

L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

● UN INNOVATIVO MODULO INTEGRATO

L'impianto del vigneto con un solo GPS

L'uso di un solo sistema di controllo integrato per tutte le operazioni consente risultati soddisfacenti e risulta più economico a partire da 15 ha/anno di impianto eseguiti rispetto al cantiere a laser e filo metallico

di Aldo Calcante, Massimo Lazzari

L'impianto di un vigneto si realizza essenzialmente attraverso le fasi di:

- preparazione del terreno, comprensiva di livellamento;
- squadro dell'apezzamento, con successivo trapianto delle barbatelle;
- palificazione, con adeguate strutture di sostegno, in base ai filari già realizzati.

La corretta esecuzione di questi lavori è fondamentale per ottenere buoni risultati estetici, ma ancor più agronomici, in quanto la successiva meccanizzazione si dovrà conformare alle condizioni del nuovo impianto.

Il controllo automatico delle fasi di progettazione ed esecuzione delle attività da svolgere richiede elevati standard di accuratezza e precisione di lavorazione, sia di spianatrici-livellatrici (foto 1) sia di trapiantatrici (foto 2) e piantapali (foto 3). **Questi standard possono essere garantiti con attrezzature elettroniche ed elettromeccaniche controllate da sistemi GPS di ultima generazione, meglio noti come RTK DGNS** (Real time kinematic differential global navigation satellite system), installati sulle diverse macchine impiegate.

In Italia, esperienze inerenti all'applicazione di queste tecnologie, pur dimostrando la perfetta compatibilità dei controlli con lo stato dell'arte delle lavorazioni di campo (Sartori, 2004; Sartori e Rota, 2006; Mazzetto e Cal-



Le macchine utilizzate nella prova: la livellatrice (foto 1); la trapiantatrice (foto 2); la piantapali (foto 3)

cante, 2007 e 2009), sono state condotte in vigneto e solo limitatamente al trapianto delle barbatelle.

Al di là degli aspetti tecnici, tuttavia, queste attrezzature richiedono investimenti elevati che, senza un loro uso che integri le diverse soluzioni disponibili, rendono l'impiego economicamente oneroso. Al fine di disporre di una sola strumentazione di controllo in grado di gestire tutte le macchine dell'impianto del vigneto, gli autori assieme alla ditta ArvaTec hanno contribuito a realizzare e testare in campo un innovativo modulo integrato in un solo computer di bordo.

Descrizione del sistema

Nell'impianto del vigneto accuratezza e precisione sono fondamentali e riguardano:

- la perfetta corrispondenza del profilo del terreno alle necessità di sistemazione agronomica, sia di pianura sia di collina;
- il progetto con cui viene effettuato il posizionamento di barbatelle e pali;
- il loro allineamento longitudinale e trasversale.

La fase preliminare dell'impianto richiede un rilievo topografico del campo per calcolare eventuali sterri e ri-

porti di terreno, atti a realizzare la sistemazione, e il posizionamento dei vari elementi. È possibile eseguire questo lavoro con strumenti topografici classici oppure con dispositivi DGNS e, sempre più spesso, i dati raccolti con tali strumenti vengono anche utilizzati con software CAD/GIS per la progettazione dell'impianto. In entrambi i casi, comunque, si tratta di operazioni che richiedono tecnici specializzati, in grado di gestire la complessità dei rilievi e la progettazione CAD/GIS.

Solo inserendo il DGNS nei controlli delle attrezzature e, ancor più, prevedendo che la fase di progettazione avvenga direttamente in campo, si raggiungono semplificazione e automazione del cantiere.

Il sistema qui proposto prevede l'installazione, a bordo delle macchine, di un computer con un DGNS integrato che, registrati i dati del rilievo eseguito in campo, sia in grado di fornire in tempo reale un progetto esecutivo del lavoro da svolgere. Quindi, senza che prima si debba realizzare separatamente una fase di lavoro che sviluppi il rilievo topografico e la progettazione, un solo computer permette di eseguire:

