitratno obliko dušika. Pri uravnoteženi prehrani naj bi fertigirali tako, da je pretežni delež dušika v nitratni obliki (npr. 40% delež v amonijski in 60% v nitratni obliki).

Varnostne in okoljevarstvene zahteve ob rabi kemičnih snovi pri namakanju

Čeprav v našem okolju fertigacija še ni tako razvita kot ponekod v svetu je prav, da na tem mestu opozorimo na določena pravila iz področja varstva pri delu kot tudi na okoljevarstvene zahteve, ki jih moramo upoštevati pri fertigaciji.

Nekaj osnov iz varstva pri delu smo omenili že mimogrede v poglavju o topnosti in združljivosti gnojil ter pri kemikalijah za vzdrževanje

kapljičnega namakalnega sistema. Pri fertigaciji se moramo zavedati, da včasih uporabljamo kemične snovi, ki zelo hitro in burno reagirajo ob mešanju z drugimi snovmi in se ob takšni reakciji lahko razvijejo tudi za človeka in okolje škodljivi učinki.

Nekaj splošnih napotkov za delo:

- Vedno dodaj kemikalije v vodo in ne obratno. To pravilo velja tako za gnojila, spojine klora kot tudi kisline.
- Nikoli ne zmešaj kisline ali kislino delujočega gnojila s spojino klor, ker se sprosti strupeni plin, klor. Tudi skladiščni prostor za spojine klor mora biti ločen od prostora za skladiščenje kislin.
- Nikoli ne mešaj raztopine amoniaka s kislino, saj se razvije burna in hitra reakcija.
- Nikoli ne mešaj dveh koncentriranih raztopin gnojil.

To so osnovni napotki za varno delo s kemikalijami, ki jih uporabljamo pri fertigaciji. Seveda pa veljajo vsa ostala splošna pravila za ravnanje s kemikalijami. Podobno je tudi pri uporabi sredstev za varstvo rastlin.

Pri okoljevarstvenih zahtevah moramo paziti predvsem, da ne obremenjujemo okolja s kemičnimi snovmi, ki jih uporabljamo za gnojenje ali vzdrževanje namakalnih sistemov. Seveda moramo pri fertigaciji uporabljati le dovoljena sredstva za gnojenje, varstvo rastlin in vzdrževanje namakalnih sistemov.

Ob delu moramo predvsem preprečiti morebitno nekontrolirano iztekanje gnojila ali sredstev za vzdrževanje namakalnih sistemov. Tako moramo na vitalnih mestih namakalnega sistema vedno uporabiti protipovratne ventile, ki preprečujejo nenadzorovano odtekanje gnojil in kemičnih snovi v vodne vire ali v tla. Tudi lokacija fertigacijske postaje lahko pomembno vpliva na okolje, saj se v določenih primerih lahko del hranil zadrži na filtrni napravi, ki potem z izpiranjem filtra odtečejo v okolje.

V našem okolju, kjer fertigacija ni na zelo intenzivnem nivoju, lahko rečemo, da ima veliko več pozitivnih kot negativnih vplivov na okolje. Prav tako pa se pri delu uporabljajo manj reaktivne in nevarne snovi, zato je tudi raba fertigacije na takšnem nivoju, kot je trenutno v Sloveniji, varna. V državah, kjer je uporaba fertigacije prisotna v večjem in intenzivnejšem obsegu, se namreč uporablja veliko pestrejša paleta gnojil, sredstev za varstvo rastlin in sredstev za vzdrževanje namakalnega sistema. Zaradi sočasne uporabe različnih snovi obstaja večja nevarnost, da pride do reakcij, ki so zdravju škodljive ali pa zmanjšujejo funkcionalnost namakalnega sistema.