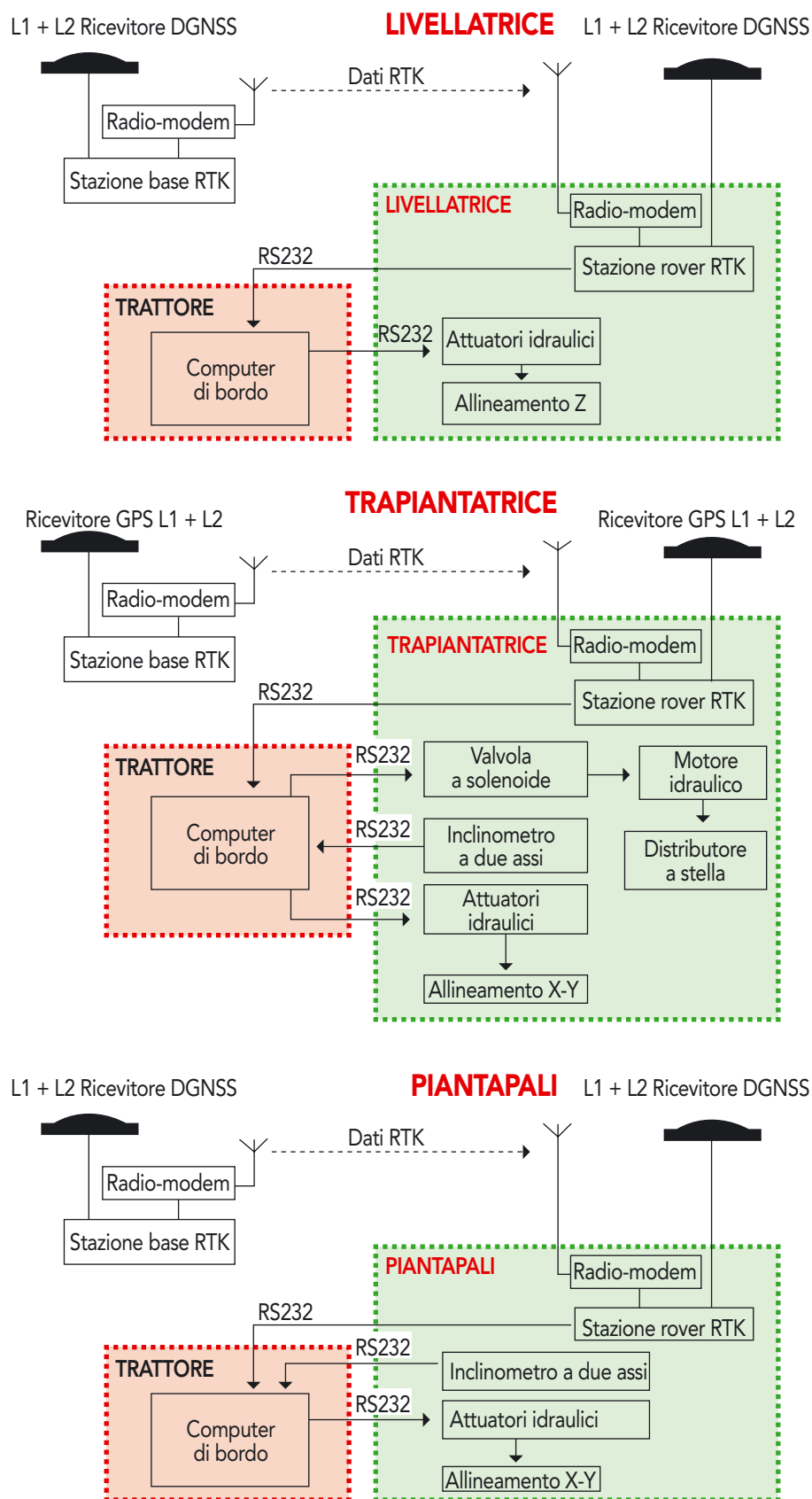
- la progettazione della sistemazione, per il calcolo di sterri e riporti;
- lo squadro dell'appezzamento, in base alla densità degli elementi e alla direzione di avanzamento delle macchine, per il trapianto delle barbatelle e la palificazione.

Con ciò, i benefici sono di due tipi: risparmio di tempo di lavoro (nella fase di progetto); impiego della medesima attrezzatura elettronica (DGNS e computer) per l'esecuzione del rilievo, la progettazione e il controllo delle macchine operatrici (livella, piantaviti, piantapali).

Entrando nel merito degli aspetti costruttivi, il controllo integrato include:

- due ricevitori DGNS a doppia frequenza con correzione differenziale RTK; il primo con funzione di master (base), da posizionare fisso a bordo campo; il secondo con funzione di rover (ricevitore), installato sulle macchine operanti in campo;
- due radio modem che trasmettono in tempo reale i dati di correzione RTK dal master al rover;
- un computer di bordo con integrate le schede del ricevitore rover e di un radio modem e che può facilmente essere trasferito da una macchina all'altra; esso è equipaggiato con due software operanti in ambiente Windows®

FIGURA 1 - Diagrammi dei tre controlli DGNS (livellatrice, trapiantatrice e piantapali)



Come si può notare, a esclusione degli attuatori idraulici e/o meccanici, tutti i componenti (essenzialmente elettronici) sono comuni ai tre sistemi.

XP Embedded specificamente studiati per: l'esecuzione delle operazioni di sistemazione del terreno (ArvaLivella); il posizionamento dei pali e il trapianto delle barbatelle (ArvaPlant).

Una volta effettuati il posizionamento della stazione master e l'accensione del sistema rover, con relativo aggancio dei satelliti necessari al DGNSS per operare con accuratezza centimetrica, le operazioni di sistemazione e livellamento prevedono che con il trattore si eseguano:

- un rilievo del perimetro dell'appezzamento guidando in prossimità dei confini;
- alcuni passaggi all'interno dell'appezzamento stesso, seguendo un reticolo più o meno omogeneo, per registrare automaticamente ogni 5 m le diverse quote altimetriche.

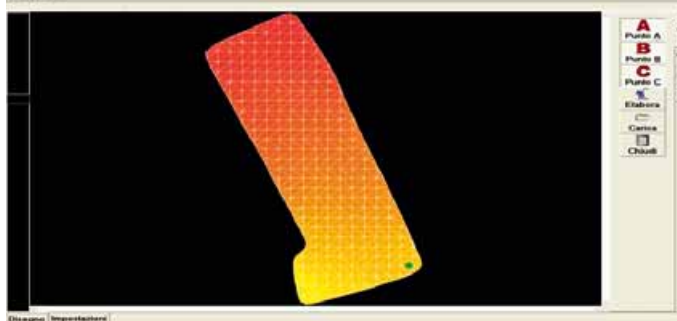
Ciò fatto, si selezionano a video tre punti (A, B, C) che definiscono univocamente il piano della superficie da realizzare attraverso gli sterri e i riporti (nel caso di più superfici con piani differenti è necessario ripetere questo lavoro di impostazione più volte). Con procedure di triangolazione il software definisce, secondo un piano di compenso o secondo le quote fisse di A, B e C, i volumi di terreno da spostare restituendo a video le indicazioni rispetto alle quali il trattorista deve operare.

Per le operazioni di trapianto e interrimento dei pali viene realizzata, con una tecnica che richiama quella impiegata per la guida assistita e semiautomatica dei trattori, la seguente procedura di lavoro:

- registrazione dei punti A e B di inizio-fine del primo filare da lavorare;
- input del sesto d'impianto di barbatelle e pali;
- calcolo automatico delle file parallele rispetto alle quali si andrà a operare;
- definizione della direzione di avanzamento (A-B andata, B-A ritorno);
- calcolo automatico della griglia degli elementi da piantare secondo lo squadro impostato;
- centratura della griglia secondo il primo elemento da posizionare.

Questo approccio permette all'operatore di decidere, direttamente in campo, orientamento e densità degli elementi necessari, tenendo in considerazione aspetti estetici e agronomici. Con un'ulteriore software (ArvaCad-

FIGURA 2 - Interfaccia software ArvaLivella



Il punto verde rappresenta la posizione in tempo reale della macchina; il colore rosso la superficie da escavare; quello giallo dove riportare il terreno

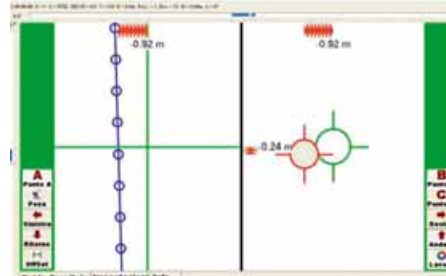
Plant) è anche possibile definire a priori, sempre in campo, il numero di elementi per completare il lavoro.