PRILOGE

Priloga 1: Optimalna vsebnost dušika in kalija v svežem rastlinskem soku listnega peclja ter v listu nekaterih vrtnin na območju Floride (vir: Hartz T.K., Hochmuth G.J.- Fertility management of drip-irrigated vegetables, (<http://vric.ucdavis.edu/veginfo/topics/fertilizer/fertilitymanagement.pdf>))

Rastlina	Razvojna faza rastline	Koncentracija hranila			
		Rastlinski sok v pecljih mg/l		Celoten list (suha snov) g/kg	
		nitratni-N	K	N	K
Brokoli	faza šestih listov	800-1000	NP	35-50	35-45
	tik pred prvim pobiranjem	500- 800	30-45	15-40	
	prvo obiranje	300- 500	30-40	15-40	
Kumare	prvo cvetenje	800-1000	NP	40-50	20-30
	plodovi dolgi 8 cm	600- 800	25-50	20-30	
	prvo obiranje	400- 600	25-35	15-25	
Jajčevcec	prvi plodovi dolgi 5 cm	1200-1600	4500-5000	45-55	45-60
	prvo obiranje	100-1200	4000-4500	40-50	35-50
	med obiranji	800-1000	3500-4000	35-45	30-40
Melone	prvo cvetenje	1000-1200	NP	45-50	50-60
	prvi plodovi dolgi 5 cm	800-1000	40-50	45-50	
	prvo obiranje	700- 800	35-45	20-40	
Paprika	prvi cvetni nastavki	1400-1600	3200-3500	45-50	50-60
	prvi odprti cvetovi	1400-1600	3000-3200	40-45	45-50
	plodovi razviti do polovice	1200-1400	3000-3200	40-45	40-50
	prvo obiranje	800-1000	2400-3000	35-40	35-45
	drugo obiranje	500- 800	2000-2400	25-30	30-40
Krompir	rastline velike 20 cm	1200-1400	4500-5000	30-60	35-60
	prvi odprti cvetovi	1000-1400	4500-5000	30-40	30-50
	50% cvetov odprtih	900-12000	4000-4500	30-40	30-40
	vsi cvetovi odprti	3500-4000	25-40	25-40	
	vrh se obrne navzdol	600- 900	2500-3000	20-30	15-30
Bučke	prvo cvetenje	900-1000	NP	30-50	30-50
	prvo obiranje	800- 900	30-50	20-30	
Paradižnik	prvi popki	1000-1200	3500-4000	30-50	40-50
	prvi odprti cvetovi	600- 800	3500-4000	35-40	35-40
	plodovi v premeru 2 cm	400- 600	3000-3500	35-40	35-40
	plodovi veli 5 cm v premeru	400- 600	3000-3500	30-40	30-40
	prvo obiranje	300- 400	2500-3000	25-35	25-35
	drugo obiranje	200- 400	2000-2500	20-35	20-30

¹ NP- ni podatka

Priloga 2: Priporočila za fertigacijo zelenjave na osnovi hitrega talnega nitratnega testa (Richard Phillips-metoda po T.K. Hartz) vir (http://weather.nmsu.edu/Teaching_Material/soil698/Student_Material/soil-nitrate/Soil-Nitrate-Nitrogen.htm)

Vsebnost nitratnega-N v tleh (mg/kg)	Opis stanja vsebnosti nitratnega dušika	Priporočljivi ukrepi
< 10	premajhna vsebnost	takojšnja fertigacija
10 do 20	vmesna vsebnost - največkrat premajhna	fertigacija z manjšimi količinami dušika
> 20	zadovoljiva vsebnost	fertigacija ni potrebna

Kratek opis metode:

Metoda temelji na spremljanju vsebnosti nitratnega dušika v obdelovalnem sloju tal. S sondo za jemanje vzorcev ali na drug ustrezen način odvzamemo povprečni vzorec tal obdelovalnega horizonta (0-30 cm). Tla vzorčimo pred sajenjem ter v času rasti z ozirom na razvojno fazo rastline, vremenske razmere ter dosedanja prakso dognovanja posamezne kulture. Glede na dobljeno vrednost vsebnosti nitratnega dušika, se na osnovi zgornje tabele odločimo za morebitno dognovanje. Kot ilustracija uporabe te metode je primer gnojenja solate po tej metodi, kjer so dognovali solato v odvisnosti od vsebnosti nitratnega dušika v tleh po sledečem vzorcu:

Vsebnost nitratnega dušika v tleh (mg/kg)	Potrebna količina dušika v kg/ha
0-5	80 kg
5-10	60 kg
10-15	40 kg
15-20	20 kg

Priprava vzorca za analizo:

Povprečen vzorec tal dobro homogeniziramo, ter ga razdelimo v 3 podvzorce. V tri merilne valje dodamo 30 ml 0,01 M CaCl. Posamezen vzorec tal dodamo v merilni valj in sicer tako, da se nivo raztopine dvigne do oznake 40 ml. Merilni valj dobro zapremo ter vzorec dobro premešamo. Mešamo do popolne suspenzije (brez vidnih grudic tal). Potem pustimo, da se suspenzija relativno zbistri. Nato v približno bistro suspenzijo dodamo testni listič hitrega nitratnega testa ter opravimo meritev v skladu z navodili izdelovalca naprave za hitro določevanje nitrata (Merckoquant® Nitrate Test Strips, MERCK GmbH, Darmstadt, Nemčija). Odčitana vrednost predstavlja vsebnost nitrata v mg/l. S korekcijski faktorji, ki upoštevajo teksturo ter vlažnost tal, preračunamo dobljeno vrednost nitrata v vsebnost dušika, ki je v nitratni obliki. Grobi korekcijski faktorji so:

Tip tal	Korekcijski faktor za vlažna tla	Korekcijski faktor za suha tla
lahka tla	2,3	2,6
srednje težka tla	2,0	2,4
težka tla	1,7	2,2

Končno vrednost vsebnosti dušika v nitratni obliki v tleh (v mg/kg oziroma ppm) dobimo tako, da vrednost dobljeno s testnim lističem delimo s korekcijskem faktorjem.

Literatura

1. Bar-Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. In *Advances in Agronomy*, 65: 2-77.
2. Burt, C. M., O'Connor K., and Ruehr T. 1995. *Fertigation*, ITRC, San Luis Obispo, California, 320 str.
3. Goldberg D., Gornat B., Rimon D. 1976. *Drip Irrigation*. Kfar Shmaryahu Israel, str. 296
4. Schwankl L., Hanson B., Prichard T. 1994. *Microirrigation of Trees and Vines*. University of California, Davis, USA, str. 138
5. Solomon K.H Jorgensen G.: 1990, *Chemigation Guidelines*. Irrigation notes, No. CATI Publications 900606 California Agricultural Technology Institute, Fresno, California,
6. Zoldolske D.F, Solomon K.H. 1990. *Micro-Irrigation Scheduling and Managment*. Irrigation notes, No. CATI Publications 900606 California Agricultural Technology Institute, Fresno, California,
7. Leskošek M., Mihelič R. 1998. *Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje*. Poljedelstvo in travništvo. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana, 1: 51 str.
8. Leskošek M. 1993. *Gnojenje*. Kmečki glas, Ljubljana, str. 197
9. Mengel K. et all. 2001 *Principles in plant nutrition*. 5th edition, Kluwer, 849 str.
10. Miller R.W., Gardiner D.T. 1998. *Soils in our environment*. 8th edition, Prentice Hall, str.736
11. Hartz T.H., Hochmuth G.J., *Fertility management in drip- irrigated vegetables*. <http://vric.ucdavis.edu/veginfo/topics/fertilizer/fertilitymanagement.pdf> (13.1.2003)
12. Phillips R. *Soil nitrate nitrogen "Quick test" for drip irrigation systems* http://weather.nmsu.edu/Teaching_Material/soil698/Student_Material/soil-nitrate/Soil-Nitrate-Nitrogen.htm (12.1.2003)