Ogni rilievo e/o progetto, sia per il livellamento o l'impianto, può essere salvato sul computer per essere ripreso in un secondo momento con la fase operativa.

Prove in campo

Livellatrice. La livellatrice impiegata nelle prove è una Montefiori (originariamente equipaggiata con un sistema di controllo laser) che, con un pistone idraulico a doppio effetto, è in grado di modificare la quota della lama per asportare o rilasciare terreno secondo le specifiche progettuali (foto 1). La figura 1 mostra la logica di lavoro del sistema implementato su questa e le altre macchine del cantiere. Dopo il calcolo di sterro e riporto sopra descritto, il software mostra all'operatore un'interfaccia grafica simile a quella riportata in figura 2. Triangoli di colore rosso e giallo indicano l'area in cui il terreno deve essere rispettivamente asportato o riportato. La posizione della macchina è segnalata in tempo reale a video

FIGURA 3 - Interfaccia ArvaPlant



Durante il lavoro di trapianto e palificazione il mirino rosso deve essere portato a sovrapporsi a quello verde.

da un punto verde. Durante il lavoro i triangoli diventano verdi quando il terreno raggiunge la quota progettuale impostata.

Trapiantatrice. Per quanto riguarda il trapianto delle barbatelle, la macchina impiegata (foto 2) è una semiportata della ditta Wagner con distributore a stella. Anch'essa, originariamente, era controllata da un sistema laser per definire la distanza tra le file, e da un sistema con cavo metallico per identificare la posizione sulla fila dove

rilasciare la barbatella. Entrambi i controlli sono stati sostituiti con quello DGNSS precedentemente descritto che, specificatamente per la posa sulla fila, ricorre all'impiego di un motore idraulico a velocità costante: una valvola solenoide (a comando elettrico) ferma l'aspo prima che la piantina raggiunga il punto di posa calcolato dal computer. Solo nel momento in cui tale punto viene raggiunto, la rotazione riprende e la barbatella viene rilasciata. L'interfaccia a disposizione dell'operatore durante il lavoro è riportata in figura 3. Quanto rappresentato a video cambia continuamente con i movimenti del trattore. L'operatore deve guidare lungo una traiettoria che si avvicini il più possibile (± 50 cm, compensati automaticamente dall'apparato idraulico di traslazione della trapiantatrice) a quella teoricamente calcolata (parte sinistra della figura 3). Ciò per consentire al mirino in rosso (che rappresenta la barbatella che deve essere rilasciata) di andare automaticamente a coprire (pianta dopo pianta) quello verde, ovvero il target da raggiungere (parte destra della figura 3). Al termine del filare, l'operatore non deve fare altro che posizionare la macchina sulla nuova traiettoria, così come progettata e individuata dal computer. Questo provvederà anche a individuare automaticamente il punto nel quale deporre la prima barbatella del nuovo filare e tutte le successive.

Piantapali. La piantapali scelta per i test è un'operatrice semiportata della ditta Oma (foto 3). L'antenna del DGNSS rover è montata direttamente sulla testa dell'elemento che spinge il palo nel terreno. Eseguita la progettazione con la medesima interfaccia software della figura 3, l'operatore, come per la piantaviti, deve guidare lungo una traiettoria

che si avvicini il più possibile (± 30 cm, compensati automaticamente dall'apparato idraulico di traslazione) a quella teoricamente calcolata. Centratrice finale e verticalizzazione della piantapali per far sovrapporre i due mirini sono automatiche. Il comando del sistema idraulico che attiva l'operazione di posa finale del palo per ragioni di sicurezza è ancora affidato all'operatore.

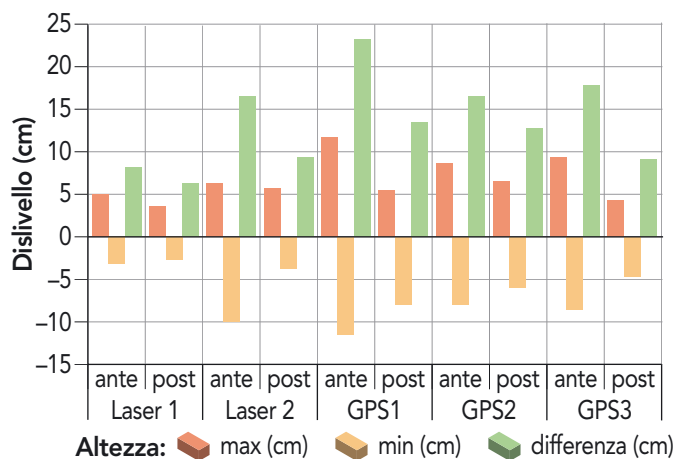
Cantiere complessivo. La full line è stata testata durante il 2011 e 2012 in prove d'impianto con condizioni di giacitura differenti site in Lombardia e Piemonte. Durante le prove, oltre ai tempi di lavoro, sono state rilevate le prestazioni in termini di precisione di livellamento, trapianto e palificazione. Per fare ciò, a fine prova gli stessi ricevitori DGNS sono stati impiegati per eseguire delle misure in modo statico.

Risultati

Livellatrice. Il grafico 1 mostra i risultati dei test svolti confrontando il lavoro di una livellatrice laser con quella innovativa dotata di ricevitore DGNS RTK rispettivamente in 2 e 3 appezzamenti. Per tutti gli appezzamenti controllati si è ottenuto un miglioramento del dislivello tra la quota massima e la quota minima mediamente dell'ordine del 35%. La soluzione innovativa ha ottenuto risultati leggermente migliori (riduzione del 38% invece che del 33%). La varianza tra i dati delle quote misurate in tutti i cinque campi è stata del 27%. Anche in questo la soluzione innovativa ha dato migliori risultati (29% contro 25%). In entrambi i casi si può ritenere che il lavoro sia stato svolto adeguatamente con riferimento allo stato delle tecniche attualmente a disposizione nel settore, con ciò raggiungendo un buon livello di precisione.

Trapiantatrice e piantapali. Avendo scelto una distanza di progetto sulla fila pari a 1 m e impiegando 3 velocità di avanzamento, sono state ottenute medie di valori variabili da 0,996 a 0,998, con una deviazione standard da 3,3 a 5,1 cm (tabella 1). Per quanto riguarda la distanza tra le file, con un target di 2 m, sono stati ottenuti risul-

GRAFICO 1 - Risultati delle prove eseguite confrontando livellatrice convenzionale (laser) e livellatrice innovativa (DGNS-RTK)



La soluzione innovativa ha ottenuto risultati leggermente migliori (riduzione del dislivello del 38% invece che del 33%).

TABELLA 1 - Risultati di tre sessioni di prova di una trapiantatrice con controllo DGNS

	P1	P2	P3
Velocità (km/ora)	2,0	1,8	2,2
Rilievi (n.)	200	100	100
Distanza sulla fila			
Media (m)	0,996	0,998	0,996
Dev. stand. (m)	0,051	0,033	0,041
CV (%)	5,12	3,30	4,12
Distanza tra le file			
Media (m)	2,001	2,010	2,012
Dev. stand. (m)	0,033	0,025	0,034

tati medi in un range tra 2,001 e 2,012 m. Simili risultati sono stati ottenuti anche per la piantapali. In questi casi si può ritenere, pertanto, che la qualità del lavoro sia risultata adeguata in funzione dell'obiettivo.

Il controllo integrato conviene

Da un recente lavoro di Mazzetto e Calcante (2011) che aveva messo a confronto i costi di esercizio limitatamente a due cantieri di trapianto, il primo con sistema di controllo convenzionale (laser + filo metallico), il secondo con quello innovativo qui proposto, risulta che **la soluzione RTK DGNS riduce notevolmente le ore di lavoro necessarie, aumentando sensibilmente la capacità di lavoro.** Grazie a ciò, esso diventa conveniente per un impiego

di circa 100 ore/anno, corrispondenti a una superficie lavorata di 25 ha/anno.

Considerando che con la soluzione qui descritta i componenti di maggior costo del sistema di controllo (DGNS, radio modem, computer, pari a un investimento di circa 30-35.000 euro) sarebbero comuni anche ai controlli per le operazioni di livellamento e piantamento dei pali, e quindi che le ore di lavoro annue del cantiere si incrementerebbero, si evince che l'interesse economico dell'adozione di questa tecnologia è sicuramente elevato. In base a ciò è stato stimato che anche con **solli 15 ha/anno di impianto complessivo eseguito, il cantiere possa risultare eco-**

nomicamente conveniente rispetto a quelli più classici a laser e filo metallico.