Montag U. 1999. *Ferigation in Izrael*. IFA Agricultural conference on managing plant nutrition, Barcelona, 24 str.: http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/PDF/1999_biblio_20.pdf (10.1.2003)

Kazalo vsebine

3	UVOD
4	POMEN TALNIH LASTNOSTI PRI FERTIGACIJI
6	POMEN KAKOVOSTI VODE
8	GNOJILA
12	NAPRAVE ZA DODAJANE GNOJIL IN KEMIKAJIJ
15	TOPNOST IN ZDRUŽLJIVOST GNOJIL
18	DODAJANJE NEKATERIH KEMIČNIH SNOVI ZA VZDRŽEVANJE KAPLJIČNIH NAMAKALNIH SISTEMOV TER SREDSTEV ZA VARSTVO RASTLIN
21	PRIPRAVA GNOJIL TER TEHNOLOGIJA GNOJENJA
24	FERTIGACIJA
29	VARNOSTNE IN OKOLJEVARSTVENE ZAHTEVE OB RABI KEMIČNIH SNOVI PRI NAMAKANJU
31	PRILOGE
33	LITERATURA

Izdalo in založilo:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

Dunajska 56, 58, 1000 Ljubljana

Zastopa:

mag. Franc But, minister

Avtor:

Matej Knapič, univ.dipl.ing.agr.

Uredil:

Suzana Stražar, univ.dipl.ing.grad.

Oblikovanje:

Studio Uno

Tisk:

Mond Grafika

Leto izdaje:

Ljubljana, 2003

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

631.81:631.67

KNAPIČ, Matej
Fertigacija / Matej Knapič. - Ljubljana : Ministrstvo za
kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2003

ISBN 961-6299-51-4

127330560

Osnove za izobraževanje uporabnikov v tehnologijah namakanja kmetijskih zemljišč (1. del):

1. Damjana Čuden Osredkar, *dipl.inž.agr., doc.dr. Marina Pintar, univ.dipl.inž.agr.*
POSTOPEK PRIDOBITVE DOVOLJENJ IN SOGLASIJ Z NAMAKALNI SISTEM
2. *prof.dr. Lea Milevoj, univ.dipl.ing.agr.*
VPLIV NAMAKANJA NA BOLEZNI IN ŠKODLJIVCE VRTNIN
3. **Matej Knapič, univ.dipl.ing.agr.**
FERTIGACIJA
4. *doc.dr. Martina Bavec, univ.dipl.ing.agr.*
TEHNIKE PRIDELOVANJA ZELENJADNIC
5. *doc.dr. Martina Pintar, univ.dipl.ing.agr.*
OSNOVE NAMAKANJA S Poudarkom NA VRTNINAH IN SADNIH VRSTAH V SEVEROVZHODNI SLOVENIJI
6. *prof.dr. Janez Hribar, univ.dipl.ing.živ. teh.*
SKLADIŠČENJE ZMRZOVANJE IN PRIPRAVA VRTNIN ZA TRG
7. Mira Edelbaher, *univ. dipl. ekon.*
TRŽENJE

V pripravi (2. del):

8. Gospodarjenje s hidromelioracijskimi sistemi in **Kat**aster **Mel**ioracijskih **S**istemov in **Na**prav (**KatMeSiNa**)
9. Osnove namakanja s poudarkom na sadnih vrstah in vrtninah v zahodni, centralni in južni Sloveniji
10. Tehnike pridelovanja z namakanjem v sadjarstvu
11. Protislanska zaščita
12. Vzgoja zelišč z namakanjem

INFO

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
Dunajska 56, 58, 1000 Ljubljana
Telefon: 01 478 90 00
Telefaks: 01 478 90 56
e-mail: namakanje.mkgp@gov.si
<http://www.gov.si/mkgp>