Le prove svolte hanno dimostrato che l'idea iniziale di realizzare un sistema di controllo integrato per tutte le operazioni di impianto del vigneto è sicuramente valida. Infatti, per le tre differenti operazioni che sono state assoggettate al nuovo sistema, si sono ottenuti risultati che, in termini di qualità e quantità del lavoro svolto, sono stati ampiamente soddisfacenti. Così la soluzione integrata qui proposta permette di spalmare l'ammortamento degli elevati costi d'investimento richiesti su un più largo impiego annuale e di ottenere, quindi, costi fissi orari di impiego più contenuti rispetto ai cantieri di lavoro più tradizionali.

Aldo Calcante

Dipartimento Disaa - Università di Milano

Massimo Lazzari

Dipartimento Vespa - Università di Milano

Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivi a: redazione@informatoreagrario.it

Per consultare gli approfondimenti e/o la bibliografia: www.informatoreagrario.it/rdLia/13ia13_6865_web

L'impianto del vigneto con un solo GPS

BIBLIOGRAFIA

Bell T. (2000) - Automatic tractor guidance using carrier-phase differential GPS. *Comput. Electron. Agric.*, 25: 53-66.

Eshani M.R., Upadhyaya S.K., Mattson M.L. (2004) - Seed location mapping using RTK-GPS. *Trans. Asae*, 47: 909-914.

Griepentrog H.W., Norremark M., Nielsen H., Blackmore B.S. (2005) - Seed mapping of sugar beet. *Precis. Agr.*, 6: 157-165.

Gubiani R., Sacchi D. (1995) - Trapianto meccanizzato delle barbatelle nel vigneto (Mechanical transplanter of vine cutting in vineyard). *Rivista di Ingegneria Agraria*, 1: 2-11.

Iida M., Yamada Y. (2006) - Rice harvesting operations using an autonomous combine with a GPS and a FOG. *Proceedings of Automation Technology for off-Road Equipment*, Bonn, Germany: 125-131.

Keicher R., Seufert H. (2000) - Automatic guidance for agricultural vehicles in Europe. *Comput. Electron. Agric.*, 25: 169-194.

Mazzetto F., Calcante A. (2007) - DGPS e sincronizzatore per trapiantare le viti. *L'Informatore Agrario*, 45: 43-49.

Mazzetto F., Calcante A. (2009) - Development and first tests of an automatic system for commercial vine cutting transplanters based on DGPS-RTK technology. *Journal of Agricultural Engineering* 2: 1-8.

Mazzetto F., Calcante A. (2011) - Highly automated vine cutting transplanter based on DGNSS-RTK technology integrated with hydraulic devices. *Comput. Electron. Agric.*, 79: 20-29.

Nagasaka Y., Saito H., Tamasaki K., Seki M., Kobayashi K., Taniwaki K. (2009) - An autonomous rice transplanter guided by Global Positioning System and inertial measurement unit. *Journal of Field Robotics*, 26: 537-548.

Planeta A., Catania P., Pipitone F. (2001) - Il trapianto meccanizzato delle barbatelle nei vigneti allevati a contro spalliera (Mechanical planting of grated vines in trellis Vineyard). *Rivista di Ingegneria Agraria*, 2: 72-78.

Sartori L. (2004) - Setting up a vineyard using GPS. *L'Informatore Agrario*, 60: 91-95.

Sartori L., Rota M. (2006) - Utilizzo della tecnologia GPS nell'impianto del vigneto. *L'Informatore Agrario*, 7: 60-62.

Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D. (2008) - Autonomous robotic weed control systems: a review. *Comput. Electron. Agric.*, 61: 63-78.

Srivastava A.K., Goering C.E., Rohrbach R.P., Buckmaster D.R. (2006) - *Engineering Principles of Agricultural Machines*. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), 2950 Niles Road, St. Joseph MI 49085.

Stoll A., Kutzbach H.D. (2000) - Guidance of a forage harvester with GPS. *Precis. Agric.*, 2: 281-291.

Sun H., Slaughter D.C., Pérez Ruiz M., Gliever C., Upadhyaya S.K., Smith R.F. (2010) - RTK GPS mapping of transplanted row crops. *Comput. Electron. Agric.*, 71: 32-37.